

MYKES

Boletín do Grupo Micológico Galego
“Luis Freire”

Volume 23
2020



GRUPO MICOLÓGICO GALEGO

DISEÑO DUNHA METODOLOXÍA PARA ESTUDOS COMPARATIVOS DE DIVERSIDADE MACROFÚNXICA. APLICACIÓN EN TRES FORMACIÓNS ARBÓREAS (*QUERCUS ROBUR*, *PINUS PINASTER* E *EUCALYPTUS GLOBULUS*)

por

G. PÉREZ-TORRÓN¹ et M.L. CASTRO²

PÉREZ-TORRÓN, G. et CASTRO, M.L. 2020. Deseño dunha metodoloxía para estudos comparativos de diversidade macrofúnxica. Aplicación en tres formacións arbóreas (*Quercus robur*, *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*). *Mykes* 23: 154-169.

Resumo

Neste traballo estúdase a composición, diversidade e funcionalidade das comunidades de macromicetos presentes en tres formacións arbóreas diferentes na área de Vigo: unha carballeira (*Quercus robur* L.), un eucaliptal (*Eucalyptus globulus* Labill.) e un piñeiral (*Pinus pinaster* Aiton), aplicando unha metodoloxía específica que permita a súa comparación efectiva. Dada a ausencia de estudos galegos nesta liña, ábrese camiño para futuras investigacións que permitan coñecer mellor a relación entre a diversidade macrofúnxica e estas formacións predominantes na superficie forestal galega.

Palabras clave: macromicetos, biodiversidade, metodoloxía, Galicia

PÉREZ-TORRÓN, G. et CASTRO, M.L. 2020. Methodology design for comparative studies of macrofungal diversity. Implementation in three arboreal formations (*Quercus robur*, *Pinus pinaster* and *Eucalyptus globulus*). *Mykes* 23: 154-169.

Laboratorio Micoloxía, Facultade de Bioloxía, Campus As Lagoas-Marcosende, Universidade de Vigo, E-36310-Vigo; email: ¹gabivacaloura@gmail.com, ²lcastro@uvigo.es

Summary

In this work the composition, diversity and functionality of the macromycete communities presented in three different arboreal formations in Vigo area are studied: an oak grove (*Quercus robur* L.), an eucalyptus forest (*Eucalyptus globulus* Labill.) and a pine forest (*Pinus pinaster* Aiton), applying a specific methodology which allows its effective comparison. Due to the absence of Galician studies in this line, this thesis leads a way for future research which may reveal the improvement in the relationship between macro-fungal diversity and these predominant formations in the Galician forest area.

Keywords: macromycetes, biodiversity, methodology, Galicia.

INTRODUCCIÓN

Unha comunidade macrofúnxica ou micocenose defínese como o conxunto de especies de fungos macromicetos (micobiota) presentes nun mesmo hábitat, denominado micotopo. Á súa vez, unha micocenose componse de micosinusias, parte estrutural da comunidade formada polo conxunto de especies que comparten algunha característica común: grupo taxonómico, estratexia nutricional, substrato ou nicho ecolóxico (WINTERHOFF, 1992; MUELLER *et al.*, 2004; CASTRO, 2015).

O estudo das comunidades macrofúnxicas presenta varios problemas e limitacións metodolóxicas relacionadas coa propia bioloxía destes organismos:

1. Na identificación de macromicetos adóitase traballar só con carpóforos (ascomas e basidiomas), xa que a parte vexetativa resulta xeralmente inaccesible ao atoparse oculta no interior do substrato, e a súa correcta determinación depende de técnicas moleculares debido á súa práctica uniformidade morfolóxica (SCHMIT *et* LODGE, 2005).
2. Ao analizar frutificacións resulta imposible distinguir entre individuos diferentes, xa que un mesmo micelio pode producir varias frutificacións (GARDES *et* BRUNS, 1996).
3. Cada especie ten o seu propio patrón de frutificación (fenoloxía), que depende tanto de factores ambientais como da estratexia nutricional do taxon, polo que un micelio pode non frutificar nun longo período de tempo (2, 3 ou máis anos). Por iso precisase dun mínimo de 5 anos de mostraxe para a

correcta inventariación dun micotopo (CASTRO, 1985).

4. A presenza da maioría dos carpóforos é fugaz.

5. Os carpóforos adoitan atoparse distribuídos en parches ou agregados de forma heteroxénea, xa que a escala e distribución espacial das frutificacións é diferente para cada especie (WINTERHOFF, 1992).

Estas características implican que o estudo ecolóxico das comunidades macrofúnxicas sexa especialmente complicado e requira dunha metodoloxía propia e adaptada á finalidade do mesmo.

