



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR**  
**DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Máster en Ingeniería de Montes**

“Estudio de la diversidad fúngica en  
cinco especies de pino inoculadas  
con *Fusarium circinatum*”

Alumno: Esteban Torres Sánchez

Tutor: Julio Javier Díez Casero

Cotutores: Emigdio Jordán Muñoz Adalia

Carmen Romeralo Tapia







# Índice

Resumen .....	6
1. Antecedentes.....	8
1.1. Introducción a los endófitos.....	8
1.2. Ecología de los hongos endófitos.....	9
1.3. Efecto de endófitos sobre el hospedante.....	11
1.4. Ecología del patógeno de estudio <i>Fusarium circinatum</i> .....	12
1.5. Uso de las técnicas de NGS en el estudio de comunidades fúngicas.....	16
2. Objetivos.....	17
3. Metodología.....	18
3.1. Parcela de Santibáñez .....	19
3.2. Diseño experimental.....	21
3.3. Toma de datos .....	22
3.4. Procesamiento de muestras.....	23
3.4.1. Toma de muestras.....	23
3.4.2. Preparación de las muestras .....	25
3.5. Procesado de los valores obtenidos.....	28
3.6. Cálculos de caracterización de comunidades.....	28
3.7. Análisis estadístico.....	30
4. Resultados.....	32
4.1. Caracterización de comunidades .....	32
4.1.1. Riqueza de taxones .....	32
4.1.2. Diversidad de taxones .....	35
4.1.3. Dominancia taxonómica por especie de pino.....	39
4.1.3.1. Resultados para <i>Pinus nigra</i> .....	40
4.1.3.2. Resultados para <i>Pinus pinaster</i> .....	41

4.1.3.3.	Resultados para <i>Pinus radiata</i> .....	44
4.1.3.4.	Resultados para <i>Pinus sylvestris</i> .....	46
4.1.3.5.	Resultados para <i>Pinus uncinata</i> .....	47
4.1.4.	Similitud entre especies.....	49
4.2.	Análisis Normal de la Varianza.....	49
4.2.1.	Riqueza taxonómica .....	49
4.2.2.	Equitatividad taxonómica .....	50
4.2.3.	Diversidad taxonómica .....	51
4.2.4.	Análisis multivariante .....	52
5.	Discusión.....	56
6.	Conclusiones .....	64
7.	Bibliografía.....	66

## Resumen

En la actualidad, se está atribuyendo una importancia cada vez mayor a las comunidades endófitas presentes en las plantas. Durante su ciclo biológico interactúan con dicho hospedante. La interacción puede variar entre hospedantes, repercutiendo de diversas maneras, siendo el caso de un hongo endófito puede comportarse como patógeno en otro hospedante.

El objetivo de este estudio es obtener información acerca de las comunidades endófitas que habitan dentro de diferentes especies de pinos inoculados con el patógeno *Fusarium circinatum*, así como realizar una evaluación de las técnicas de secuenciación NGS. Con ello se pretende ver que asociaciones endófito-hospedante pueden darse en estos pinos bajo las siguientes condiciones: unas mismas condiciones edafo-climáticas, un mismo rango de edad y la inoculación de *F. circinatum*.

La comunidad endófitas se analiza en distintas especies de pino con un mismo rango de edad que fueron inoculados con *Fusarium circinatum* en sus primeros años. Todos los pinos se desarrollaron en una parcela experimental ubicada en Santibáñez (Cantabria, España). El estudio de la comunidad endófitas fue realizado a través de técnicas NGS (Next Generation Sequencing), a través de la empresa Biome Markers. La empresa devolvió una gran cantidad de datos que se contrastaron entre sí. Para analizar la estructura de la comunidad endófitas se recurrió a índices relacionados con la riqueza taxonómica, equitatividad taxonómica, diversidad taxonómica y dominancia taxonómica. Posteriormente, los índices se analizaron con un análisis ANOVA.

Se encontraron varios hongos endófitos en común en todas las muestras con una alta abundancia relativa respecto al resto de hongos: *Alternaria alternata*, *Pleospora herbarum*, *Cryptococcus terreus* y *Cladosporium shpaerospermum*. También se encontró diferencias entre las comunidades endófitas de cada especie de pino: la comunidad endófitas de la especie *Pinus radiata* presenta una equitatividad taxonómica diferente de *P. uncinata*; en cuanto a riqueza taxonómica hay similitud entre las especies *Pinus nigra* y *Pinus pinaster*, presentaron semejanzas entre sí y al resto de especies de pinos, pero *Pinus uncinata* presentó diferencias frente a *Pinus sylvestris* y *Pinus radiata*. La secuenciación NGS aumenta el nivel de detalle al que se puede trabajar al tener una sensibilidad mayor que los métodos tradicionales.





# 1. Antecedentes

## 1.1. Introducción a los endófitos

La palabra endófito hace alusión a “dentro de la planta”. Los organismos endófitos desarrollan su actividad biológica dentro de un hospedante vegetal, donde según algunos autores, no causa signos de interacción negativa (Arnold & Lutzoni, 2007), pudiendo darse casos de mutualismo (Sieber, 2007; Traveset, 1999). Dentro de los organismos endófitos pueden hallarse bacterias y hongos. La comprensión sobre el estilo de vida de los endófitos y sus asociaciones con el hospedante puede llegar a permitir entender los efectos que estos representan en el ecosistema (Arnold & Lutzoni, 2007). Hay estudios que datan en el periodo de años de 1920-1940 donde ya empiezan a describir los organismos endófitos (Petrini, 1991). A partir de los años 70, hubo un creciente interés hacia estos organismos, aumentando la cantidad de estudios y líneas de investigación (Saikkonen, 2007; Tayung & Jha, 2010; Wilson, 1995; Zabalgogeoazcoa, 2008; Petrini, 1991; Faeth & Hammon, 1997).

