



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-013

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Interacciones mutualistas con *Eucalyptus globulus* en el NO de España

CALVIÑO-CANDELA, M.¹, SANTOLAMAZZA-CARBONE, S.², DURÁN, M.¹ y NEUMANN, M.¹

¹ Universidad de Vigo, Departamento de Ecología y Biología Animal, Facultad de Ciencias, Campus Lagoas-Marcosende, 36310, Vigo.

² Universidad de Vigo, Departamento de Ecología y Biología Animal, EUE Forestal, Campus Universitario, 36005, Pontevedra.

Resumen

A pesar de la gran extensión que ocupan las plantaciones de eucalipto, la ecología de estas comunidades ha despertado relativamente poco interés. Hemos estudiado la capacidad de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* para albergar diversidad y acoger nuevas interacciones mutualistas con esta especie introducida, centrándonos en la polinización por aves y la formación de micorrizas.

Capturamos aves en redes japonesas en dos sitios de estudio próximos a eucaliptales una vez al mes durante 2 años y analizamos el polen adherido a las plumas alrededor del pico. Los resultados muestran que a pesar de la pobreza de aves en eucaliptales, estas usan sus flores con frecuencia. El 60% de las especies y el 35% de los individuos capturados presentaron polen de eucalipto; la curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*) fue la especie más importante.

Estudiamos también las ectomicorrizas asociadas a las raíces de *Eucalyptus globulus*, *Pinus pinaster*, *Quercus robur* y *Halimium lasianthum* en eucaliptales, pinares, robledales y matorrales. El eucalipto presentó 26 taxones fúngicos, de los cuales 3 proceden de Australasia, 2 son cosmopolitas y 21 de distribución europea y/o americana. *Eucalyptus globulus* tuvo una diversidad de especies menor que *P. pinaster*, *Q. robur* y *H. lasianthum* en todos los hábitats. Entre hábitats, fueron los robledales en los que los eucaliptos presentaron mayor diversidad, casi igualando el propio *Q. robur*. Estos resultados indican la buena capacidad del eucalipto para asociarse a micorrizas nativas, lo que contribuye a facilitar su naturalización y expansión en nuestro territorio.

Palabras clave

Ectomicorrizas, naturalización, polinización por aves.

1. Introducción

Los eucaliptales constituyen una de las comunidades vegetales predominantes en Galicia. Según datos del 4º Inventario Forestal Nacional (IFN4, 2011), los eucaliptales (principalmente de *Eucalyptus globulus* Labill.) ocupan en Galicia el 15% de la superficie total, con 288.000 ha de parcelas puras y 146.000 ha de parcelas mixtas (mezcladas fundamentalmente con pinos y robles). Su superficie se ha incrementado unas 10 veces en las tres últimas décadas, tanto por su plantación intencionada como por su expansión natural (IFN4, 2011).

El género *Eucalyptus* L'Her. (Myrtaceae) procede de la región de Australasia y cuenta con más de 600 especies, de las cuales más de 43 se cultivan fuera de su área de distribución natural. Junto con *Pinus*, es uno de los géneros más importantes para la industria forestal debido a su rápido crecimiento y elevada producción. A pesar de la importancia de los eucaliptales en España, y especialmente en zonas de la cornisa cantábrica y noroeste, se han hecho muy pocos estudios sobre su ecología, especialmente sobre su naturalización e integración ecológica (ej. Calviño-Cancela et al. 2012, 2013, Calviño-Cancela y Neumann 2015a). Entre las funciones más importantes asociadas a las plantaciones forestales están su capacidad para albergar diversidad y establecer interacciones con las comunidades locales (Brockhoff et al. 2008).

Cuando se introduce una especie en un área nueva, ésta establece nuevas interacciones con la comunidad biótica de acogida, tanto mutualistas (ej. micorrizas y polinizadores) como antagonistas (ej. herbívoros y patógenos). Estas nuevas interacciones van a determinar en gran medida la facilitación o resistencia de la comunidad al establecimiento de la nueva especie. Así, un factor determinante del éxito de especies introducidas es la escasez de enemigos naturales (Keane and Crawley 2002). Esta es una de las razones que explican la gran productividad de algunas especies forestales introducidas, lo que ha propiciado su uso como base de la industria forestal a nivel mundial. Pero, por la misma razón que una especie introducida se “escapa” de sus enemigos naturales, también puede tener dificultad para encontrar mutualistas. Éste último aspecto ha recibido relativamente poca atención, pero puede ser fundamental a la hora de determinar el éxito y productividad de la especie introducida. Muchas especies vegetales dependen de su relación con hongos micorrícicos que favorecen la captación de agua y nutrientes, o con polinizadores o dispersores de semillas para su reproducción y expansión (Richardson et al. 2000, Nuñez y Dickie 2014). Para tener éxito, entonces, la planta introducida debe establecer nuevas interacciones en el área de introducción, bien con especies nativas, bien con otras especies de su misma área de origen que hayan podido ser co-introducidas junto con la planta o que ya estuvieran asentadas previamente en la nueva área (Díez 2005, Dickie et al. 2010).