Na actualidade, o 50,97 % da superficie forestal arborada en Galicia correspóndese con monocultivos de especies madeirables, ocupando os piñeirais o 30,65 % do total, e os eucaliptais o 20,32 %. Os bosques de frondosas autóctonas ocupan o 29,19 % da superficie forestal arborada, e as masas mixtas de especies de produción ou con frondosas autóctonas o 17,73 % (XUNTA DE GALICIA, 2016).

Se ben son abundosas as citas corolóxicas e os catálogos de especies macrofúnxicas nestas masas forestais, ata o de agora en Galicia non existen estudos comparativos e sistemáticos das diferenzas na composición, funcionalidade e diversidade da micobiota entre as diferentes formacións arbóreas do bosque galego. Dende o punto de vista da conservación, urxe ter en conta estes factores debido a importancia ecolóxica da micobiota e do seu espazo na biodiversidade dos ecosistemas galegos.

O obxectivo deste traballo é o estudo da diversidade, funcionalidade e composición das comunidades macrofúnxicas asociadas a tres formacións forestais diferentes (*Quercus robur* L., *Pinus pinaster* Aiton e *Eucalyptus globulus* Labill.) na área de Vigo, co fin de probar e poñer a punto unha metodoloxía útil para futuras investigacións sobre o papel destas masas forestais na micobiota galega.

METODOLOXÍA

Seleccionouse un eucaliptal, un piñeiral e unha carballeira próximos entre si, que mantivesen as mesmas condicións edafoclimáticas coa finalidade de estudar as posibles diferenzas na súa micobiota, considerando a súa vexetación como principal

factor diferencial. Ao mesmo tempo, que se procurou a monoespecificidade do estrato arbóreo na selección dos micotopos.

Tendo en conta estes factores, escolléronse as 3 masas forestais nos arredores do Campus Universitario de Vigo As Lagoas – Marcosende (CUVI), situado no termo municipal de Vigo, na provincia de Pontevedra.

En cada micotopo estableceuse unha parcela rectangular permanente de 500 m² (30 x 20 m), seguindo os criterios de área mínima, representatividade e homoxeneidade da vexetación, e evitando o efecto borde (WINTERHOFF, 1992; MUELLER *et al.*, 2004; CASTRO, 2015). Cada parcela visitouse de xeito semanal entre os meses de outubro e decembro, meses nos que os ecosistemas galegos presentan maiores niveis de micetación (FREIRE, 1982; CASTRO, 1985), acadando un total de 7 mostraxes para cada micotopo.

As mostraxes realizadas consistiron na recollida de exemplares e toma de datos de presenza e número carpóforos en grupos diferenciados das especies de macromicetos observables na totalidade da parcela, seguindo os procedementos habituais de recollida de material dos estudos macromicolóxicos (BAS *et al.*, 1988). Tomáronse datos «*in situ*» do substrato sobre o que frutificaba e dos principais caracteres organolépticos. Ao mesmo tempo, realizouse unha fotografía dos exemplares.

Unha vez no laboratorio, realizouse unha descrición máis pormenorizada dos caracteres macromorfolóxicos (MUELLER *et al.*, 2004), axudándose cunha lente estereoscópica Nikon SMZ-1. Procedeuse a análise das estruturas microscópicas empregando un microscopio Leitz Laborlux S con obxectivos Nikon para 1000 aumentos. As técnicas de análise microscópicas foron as específicas para cada grupo taxonómico (BASSO, 2005, 2012).

Coa información descritiva de cada colección, determinouse cada taxon a nivel de especie empregando obras de carácter xeral como MOSER (1986), BREITENBACH *et* KRÄNZLIN (1984, 1986, 1991, 1995, 2000), KRÄNZLIN (2005), BON (2004), BAS *et al.* (1988, 1990, 1995, 1999), NOORDELOS *et al.* (2001, 2005), JÜLICH (1986) e COURTECUISSÉ *et* DUHEM (2005) así como diversos artigos especializados e monografías de cada xénero, de ser preciso.

Tódolos datos de macromicetos obtidos a partir das recoleccións nos tres micotopos estudados rexistráronse empregando o paquete de follas de cálculo Excel de Microsoft Office 2013, indicando o nome científico de cada taxon, coa nomenclatura actualizada segundo INDEX FUNGORUM (en liña), a familia á que pertence, seguindo o sistema taxonómico proposto por CANNON *et* KIRK (2007), a súa estratexia nutricional, e o número de grupos de carpóforos observados cada día de mostraxe.