Un tipo de interacción mutualista fundamental en la naturalización de una especie introducida es la polinización (Richardson et al. 2000). Las flores de *E. globulus* producen gran cantidad de néctar y están adaptadas a la polinización por aves, siendo éstas los principales polinizadores en su región de origen (Hingston et al., 2004a). Así, para atraer a estos polinizadores de mayor tamaño y mayores requerimientos nutritivos que los insectos, las flores de *E. globulus* producen unas 100 veces más néctar que las de *E. nitens*, una especie muy similar, también introducida en Galicia, y que es polinizada exclusivamente por insectos (Hingston 2004a). Las flores de *E. globulus* son visitadas también por insectos y otros invertebrados, tanto en su región de origen como en nuestra región (Hingston et al., 2004b, Seijo y Jato 1998, Calviño-Cancela et al. unpublished data), aunque estos son polinizadores menos efectivos (Hingston et al., 2004b). En Europa, la ornitofilia (adaptación a la polinización por aves) es extremadamente rara y sólo se reconoce para una especie nativa (*Anagyris foetida*, Fabaceae), un relicto del terciario que aparece en el Sur de España (Ortega-Olivencia et al. 2005). Tampoco existen en Europa aves nectarívoras especializadas, como los colibrís o los melífagos, que abundan en América, África o Australia. Los escasos estudios sobre avifauna en plantaciones de eucalipto han mostrado que presentan comunidades pobres y con poca abundancia de aves en comparación con otros tipos de hábitat como bosques de roble (*Quercus robur*), plantaciones de pino (*Pinus pinaster*) o matorrales de tojo y brezo (*Ulex* spp. y *Erica* spp.), lo que se atribuye a la escasez de recursos para las aves en estas plantaciones, en particular de frutos e invertebrados en las copas (Calviño-Cancela 2013b y referencias allí citadas). Sin embargo, se da un hecho muy interesante en los eucaliptales: sus flores son visitadas con frecuencia por algunas aves como los páridos, las currucas y los mosquiteros, para las cuales estas visitas representan un comportamiento excepcional (Calviño-Cancela 2013, Calviño-Cancela and Neumann 2015a y b). Así, las flores de eucalipto parecen ser el recurso trófico más importante que ofrece esta especie para la fauna local, ya que sus hojas parece que son consumidas únicamente por insectos introducidos y resultan poco palatables para la fauna nativa (Calviño-Cancela 2013 y referencias allí citadas). Así, la mayoría de las aves observadas en los eucaliptales aparecen asociadas o bien a las flores o bien a la vegetación que se desarrolla bajo la plantación (Tellería y Galarza 1991, Calviño-Cancela et al. 2012a, Calviño-Cancela 2013).

Y si nuestro conocimiento sobre los eucaliptales es escaso cuando hablamos de las nuevas interacciones que se establecen en la parte aérea, lo es aún más cuando nos referimos a lo que pasa bajo el suelo. Todas las especies forestales se asocian con hongos basidiomicetos y ascomicetos para la formación de ectomicorrizas (Newman & Reddell 1987), una asociación mutualista que es esencial para ambos organismos implicados y cuya función primaria es el intercambio de agua y nutrientes (Smith & Read 1997). Los hongos que establecen esta relación reciben los hidratos de carbono producto de la fotosíntesis de la planta hospedadora y ceden a cambio fósforo y nitrógeno, gracias a la compleja red de hifas que los capta del suelo. Las micorrizas, además, incrementan la absorción de

agua, contribuyen a la agregación y estabilización de las partículas del suelo, aumentan la resistencia de la planta ante condiciones de estrés biótico y abiótico (salinidad, defoliación, patógenos, metales pesados) y establecen conexiones entre las raíces de árboles cercanos, favoreciendo así el intercambio de nutrientes (Brundrett 2002). La falta de estas micorrizas puede traducirse en fallos en el establecimiento de plantaciones en nuevas áreas. Por ejemplo, las primeras plantaciones de *Pinus* en el hemisferio sur fracasaron por la falta de hongos micorrícicos compatibles (ver revisiones en Marx, 1991 y Pringle et al., 2009), problema que se ha ido superando con la introducción y expansión del inóculo ectomicorrícico apropiado. También para eucaliptos se ha citado el fracaso de plantaciones asociado a la falta de micorrizas y se sabe que la presencia de éstas incrementa la acumulación de biomasa (Pryor 1956, Thompson et al. 1993, Chen et al. 2007). En nuestro territorio, sin embargo, no ha sido necesaria la inoculación con hongos micorrícicos para que las plantaciones de eucalipto tuvieran éxito. Esto podría explicarse porque ya hubiera hongos ectomicorrícicos (nativos o cosmopolitas) compatibles presentes en los suelos, o que especies fúngicas australianas pudieran ser introducidas accidentalmente junto con las plantas de eucalipto. Uno de los pocos estudios sobre asociaciones micorrícicas con eucaliptos, realizado en Extremadura, identificó una serie de especies australianas asociadas a los eucaliptos (principalmente *E. camaldulensis*, el más abundante en la zona de estudio, seguido por *E. globulus*), que probablemente se introdujeron junto con ellos (Díez 2005).

El conocimiento de las interacciones que establecen las especies cultivadas, y en especial las especies alóctonas, es fundamental para determinar la capacidad de las plantaciones para albergar diversidad así como para entender su éxito o fracaso en el medio natural.

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio es profundizar en el conocimiento de la integración ecológica de *E. globulus* con la comunidad biótica local, lo que determina en gran medida su capacidad de establecimiento, productividad y capacidad de expansión. Nos centramos en las interacciones mutualistas, en la parte aérea con los polinizadores y en el suelo con los hongos formadores de ectomicorrizas.

Nos proponemos por un lado determinar qué aves visitan las flores de *E. globulus*, determinando así las especies que interactúan con los eucaliptos y actúan como vectores de polen y la frecuencia relativa en que lo hacen a lo largo del año, con el objeto de determinar la importancia de los eucaliptos como recurso para las aves. En relación con las micorrizas, nos proponemos caracterizar las comunidades asociadas a las raíces de eucaliptos y a otras especies comunes (*Pinus pinaster*, *Quercus robur*, *Halimium lasianthum*), tanto en eucaliptales como en los hábitats dominados por estas especies nativas. Nuestro objetivo es determinar la diversidad de especies fúngicas, tanto nativas como introducidas, asociadas a estas plantas, y la existencia de intercambio de especies entre plantas pertenecientes a clases distintas.

3. Metodología

3.1. Polinización por aves.

Cuantificamos el polen de eucalipto y otras especies presente en las partes faciales de aves capturadas en redes japonesas en dos estaciones de anillamiento de esfuerzo constante operadas por el grupo de anillamiento Anduriña en la península del Morrazo, Pontevedra. Estas estaciones están situadas a una distancia de 2.5 km la una de la otra y en ellas se instalaron 108 y 72 metros de redes respectivamente, desde el amanecer hasta el anochecer, durante dos jornadas al mes. Recogimos el polen usando una espátula con gel de glicerina y lo montamos in situ en un portaobjetos para producir así preparaciones permanentes (Beattie 1971). Cuantificamos el polen usando un microscopio óptico en 30 campos elegidos al azar y ajustando el esfuerzo de muestreo a la densidad de polen: en las muestras con menos densidad de polen (≤ 2500 granos/cm²) usamos un aumento de 100x, muestreando así el 19% del área (Scheifinger et al., 2013) mientras que para preparaciones con densidad de polen > 2500 granos/cm² usamos magnificación de 400x.

3.2 Micorrizas

Tomamos muestras de raíces en eucaliptales de *E. globulus*, en robledales (bosques dominadas por *Q. robur*), en pinares de *P. pinaster* y en matorrales dominados por tojo y brezo (*Ulex* spp. y *Erica* spp.), por ser éstos los tipos de hábitat más comunes en Galicia, los que son con más frecuencia sustituidos por los eucaliptales y los que se suelen además encontrar en los márgenes de estas plantaciones, siendo así más susceptibles a la entrada y expansión de eucaliptos llegados a partir de semillas (Calviño-Cancela y Rubido-Bará 2013). En eucaliptales tomamos muestras de raíces de eucalipto (*E. globulus*), pino (*P. pinaster*), roble (*Q. robur*) y carpazo (*Halimium lasianthum* subsp. *alyssoides*; un arbusto de la familia de las cistáceas. En robledales tomamos muestras de roble y eucalipto, en pinares tomamos muestras de pino y eucalipto, y en matorrales tomamos muestras de carpazo y de eucalipto. De este modo, mediante el muestreo de raíces eucaliptos y de especies autóctonas tanto en eucaliptales como en hábitats nativos, pretendemos maximizar la probabilidad de detectar intercambios de socios mutualistas entre las especies nativas y alóctonas, tanto vegetales como de ectomicorrizas. Realizamos los muestreos en 3 localidades (zona del Morrazo, Pontecaldelas y Maceira), con 3 individuos por especie/hábitat en cada localidad, analizando así las raíces de un total de 90 individuos.

Los ápices radicales micorrizados de cada individuo se agruparon inicialmente en morfotipos en función su color, forma, textura y presencia de hifas, según los criterios indicados por Agerer (1987-2002) y se obtuvo una muestra (entre 10 y 100 mg según su abundancia) de cada morfotipo para su identificación mediante análisis molecular.