A medición da diversidade da micobiota de cada zona realizouse para o total de especies do micotopo, e por separado para as especies saprotróficas e micorrícicas como micosinusias independentes, xa que o comportamento espazo/temporal da frutificación dos macromicetos é moi diferente en función da súa estratexia nutricional (REQUEJO *et* CASTRO, 2017). Deste xeito, mediuse a diversidade de cada comunidade, ou diversidade α (WHITTAKER, 1972), dende tres puntos de vista: riqueza de especies (S), estrutura da comunidade e diversidade taxonómica (MORENO, 2001; MORENO *et al.*, 2011).

A riqueza específica (S_{obs}) obtívose a partir do número total de especies observadas ao longo do período de mostraxe para cada micotopo (MORENO, 2001; MUELLER *et al.*, 2004). Posteriormente calculouse a riqueza específica estimada (S_{est}) empregando o programa EstimateS versión 9.1.0 (COLLWELL, 2013) co valor medio da aplicación de catro índices de estimación de riqueza (ICE, Chao 2, Jack 1 e Jack 2) seleccionados seguindo os criterios de HORTAL *et al.* (2006). Empregando o programa R version 3.5.1 co paquete de comandos R commander, comparáronse estatisticamente, previo estudo de normalidade co test de Shapiro-Wilk, os valores estimados de riqueza específica cun ANOVA dun factor para os datos con distribución normal, e co test de Kruskal Wallis para os datos sen distribución normal.

O número de individuos dunha determinada especie (n_i) e do total da comunidade (N) asumíuse como o número de carpóforos en grupos diferenciados observados durante o período de mostraxe, xa que o número total de frutificacións non garda relación co número real de individuos ou micelios (MUELLER *et al.*, 2004; CASTRO, 2015).

Para o estudo da estrutura das comunidades, cos datos de riqueza específica observada (S_{obs}) e número de individuos total

(N) e de cada especie (ni) aplicouse o índice de biodiversidade de Shannon-Weaver (H') coa axuda do programa PAST versión 4.0.2 e calculouse o número efectivo de especies (NEE) de cada comunidade (MORENO, 2001; MORENO *et al.*, 2011).

A diversidade taxonómica da micobiota analizouse cos valores de riqueza observada para as categorías taxonómicas de xénero, familia, orde, clase e división, e calculouse a distintividade taxonómica promedio ($\Delta+$) empregando o programa PRIMER 7 a partir 1000 iteracións aleatorias cunha diferenza dun nivel entre cada categoría taxonómica (CLARKE *et al.*, 2001).

O grao de diferenza das comunidades macrofúnxicas entre os micotopos mediuse aplicando o índice de similitude/disimilitude de Jaccard (I) (MORENO, 2001; MUELLER *et al.*, 2004).

RESULTADOS E DISCUSIÓN

Compre ter en conta varios aspectos metodolóxicos á hora de interpretar os resultados obtidos:

1. A mostraxe realizouse nun curto período de tempo, polo que os valores de diversidade de cada micobiota só fan referencia ás especies que frutifican nos meses de máxima micetación.
2. Ao tomar datos dun único ano, a catalogación das especies de cada micobiota vese limitada, xa que non se teñen en conta posibles especies con frutificacións anualmente descontinuas ou requirimentos ambientais moi específicos.
3. A micobiota de cada micotopo estudado límitase á parcela de mostraxe, polo que non se trata dunha catalogación completa de cada masa forestal (MUELLER *et al.*, 2004).
4. Ao situarse cada parcela nunha zona de vexetación e estrutura homoxénea, pérdese o rexistro de especies con nichos ecolóxicos ou microhábitats relacionados coa descontinuidade da vexetación, como as especies heliófilas que frutifican á beira dos camiños ou nos claros de bosque (MUELLER *et al.*, 2004; CASTRO *et al.*, 2005).
5. A asunción dos grupos diferenciados de carpóforos como unidade debe interpretarse coma unha estimación da

abundancia, tanto específica (n_i) coma total (N), xa que sen a aplicación de técnicas moleculares complementarias, resulta imposible determinar con certeza individuos diferenciados, especialmente nas especies micorrícicas e saprotróficas húmicas (WINTERHOFF, 1992; SCHMIT *et* LODGE, 2005).

Alén destas consideracións, a metodoloxía empregada permite a comparación efectiva da micobiota asociada ás tres formacións arbóreas, que se ben non é completa, cumpre cos obxectivos de estudo das diferenzas entre estes tres micotopos, coa composición arbórea como principal factor diferencial.

Na carballeira, atopáronse un total de 42 especies, das cales 25 foron micorrícicas (60 %), 16 saprotróficas (38 %) e 1 parasita (2 %). No eucaliptal, rexistrouse un total de 20 especies, das cales 5 foron micorrícicas (25 %), 14 saprotróficas (70 %) e 1 parasita (5 %). No piñeiral, atopáronse un total de 23 especies, das cales 11 foron micorrícicas (48 %), 11 saprotróficas (48 %), e 1 parasita (4 %) [Fig. 1].