Para la extracción del DNA de las muestras frescas se usó el EZNA Fungal DNA Kit (Omega Bio-Tek, USA) según el protocolo indicado por la casa. El DNA extraído se sometió a purificación con el PowerClean DNA Clean-Up Kit (MoBio Laboratories, USA) para la eliminación de los ácidos húmicos y finalmente se procedió a su amplificación mediante PCR. Se usaron las siguientes parejas de marcadores moleculares ITS (Internal Transcribed Spacers) presentes en el DNA ribosómico: ITS1F-ITS4 (para Basidiomycetes y Ascomycetes), ITS1F-ITS4B e ITS1-ITS4B (específicos para Basidiomycetes) y ITS1-ITS4 e ITS5-ITS4A (específicos para Ascomycetes) (Gardes & Bruns 1993). Para la PCR se aplicó el protocolo indicado por Pestaña y Santolamazza-Carbone (2011). Los productos de la PCR fueron enviados a la empresa MACROGEN (<http://www.macrogen.com>) para su secuenciación. Para cada pareja de primers, las secuencias forward y reverse fueron alineadas manualmente y corregidas utilizando los softwares SeqMan™ (DNAS™, Madison, WI, USA) y BioEdit Sequence Alignment Editor (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/bioedit.html>) hasta obtener una secuencia consenso. Las secuencias fueron identificadas a nivel de género o especie consultando la base de datos de Genbank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>), utilizando el algoritmo de búsqueda nucleotide-nucleotide (blastn) BLAST a través del National Center for Biotechnology Information (NCBI). Sólo se tuvieron en cuenta las secuencias que presentaron entre el 90 y el 100% de similitud con otras secuencias almacenadas en las bases de datos. En concreto, las categorías taxonómicas fueron asignadas aplicando el siguiente criterio: para una similitud $\geq 98\%$ se identifica la especie, mientras que para las secuencias con una similitud entre el 90% y el 97% se identifica sólo el género.

4. Resultados

El polen de eucalipto representó el 98.2% de todo el polen recolectado en las aves. Estuvo presente en un 35% de los individuos (N = 485) y en un total de 19 especies de aves. Las especies con más polen fueron la curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*), que destacó sobre todo el resto, seguida por el mosquitero común (*Phylloscopus collybita*), el reyezuelo listado (*Regulus ignicapilla*) y el mito (*Aegithalus caudatus*) (Figura 1), con una clara dominancia de polen de eucalipto (>99%). Los páridos también destacaron por presentar bastante polen, aunque con menos proporción de polen de eucalipto (entre el 33% y el 92%; Figura 1). La época con más presencia de polen en las aves fue entre diciembre y mayo, especialmente en los meses de enero a marzo.

En cuanto a las micorrizas, analizamos hasta la fecha 138.762 ápices micorrizados y se han identificado 30 géneros y 61 especies. En *E. globulus*, con independencia del hábitat y de la localidad, se han encontrado 26 taxones, de los cuales tres originarios de la región de Australasia (*Laccaria lateritia*, *Descomyces* sp. y *Descolea maculata*), dos cosmopolitas (*Cenococcum geophilum* y *Thelephora terrestris*) y 21 de distribución eurasiática y americana. La presencia de *L. lateritia* y de *Descomyces* sp. fue esporádica, mientras que *D. maculata* fue muy abundante y frecuente, apareciendo asociado además de al eucalipto, a todas las otras especies vegetales muestreadas y en todos los hábitats, con la única excepción de *Q. robur* en robledal. El hongo *D. maculata* fue dominante en las raíces de eucalipto, sobre todo en los eucaliptales y los pinares, con frecuencias absolutas entre el 90 y el 100%. El eucalipto presentó menos diversidad de micorrizas que cualquiera de las otras especies en todos los hábitats, incluso en los eucaliptales, donde es la especie dominante (Figura 2). Por otro lado, tanto el pino como el roble presentaron más riqueza de micorrizas en los hábitats en los que son dominantes que en los eucaliptales. El eucalipto, sin embargo, presentó mayor riqueza de especies cuando se encontraba en robledales, con casi tantos taxones asociados como los propios robles (Figura 2). El carpazo presentó más riqueza de micorrizas en eucaliptales que en matorrales, aunque hay que aclarar que, a diferencia de los pinos en pinares y robles en robledales, el carpazo no es la especie dominante en los matorrales estudiados, donde predominan brezos y tojos.

5. Discusión

La integración ecológica de una nueva especie en las comunidades locales depende en gran medida del carácter generalista o especialista de estas interacciones. Desde su introducción a mediados del siglo XIX y su plantación masiva en la península ibérica en la segunda mitad del siglo pasado, *E. globulus* ha ido integrándose en las comunidades locales, estableciendo nuevas interacciones con las aves y con los insectos que visitan sus flores, con la fauna edáfica y con los hongos simbiotes.

En el caso de las aves, las dietas omnívoras y poco especializadas así como cierta flexibilidad comportamental favorecen la incorporación de nuevos recursos a sus dietas. El eucalipto necesita la transferencia de polen entre flores distintas ya que no se da la partenocarpia en este género y las flores son protándricas (la parte masculina madura antes que la femenina, evitando así la autogamia, es decir, la fecundación dentro de la misma flor por transferencia de polen entre estigmas y estilo de la misma flor). Además, la transferencia de polen entre individuos distintos incrementa la producción de semillas y su viabilidad así como la tasa de crecimiento y la supervivencia de las plántulas (Hardner & Potts, 1995). Las flores de *E. globulus* son visitadas tanto por aves como por insectos, tanto en la zona de introducción como en la zona de origen, aunque los estudios realizados en el área de origen (Tasmania), muestran que las aves son más eficientes como polinizadores (Hingston et al., 2004b). La baja eficiencia de los insectos parece estar relacionada con su pequeño tamaño, que limita el contacto con los órganos reproductores, y sus limitados movimientos entre individuos distintos. Así, insectos del tamaño de la abeja de la miel (*Apis mellifera*) o abejorros (*Bombus terrestris*) con una sola visita tan sólo llegan a facilitar entre el 6-7% de la máxima fecundidad estimada, frente a las aves que alcanzan el 76% (Hingston et al., 2004b). Incluso cuando las flores reciben cientos de visitas de insectos este porcentaje no llega a alcanzar el 35%.

La gran cantidad de polen de eucalipto encontrado en las aves muestreadas y su prevalencia en relación a otros tipos de polen sugiere que las flores de eucalipto constituyen un recurso de uso común para algunas especies. El uso este recurso puede venir facilitado por la gran cantidad de néctar que ofrecen las flores de *E. globulus*, y por su fácil acceso debido a sus flores abiertas. Además, a diferencia de la mayor parte de las flores nativas, *E. globulus* florece principalmente en invierno, cuando otros tipos de alimentos (como los insectos) son escasos, lo que podría incrementar el atractivo de este recurso para las aves. Las aves pueden tener por lo tanto un papel importante en facilitar la producción de semillas en las zonas de introducción, fomentando así la regeneración natural de las poblaciones y su expansión en hábitats próximos (Calviño-Cancela & Rubido-Bará, 2013).

En cuanto a la relación de simbiosis con las ectomicorrizas, la elevada riqueza de especies fúngicas encontrada en *E. globulus* en robledales demuestra la gran capacidad de los eucaliptos para asociarse a hongos nativos y sugiere una baja especificidad de las especies implicadas. Por otra parte, la baja riqueza de especies encontrada en matorrales podría deberse a que este hábitat está dominado por ericáceas y leguminosas que no forman ectomicorrizas, por lo que la disponibilidad de propágulos de éstas puede ser menor y menos diverso. En los pinares, sin embargo, la escasa riqueza de ectomicorrizas en eucaliptos no puede explicarse por su escasez y baja diversidad, ya que los pinos muestran una riqueza promedio muy alta, similar a la de los robles en robledales. Sin embargo, la gran distancia filogenética que separa al eucalipto (Angiosperma) del pino (Gimnosperma) puede dificultar el intercambio de hongos simbioses. Estas diferencias pueden también estar relacionadas con las condiciones abióticas del medio, como por ejemplo las características físicas y químicas del suelo, la presencia de hojarasca o los exudados emitidos por las raíces, que pueden dificultar la asociación de hongos ectomicorrízicos compatibles (Jonsson et al. 2006).

Según la literatura, la carencia de hongos compatibles y la baja efectividad en la colonización micorrízica, debido también a condiciones edáficas adversas, suelen ser barreras para la naturalización e invasión de las plantas exóticas (Díez 2005). Sin embargo, nuestros resultados demuestran que la micorrización no parece suponer un obstáculo en nuestro territorio. *E. globulus* cuenta por un lado con hongos australianos con los que puede haber sido cointroducido, en especial con *D. maculata*, pero también con hongos cosmopolitas y con hongos nativos con los que establece nuevas interacciones. Así, la compatibilidad observada entre *Eucalyptus* spp. y la comunidad fúngica autóctona contradice la idea de que el establecimiento y expansión de *Eucalyptus* spp. dependería de la presencia de micorrizas australianas (Díez 2005; Chen 2007). De hecho, un estudio llevado a cabo con *E. camaldulensis* y *E. grandis* en zonas tropicales de África, ya demostró cierta capacidad de estos eucaliptos para asociarse con hongos nativos (Jairus et al. 2011).

Un estudio previo sobre la micoflora de los eucaliptales de *E. globulus* del NO de la Península Ibérica (Lago Álvarez 2002), mostró también la existencia de hasta 90 taxones de hongos con actividad micorrízica, entre los que predominaban especies exóticas como *Tricholoma eucalypticum*, *Descolea maculata*, o *Laccaria fraterna*, así como hongos autóctonos de los géneros *Amanita*, *Cantharellus* y algunos boletales. Sin embargo, este estudio se basaba únicamente en la identificación de cuerpos fructíferos (setas), con lo que es difícil asegurar que estuvieran asociados con las raíces de eucaliptos y no con cualquier otra especie vegetal también presente en los eucaliptales. Este problema se evita al estudiar directamente las raíces de las especies vegetales de interés e identificando las micorrizas asociadas a ellas, tal y como hicimos en nuestro estudio.

La presencia de *D. maculata* en España fue señalada ya en 1994 (Moreno et al. 1994) en repoblaciones de *E. globulus* de Galicia y del noroeste de España. Su carácter generalista y su baja especificidad la llevan a asociarse a miembros de las familias Pinaceae, Fagaceae y Myrtaceae, tanto en el hemisferio Sur como en el Norte (España y Marruecos). Su abundancia y ubicuidad en nuestras parcelas de muestreo indican una gran compatibilidad entre este hongo y las condiciones edáficas locales. Este hecho nos lleva concluir que se trate de una especie clave en la facilitación del establecimiento de los eucaliptos y su expansión en otros hábitats. Por otra parte, su competitividad y adaptabilidad representan un peligro potencial para la comunidad fúngica nativa.