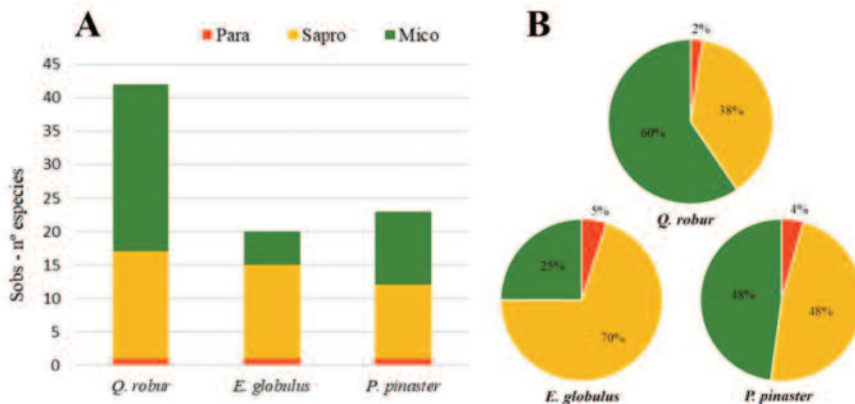


Fig. 1: **A**, representación da riqueza específica observada (S_{obs}) nos 3 micotopos. **B**, porcentaxe da mesma por grupo nutricional en cada micotopo (Para: parasitas, Sapro: saprotróficas, Mico: micorrícicas).

Segundo as estimacións de riqueza (S_{est}) obtidas para o totalidade das especies de macromicetos de cada comunidade [Táboa 1], dos tres micotopos, a carballeira presenta o maior valor de riqueza (p valor < 0,001, ANOVA) cunha media de 63 especies, seguida do piñeiral (32 especies) e o eucaliptal (27

especies) sen diferencias significativas entre si (p valor = 0,25, ANOVA).

Micotopo	G.N.	S_{obs}	ICE	Chao 2	Jack 1	Jack 2	S_{est} (media)	% Eficiencia
<i>Q. robur</i>	Mico	25	40,41	37,34	35,29	40,88	38,48	64,97
	Sapro	16	29,42	20,57	22,86	25	24,46	65,41
	Total	42	69,59	56,29	59,14	66,29	62,83	66,85
<i>E. globulus</i>	Mico	5	5,53	5	5,86	5,98	5,59	89,41
	Sapro	14	17,94	16,86	18,29	20,67	18,44	75,92
	Total	20	25,63	27	26	29,21	26,96	74,18
<i>P. pinaster</i>	Mico	11	14,93	12,71	15,29	16,48	14,85	74,06
	Sapro	11	15,86	12,43	15,29	15,88	14,87	74,00
	Total	23	32,53	27,71	32,43	34,93	31,90	72,10

Táboa 1: riqueza específica observada (S_{obs}) e estimada (S_{est}) por grupo nutricional (G.N.), para cada un dos micotopos e porcentaxe de eficiencia de mostraxe.

Para as especies micorrícicas, as estimacións de riqueza foron estatisticamente diferentes nos tres micotopos (p valor < 0,001, ANOVA), sendo maior na carballeira, cunha media de 38 especies, seguida do piñeiral, cunha media de 15 especies, e do eucaliptal, cunha media de 6 especies.

No caso das especies saprotróficas, se ben os valores de S_{est} son máis próximos, tamén mostraron diferenzas estatisticamente significativas (p valor = 0,009, Kruskal Wallis), resultando maior a riqueza da carballeira (24 especies) seguida do eucaliptal (18 especies) e o piñeiral (15 especies).

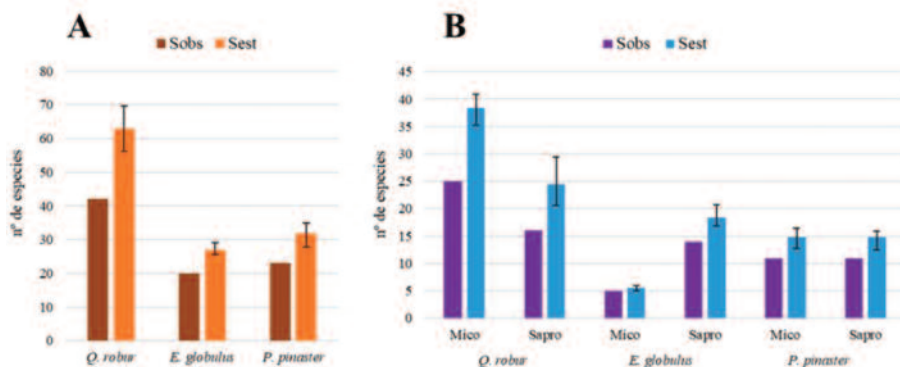


Fig. 2: representación gráfica da riqueza específica observada (S_{obs}) e estimada (S_{est}) **A**, da totalidade das especies en cada micotopo e **B**, das especies micorrícicas (Mico) e saprotróficas (Sapro) en cada micotopo.