6. Conclusiones

Las nuevas interacciones que establece *E. globulus* con las comunidades locales muestran que las plantaciones pueden constituir nuevos ecosistemas donde especies que no se habían encontrado antes a lo largo de sus historias evolutivas pueden establecer nuevas interacciones. Estas nuevas interacciones pueden favorecer el establecimiento y expansión de los eucaliptos en las zonas de introducción. Su interacción con las aves que visitan sus flores es un buen ejemplo de integración ecológica de una nueva especie, a pesar de que a priori pudiera parecer poco probable, dado que la polinización en Europa está fundamentalmente mediada por insectos. No se trata además de una mera anécdota; por el contrario, las grandes cantidades de polen encontradas apuntan a que supone un recurso ampliamente utilizado por las aves. Esta interacción puede favorecer la producción de

semillas y con ella la regeneración natural de las poblaciones y su expansión en hábitats próximos (Calviño-Cancela & Rubido-Bará, 2013). El establecimiento de interacciones con hongos micorrícicos tiene sin duda un importante papel en determinar el éxito en el establecimiento de las nuevas plántulas. La ubicuidad de un hongo ectomicorrícico australiano muy eficiente como es *D. maculata*, la presencia de diversos hongos cosmopolitas y la capacidad de *E. globulus* para establecer simbiosis con un gran número de hongos nativos muestran que no supone una limitación para su expansión.

7. Agradecimientos

Agradecemos a los miembros del Grupo de Anelamento Anduriña por dejarnos unirnos a sus sesiones de anillamiento para tomar las muestras de polen de las aves así como a Mouldi Gamoun por su ayuda en el campo para la extracción de raíces. A los palinólogos Castor Muñoz e Iria García-Moreiras por su ayuda con la identificación de polen. Este estudio fue financiado por el proyecto EM2014/03 de la Xunta de Galicia. MN agradece al programa Erasmus la financiación de su estancia en la Universidad de Vigo.

8. Bibliografía

- Agerer, R. 1987-2002. Colour Atlas of ectomycorrhizae. Schwäbisch Gmünd:Einhorn-Verlag
- Beattie, A.J. 1971. A technique for the study of insect-borne pollen. Pan-Pacific Entomol 47:82
- Brockerhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Quine, C.P., Sayer, J., 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? Biodivers. Conserv. 17, 925–951
- Brundrett M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. New Phytol 154, 275-304
- Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., van Etten, E.J.B., 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? For. Ecol. Manage. 270, 153–162
- Calviño-Cancela, M. 2013. Effectiveness of eucalypt plantations as a surrogate habitat for birds. . For. Ecol. Manage. 310: 692-600
- Calviño-Cancela, M., López de Silanes, M.E., Rubido-Bará, M., Uribarri, J. 2013. The potential role of tree plantations in providing habitat for lichen epiphytes. For. Ecol. Manage. 291: 386-395
- Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., 2013. Invasive potential of *Eucalyptus globulus*: Seed dispersal, seedling recruitment and survival in habitats surrounding plantations. For. Ecol. Manage. 305, 129–137
- Calviño-Cancela, M., Neumann, M. 2015a. Ecological integration of eucalypts in Europe: Interactions with flower-visiting birds. . For. Ecol. Manage. 358: 174–179
- Calviño-Cancela, M., Neumann, M. 2015b. Pollen loads of eucalypt and other pollen types in birds in NW Spain. Data in Brief 5: 348–350
- Chen, Y. L., Brundrett, M.C., Dell, B. 2000. Effects of ectomycorrhizas and vesicular-arbuscular mycorrhizas, alone or in competition, on root colonization and growth of *Eucalyptus globulus* and *E. urophylla*. New. Phytol. 146:545–556

- Chen, L. C., Liu, S., Dell, B. 2007. Mycorrhizal status of Eucalyptus plantations in south China and implications for management. *Mycorrhiza*.17: 527–535
- Dickie, I.A., Bolstridge, N., Cooper, J.A., Peltzer D.A. 2010. Co-invasion by Pinus and its mycorrhizal fungi. *New Phytol* 187, 475-484
- Díez, J. 2005. Invasion biology of Australian ectomycorrhizal fungi introduced with eucalypt plantations into the Iberian Peninsula. *Biol. Invasions*. 7, 3-15
- Hingston, A.B., Potts, B.M., McQuillan, P.B., 2004a. Pollination services provided by various size classes of flower visitors to *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* (Myrtaceae). *Austr. J. Bot.* 52, 353–369
- Hingston, A.B., Potts, B.M., McQuillan, P.B., 2004b. The swift parrot, *Lathamus discolor* (Psittacidae), social bees (Apidae) and native insects as pollinators of *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* (Myrtaceae). *Austr. J. Bot.* 52, 371–379
- IFN4 2011. Cuarto Inventario Forestal Nacional (4th National Forest Inventory). Galicia. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid: Bakerman Madrid SL.
- Jairus T., Mpumba R., Chinoya S., Tedersoo L., 2011. Invasion potential and host shifts of Australian and African fungi in mixed eucalypt plantations. *New Phytol* 192, 179-187
- Jonsson L.M., Dighton J., Lussenhop J., Koide R.T. 2006. The effect of mixing ground leaf litters to soil on the development of pitch pine ectomycorrhizal and soil arthropod communities in natural soil microcosm systems. *Soil Biol Biochem* 38, 134-144
- Gardes M, Bruns T.D. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rust. *J Bot* 69, 180-190
- Hardner, C.M., Potts, B.M. 1995. Inbreeding depression and changes in variation after selfing in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. *Silvae Genetica* 44: 46-54.
- Keane, R.M., Crawley, M.J., 2002. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends Ecol. Evol.* 17, 164–170
- Lago Álvarez, M. 2002. Micoflora (Basidiomycota) de los eucaliptales del NO de la Península Ibérica. Tesis doctoral, Universidade de Vigo.
- Marx D.H. 1991. The practical significance of ectomycorrhizae in forest establishment. *Marcus Wallemberg Foundation Symposia Proceedings*, 7, 54-90
- Newman, E.I., Reddell, P. 1987. The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. *New Phytologist* 106: 745-751
- Nuñez M.A., Dickie I. A 2010. Invasive belowground mutualist of woody plants. *Biol Invasions* DOI 10.1007/s10530-013-0612-
- Moreno G., Horak E., Lago M, 1994. *Descolea maculata* Bougher (agaricales), nueva cita para Europa. *Cryptogamie, Mycol.* 15, 255-261
- Ortega-Olivencia, A., Rodríguez-Riano, T., Valtuena, F.J., Lopez, J., Devesa, J.A., 2005.

First confirmation of a native bird-pollinated plant in Europe. *Oikos* 110, 578–590.

Pestaña, M., Santolamazza-Carbone, S. 2009. Characterization of juvenile maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) ectomycorrhizal fungal community using morphotyping, direct sequencing and fruitbodies sampling. *Mycorrhiza*. 19:91-98

Pringle, A., Bever, J.D., Gardes, M., Parrent, J.L., Rillig, M.C., Klironomos, J.N. 2009. Mycorrhizal Symbioses and Plant Invasions. *Ann Rev Ecol Evol Syst* 40: 699-715

Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West, C.J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Divers. Distrib.* 6: 93–107

Scheifinger, H., Belmonte, J., Celenk, S., Damialis, A., De-champ, C., Garcia-Mozo, H., et al. 2013. Monitoring, modelling and forecasting of the pollen season. In: Sofiev, M., Bergmann, K. (Eds.), *Allergenic Pollen: A Review of the Production, Release, Distribution and Health Impact*. Springer, The Netherlands.

Seijo, M.C., Jato, M.V., 1998. Palynological characterization of honeys from Galicia (Northwest Spain). *Grana* 37, 285–292.

Smith S.E. Read D.J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. 3^o Edition, New York: Academic Press

Tellería, J.L., Galarza, A., 1991. Avifauna invernante en un eucaliptal del norte de España. *Ardeola* 38, 239–247

Thomson, B.D., Grove, T. S., Malajczuk, N., Hardy, G. E. StJ. 1994. The effectiveness of ectomycorrhizal fungi in increasing the growth of *Eucalyptus globulus* Labill. in relation to root colonization and hyphal development in soil. *New. Phytol.* 126: 517-524