Estes resultados amosan que a riqueza da totalidade de especies de macromicetos, tanto observada coma esperada, é claramente superior na carballeira en comparación cos outros dous micotopos estudados [Fig. 2-A].

Respecto a estudos macromicolóxicos anteriores na provincia, os resultados de REQUEJO *et* CASTRO (2017) referidos á micobiota das Gándaras de Budiño (Pontevedra), mostran que as formacións arbóreas de *Q. robur* presentan maior riqueza de especies (120 especies aprox.) respecto das de *P. pinaster* (80 especies aprox.) e *E. globulus* (6 especies aprox.). Pola contra, os resultados de LORENZO *et* CASTRO (2009) do estudo da micocenose do Parque Natural do Monte Aloia (Pontevedra), reflexan que destes tres micotopos son as formacións de *P. pinaster* as que presentan maior riqueza específica.

Esta disparidade de resultados nos estudos da micobiota de zonas heteroxéneas débese posiblemente á súa metodoloxía, xa que neles, a área de mostraxe depende da área de cada micotopo, da frecuencia e dos anos que dura a mostraxe, feito que permite unha catalogación máis completa das especies presentes na zona, pero que imposibilita comparacións efectivas entre micotopos, xa que o número de especies de macromicetos aumenta a maior área de mostraxe e maior duración desta (MUELLER *et al.*, 2004; FERNÁNDEZ, 2019).

Nos grupos nutricionais [Fig. 2-B], a clara diferenza na riqueza de especies micorrícicas entre os tres micotopos parece determinante na comparativa dos mesmos. Estudos moleculares realizados en Galicia (CALVIÑO-CANDELA *et al.*, 2017) mostraron que as raíces de *Quercus robur* e *Pinus pinaster* parecen posuír maior riqueza de especies micorrícicas respecto ás de *Eucalyptus globulus*. Ao mesmo tempo, a catalogación da micobiota dos eucaliptais no NO ibérico realizada por LAGO-ÁLVAREZ (2008) mostra unha baixa proporción de taxons micorrícicos neste micotopo (20,5 %).

O carácter alóctono de *Eucalyptus globulus* explica a baixa riqueza de especies micorrícicas asociadas, limitándose a mesma a especies exóticas pioneiras propias desta árbore e a un reducido grupo de taxons autóctonos adaptados a esta asociación (LAGO-ÁLVAREZ, 2008).

O micotopo con maior número de grupos de carpóforos diferenciados (N) foi a carballeira, seguido do eucaliptal e do

piñeiral. Sen embargo, para as especies saprotróficas, o eucaliptal presentou maior abundancia respecto da carballeira [Táboa 2].

Táboa 2: riqueza específica observada (S_{obs}), abundancia de grupos diferenciados de carpóforos (N), índice de diversidade de Shannon ('H) e número efectivo de especies (NEE) dos micotopos estudados por grupo nutricional (G.N.).

Micotopo	G.N.	S_{obs}	N	Shannon ('H)	NEE
<i>Q. robur</i>	Mico	25	66	2,76	15,80
	Sapro	16	42	2,34	10,36
	Total	42	110	3,30	27,00
<i>E. globulus</i>	Mico	5	26	1,23	3,42
	Sapro	14	48	2,27	9,63
	Total	20	75	2,59	13,29
<i>P. pinaster</i>	Mico	11	30	2,25	9,47
	Sapro	11	29	1,69	5,41
	Total	23	61	2,72	15,23

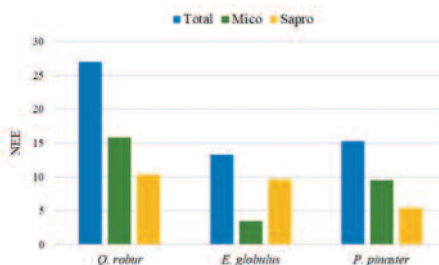


Fig. 3: representación gráfica comparativa da biodiversidade, medida en número efectivo de especies (NEE), das comunidades de macromicetos da carballeira, eucaliptal e piñeiral, tanto para a totalidade dos taxóns (Total) como para micorrícicos (Mico) e saprotróficos (Sapro).