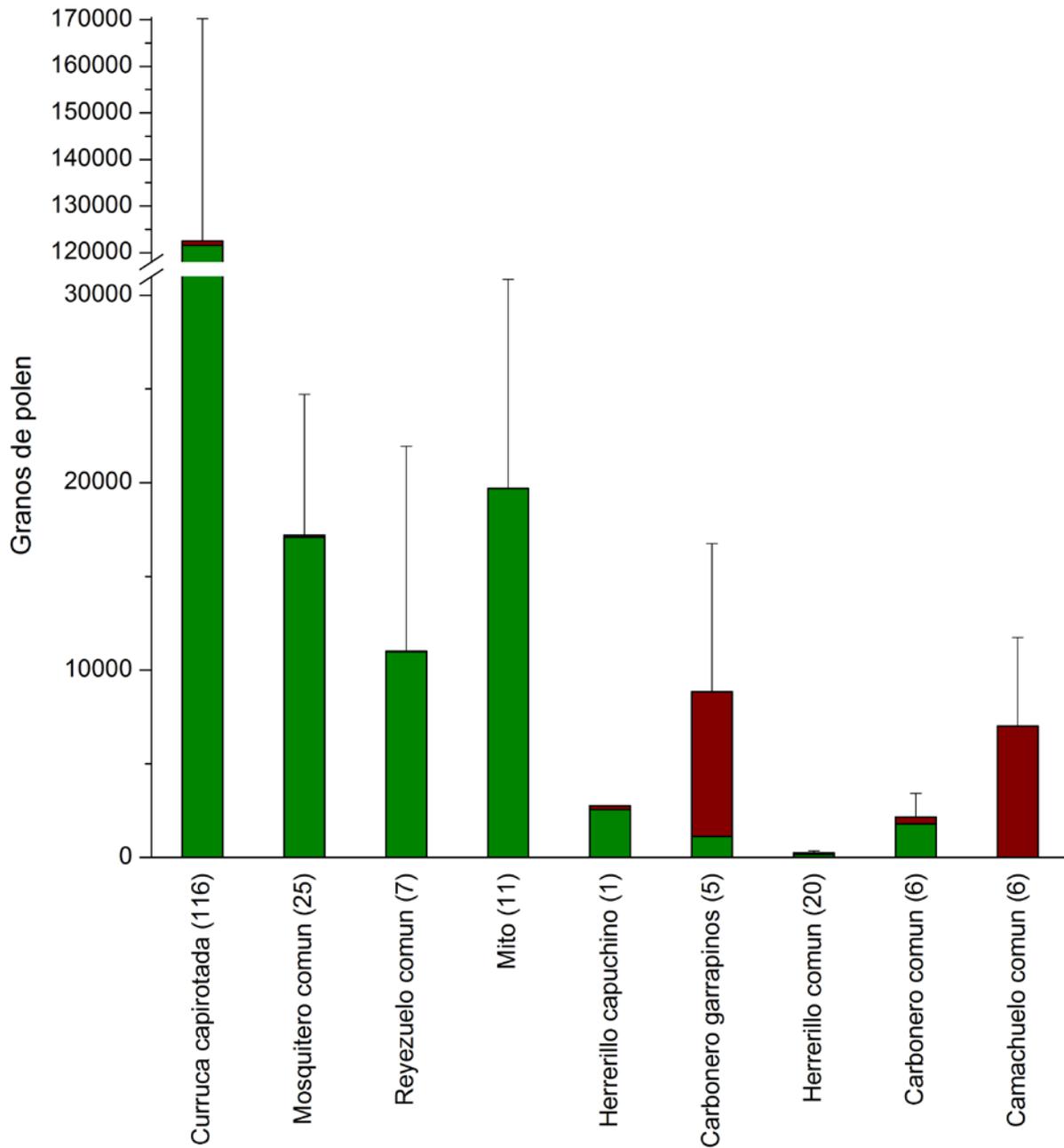


Figura1. Abundancia de polen de eucalipto (verde) y otros (rojo) en las especies de aves que presentaron mayores cantidades (media y error estándar), ordenadas por orden taxonómico. Nótese la ruptura del eje Y y la diferente escala antes y después de la interrupción.

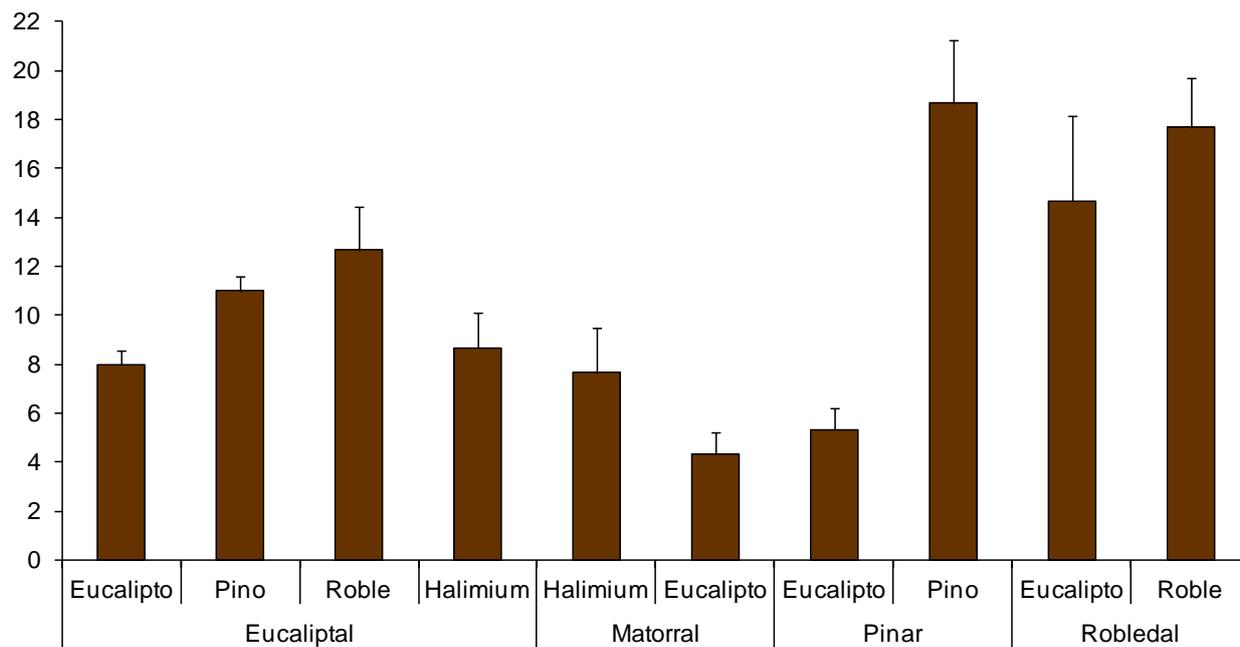


Figura2. Número de taxones de micorriza (media y error estándar) en los individuos muestreados en cada especie vegetal y tipo de hábitat.