Dos tres micotopos estudados, a carballeira presenta maior biodiversidade para totalidade de especies de macromicetos, seguido do piñeiral e do eucaliptal. Para as especies micorrícicas as diferenzas son máis acusadas nos 3 micotopos, acadando a carballeira o valor máis alto e o eucaliptal o máis baixo. No referente ás especies saprotróficas, a carballeira acada o valor de NEE máis alto, lixeiramente por riba do eucaliptal (< 1 NEE), e o piñeiral o valor máis baixo [Táboa 2; Fig. 3].

Atendendo á diversidade taxonómica, na carballeira rexistráronse un total de 25 xéneros e 18 familias de macromicetos diferentes, das cales as mellor representadas respecto a número de especies foron *Russulaceae*, *Amanitaceae*, *Boletaceae*, *Cortinariaceae* e *Mycenaceae*. No eucaliptal, rexistráronse 16 xéneros e 12 familias de macromicetos, das cales as máis representadas respecto a número de especies foron *Hydnangiaceae*, *Hydnaceae*, *Omphalotaceae* e *Mycenaceae*. Por último, no piñeiral rexistráronse 17 xéneros e 16 familias, entre as que destacan por número de especies *Russulaceae*, *Mycenaceae* e *Amanitaceae*.

A riqueza a nivel xenérico e de familia, foi maior por tanto na carballeira e máis escasa no eucaliptal [Táboa 3]. Tanto na carballeira coma no piñeiral a familia mellor representada en

canto a número de especies foi *Russulaceae*, pola contra, no eucaliptal está ausente, igual que a familia *Amanitaceae*. Esta diferenza débese á baixa adaptación dos taxons micorrícicos de estas familias á asociación co eucalipto (LAGO-ÁLVAREZ, 2008).

Pola contra, a familia *Mycenaceae*, composta por taxons saprotróficos, aparece ben representada nos tres micotopos.

A distintividade taxonómica, foi maior no eucaliptal respecto do piñeiral e a carballeira, que acadaron valores semellantes, xa que a pesar de ter unha baixa riqueza de especies, en conxunto estas presentan maior distancia taxonómica [Táboa 3].

Micotopo	S _{obs}	nº Xén	nº Fami	nº Ord	nº Clas	nº Div	Δ+
<i>Q. robur</i>	42	25	18	7	3	2	42,8
<i>E. globulus</i>	20	17	12	7	3	2	50,23
<i>P. pinaster</i>	23	16	16	7	2	2	45,74

Táboa 3: número de especies (S_{obs}), xéneros (Xén), familias (Fami), ordes (Ord), clases (Clas) e divisións (Div) observadas nas comunidades de macromicetos estudadas, acompañadas do valor de distintividade taxonómica (Δ+).

Das especies micorrícicas, a única presente nos tres micotopos foi *Cantharellus cibarius* Fr., e das saprotróficas, *Rhodocollybia butyracea* (Bull.) Lennox e *Hypholoma fasciculare* (Huds.) P. Kumm, ámbalas dúas de hábitat e coroloxía xeneralista (CASTRO *et al.*, 2005).

Especies saprotróficas presentes no piñeiral, como *Gymnopilus penetrans* (Fr.) Murrill e *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen) Maire, características de bosques de coníferas (CASTRO *et al.*, 2005), tamén apareceron no eucaliptal. E a carballeira e o piñeiral compartiron exclusivamente as especies *Amanita gemmata* (Fr.) Bertill. e *Amanita rubescens* Pers., ámbalas dúas micorrícicas.

Tendo en conta a totalidade das especies das comunidades de macromicetos dos tres micotopos estudados, os valores de similitude foron baixos. O piñeiral e o eucaliptal son os que presentan maior semellanza na composición de especies, e o piñeiral e a carballeira a que menos [Táboa 4].

	Similitude (I)			Disimilitude (1-I)		
	P-E	E-C	C-P	P-E	E-C	C-P
Mico	0,07	0,03	0,09	0,93	0,97	0,91
Sapro	0,25	0,20	0,08	0,75	0,80	0,92
Total	0,16	0,13	0,08	0,84	0,87	0,92

Táboa 4: grao de similitude na composición de especies entre as tres micobiotas estudadas (P: piñeiral, E: eucaliptal, C: carballeira), para o total de especies e para os grupos de micorrícicas (Mico) e saprotróficas (Sapro), obtido coa aplicación do índice de Jaccard (I).

Para a comunidade de especies saprotróficas, a semellanza entre o piñeiral e o eucaliptal acada un valor aínda maior. Sen embargo, para as especies micorrícicas, son as comunidades do piñeiral e a carballeira as que presentan maior similitude, e o piñeiral e o eucaliptal as que menos, aínda que todas elas con valores moi baixos de similitude ($< 0,1$) [Táboa 4].

Estes resultados mostran que a maior diferenza na composición de especies entre estes tres micotopos radica na comunidade de especies micorrícicas, e que o piñeiral e o eucaliptal, presentan máis semellanzas na composición de especies saprotróficas que a carballeira.

A presenza compartida de especies saprotróficas propias de coníferas no eucaliptal pode explicarse pola boa adaptación destes taxons ás formacións arbóreas desta especie alóctona e á escasa presenza de competidores naturais propios deste micotopo.

Atendendo aos resultados obtidos, podemos establecer as seguintes conclusións:

1. A diversidade, funcionalidade e estrutura da micobiota das formacións arbóreas de *Q. robur*, *E. globulus* e *P. pinaster* pode estudarse de forma comparativa aplicando unha metodoloxía adaptada á ecoloxía dos fungos macromicetos.
2. Atendendo ao total de especies macrofúnxicas dos micotopos concretos estudados, a carballeira presentou considerablemente maior riqueza específica e taxonómica, así como maior abundancia e valor de biodiversidade.

3. As diferenzas de riqueza e biodiversidade máis notorias entre os tres micotopos radican nas especies micorrícicas, sendo moito maior na carballeira e considerablemente menor no eucaliptal.

4. O carácter alóctono de *Eucalyptus globulus*, parece determinante na baixa diversidade de especies micorrícicas asociadas.

5. O eucaliptal e o piñeiral presentan maior grao de similitude en canto a composición de especies, debido posiblemente á capacidade de adaptación de taxons saprotróficos propios de coníferas a *Eucalyptus globulus* e á ausencia de competidores propios deste micotopo.

6. Compre realizar estudos comparativos de maior escala da micobiota asociada a estas tres formacións arbóreas en Galicia, que permitan ratificar estatisticamente diferenzas na súa diversidade e ampliar o coñecemento sobre a relación das comunidades macrofúnxicas con estas especies forestais.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Andrés Baselga (USC) e á Dra. María Amalia Jacome (UDC) polo seu asesoramento. A todo o equipo do Laboratorio de Micoloxía da Universidade de Vigo pola súa dispoñibilidade e apoio durante a mostraxe, especialmente a Andrés Cordeiro Baqueiro e Hugo Fernández Ricón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAS, C., KUYPER, TH.W., NOORDELOS, M.E. et VELIINGA, E.C. (Eds.). 1988. *Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Vol. 1.* Rotterdam. A.A. Balkema.
- BAS, C., KUYPER, TH.W., NOORDELOS, M.E. et VELIINGA, E.C. (Eds.). 1990. *Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Vol. 2.* Rotterdam. A.A. Balkema.
- BAS, C., KUYPER, TH.W., NOORDELOS, M.E. et VELIINGA, E.C. (Eds.). 1995. *Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Vol. 3.* Rotterdam. A.A. Balkema.
- BAS, C., KUYPER, TH.W., NOORDELOS, M.E. et VELIINGA, E.C. (Eds.). 1999. *Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families*

- of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Vol. 4.* Rotterdam. A. A. Balkema.
- BASSO, M.T. 2005. *Manual di microscopia dei funghi.* Alassio. Libreria Mykoflora.
- BASSO, M.T. 2012. *Manual di microscopia dei funghi, Vol. 2.* Vilanova d'Albenga. Libreria Mykoflora.
- BON, M. 2004. *Champignons de France et d'Europe Occidentale.* Paris. Flammarion.
- BREITENBACH, J. et KRÄNZLIN, F. 1984. *Champignons de Suisse. Tome 1, Les Ascomycètes.* Lucerne. Ed. Mykologia.
- BREITENBACH, J. et KRÄNZLIN, F. 1986. *Champignons de Suisse. Tome 2. Champignons sans lames. Hétérobasidiomycètes, Aphyllophorales, Gastéromycètes.* Lucerne. Ed. Mykologia.
- BREITENBACH, J. et KRÄNZLIN, F. 1991. *Champignons de Suisse. Tome 3. Bolets et champignons à lames, 1ère partie. Strobilomycetaceae et Boletaceae, Paxillaceae, Gomphidiaceae, Hygrophoraceae, Tricholomataceae, Polyporaceae (lamellées).* Lucerne. Ed. Mykologia.
- BREITENBACH, J. et KRÄNZLIN, F. 1995. *Champignons de Suisse. Tome 4. Champignons à lames, 2ème partie. Entolomataceae, Pluteaceae, Amanitaceae, Agaricaceae, Coprinaceae, Bolbitiaceae, Strophariaceae.* Lucerne. Ed. Mykologia.
- BREITENBACH, J. et KRÄNZLIN, F. 2000. *Champignons de Suisse. Tome 5. Champignons à lames, 3ème partie. Cortinariaceae.* Lucerne. Ed. Mykologia.
- CALVIÑO-CANDELA, M., SANTOLAMAZZA-CARBONE, S., DURÁN, M. et NEUMANN, M. 2017. Interacciones mutualistas con *Eucalyptus globulus* en el NO de España. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Plasencia, Cáceres, Extremadura. 7º congreso forestal español.
- CANNON, P.F. et KIRK, P.M. 2007. *Fungal families of the World.* Wallingford. CABI Publishing.
- CASTRO, M.L. 1985. *Macromicetos de pinares gallegos.* Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- CASTRO, M.L. 2015. Micobiota autóctona e alóctona: micocenoses, micosociología. *Mykes*, 18: 51-71.
- CASTRO, M., JUSTO, A., LORENZO, P. et SOLIÑO, A. 2005. *Guía micológica dos ecosistemas galegos.* A Coruña. Baía Edicións.
- CLARKE, K.R. et WARWICK, R.M. 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Mar. Ecol. Progr. ser.*, 216: 265-278.
- COLWELL, R.K. 2013. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application.* Disponible en <http://purl.oclc.org/estimates>
- COURTECUISE, R. et DUHEM, B. 2005. *Guía de los hongos de la*

- península Ibérica, Europa y el norte de África*. Barcelona. Editorial Omega.
- FERNÁNDEZ RUÍZ, A. 2019. *Diversidad macrofúngica del monte de la Orbada (Salamanca, España), un ecosistema forestal mediterráneo aislado y fragmentado*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- FREIRE, L. 1982. *Macromycetes de la Selva Negra (Santiago)*. Santiago de Compostela. Imprenta Universitaria.
- GARDES, M. et BRUNS, T.D. 1996. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above and below ground views. *Canad. J. Bot.*, 74: 1572-1583.
- HORTAL, J., BORGES, P.A. V. et GASPAS, C. 2006. Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. *J. Anim. Ecol.*, 75(1): 274-287.
- INDEX FUNGORUM, 2020. Nomenclatural database Index Fungorum Partnership (en liña) in <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> [Consulta: 20-VI-2020].
- JÜLICH, W. 1986. *Guida alla determinazione dei funghi. Vol. 2. Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gasteromycetes*. Trento. Arte Grafiche Saturnia.
- KRÄNZLIN, F. 2005. *Champignons de Suisse. Tome 6. Russulaceae. Lactaires. Russules*. Lucerne. Ed. Mykologia.
- LAGO-ÁLVAREZ, M. 2008. Micoflora (*Basidiomycota*) de los eucaliptales del NO de la Península Ibérica. *Guineana*, 14: 1-502.
- LORENZO, P. et CASTRO, M.L. 2009. Estudio de la micocenosis de macromicetos del Parque Natural del Monte Aloia (Pontevedra, España). *Anales Jard. Bot. Madrid*, 66S1: 151-156
- MORENO, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. CYTED, ORCYT-UNESCO & SEA.
- MORENO, C.E., BARRAGÁN, F., PINEDA, E. et PAVÓN, N.P. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Rev. Mex. Biodiversidad*, 82(4): 1249-1261.
- MOSER, M.M. 1986. *Guida alla determinazione dei funghi (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales)*. Trento. Ed. Arti Grafiche Saturnia.
- MUELLER, G., FOSTER, M. et BILLS, G. (Eds.). 2004. *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods*. Amsterdam. Academic Press.
- NOORDELOS, M.E., KUYPER, TH.W. et VELIINGA, E.C. (Eds.). 2001. *Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Vol. 5*. Rotterdam. A.A. Balkema.
- NOORDELOS, M.E., KUYPER, TH.W. et VELIINGA, E.C. (Eds.). 2005. *Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics*

- and boleti occurring in the Netherlands. Vol. 6.* Rotterdam. A.A. Balkema.
- REQUEJO, O. *et* CASTRO, M.L. 2017. Micobiota de la ZEC Gándaras de Budiño (Pontevedra, N.O. Península Ibérica). *Guineana*, 22: 3-216.
- SCHMIT, J.P. *et* LODGE, D.J. 2005. Classical methods and modern analysis for studying fungal diversity. *In*: J.Dighton (ed.). *The Fungal Community*. Boca Raton. Marcel Dekker, Inc.: 193-214.
- WHITTAKER, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.
- WINTERHOFF, W. (Ed.). 1992. Fungi in vegetation science. *In*: H.Lieth (ed.). *Handbook of Vegetation Science* 19/1. London. Kluwer Academic Publishers.
- XUNTA DE GALICIA. 2016. *Revisión do Plan Forestal de Galicia. Diagnóstico do monte e sector forestal galego*. Santiago de Compostela. Consellería do Medio Rural.