La planta provee de alimentación y un soporte de vida al organismo endófito, y los endófitos pueden otorgar propiedades al hospedante que conlleven a una mayor capacidad adaptativa en diferentes situaciones, por ejemplo aumentar la tolerancia a situaciones de estrés hídrico o estrés por temperaturas anómalas (Arnold & Lutzoni, 2007). Por otro lado, la absorción de los nutrientes de la planta por parte de los endófitos supone un cierto nivel de parasitismo (Saikkonen, 2007). La gran mayoría de los vegetales tienen comunidades endófitas asociadas (Jalgaonwala et al., 2011; Saikkonen, 2007), pudiendo presentar ventajas adaptativas (Abello & Kelemu, 2006). Además, para la sociedad reportan beneficios indirectos, como las comunidades de hongos endófitos foliares en coníferas, que son fuente de productos naturales (Saikkonen et al., 2016). En otros casos, los endófitos causan enfermedades a la población humana (Ahmad et al., 2014; Verweij et al., 2009).

El hospedante vegetal está sometido a una serie de factores externos abióticos que pueden condicionar su supervivencia. La planta es un hábitat dinámico donde diversos factores pueden influenciar la estructura y la composición de la comunidad endófitas. Las variaciones estacionales, el tipo de tejido vegetal, la especie hospedante y la interacción con otros microorganismos benéficos influyen en el proceso de establecimiento y colonización (Pérez et al., 2009).

Los hongos pueden desarrollarse en los espacios intracelulares e intercelulares (Koide et al., 2005). Los hongos endófitos tienen la capacidad de colonizar diversas especies en diversos ecosistemas, consiguiendo un amplio abanico de hospedantes. Un ejemplo es la especie *Bauvera mediterranea*, capaz de colonizar álamos (*Populus* spp.) y gramíneas (Sanz-Ros et al., 2015). Las estructuras de las comunidades endófitas influyen en las funciones de las plantas y los ecosistemas (Koide et al., 2017). Son capaces de generar metabolitos que producen una serie de respuestas beneficiosas directa o indirectamente al hospedante. Cabe destacar que estos microorganismos endófitos pueden volverse patógenos en situaciones donde su interacción negativa se encuentre latente y se den condiciones ambientales adecuadas (Pérez et al., 2009). La interacción “patógeno-hospedante-condiciones ambientales” es cambiante y una alteración en cualquiera de estos tres componentes puede modificar esta relación (Welbergen et al., 2008).

## 1.2. Ecología de los hongos endófitos

Las comunidades endófitas forman ecosistemas a pequeña escala dentro del hospedante (Abello & Kelemu, 2006). Varios factores influyen en la composición de la comunidad fúngica foliar, como el hospedador, el contenido de nutrientes de las acículas, la edad de las acículas, la temperatura, la precipitación y la contaminación (Millberg et al., 2015). Las comunidades de endófitos pueden variar en función de la especie de hospedante y su crecimiento, y dentro de la misma especie pueden variar en función de la abundancia aunque la variación en la biodiversidad es escasa (Sanz-Ros et al., 2015). La diversidad de taxones que alberga una comunidad endófitas viene determinada por el hospedante (Koide et al., 2017; Pérez et al., 2009; Sanz-Ros et al., 2015), y la influencia de las condiciones climáticas (Koide et al., 2017). Gran parte de los hongos endófitos son cosmopolitas a nivel de ecosistemas (Zalar et al., 2007).

La información disponible acerca del proceso de colonización y dispersión de los hongos endófitos es escasa. Se conoce que los hongos transmitidos por semillas colonizan los tejidos internos y pueden mostrar actividad mutualista o patogénica. Cuando esta actividad es mutualista se le denomina endófito (Billingsley Tobias et al., 2017). Un claro ejemplo es con las especies facultativas de *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp., ya que viven en una gran variedad de plantas, sin llegar a repercutir nocivamente en la planta y ocupando nichos como hongos endófitos (Billingsley Tobias et al., 2017; Rodríguez-Rajo et al., 2005).

En lo referente a la transmisión de esporas por vía aérea, se sabe que las fuentes de transmisión están condicionadas por la circulación de los vientos en la zona, siendo afectadas por el terreno y la orografía así como factores físicos (Izquierdo et al., 2017). Del mismo modo, existen diferencias en la comunidad de hongos endófitos dentro de una misma especie asociada a un gradiente altitudinal (Kohout et al., 2017). En la península ibérica indican que el mes con mayor concentración de conidiosporas en el aire suele ser septiembre (Fernández-Rodríguez et al., 2015; Rodríguez-Rajo et al., 2005). La colonización foliar por endófitos fúngicos a través de esporas ocurre en pocas ocasiones, condicionándose a cuando las superficies de las hojas son lo suficientemente húmedas para permitir la germinación de las esporas y el crecimiento de las hifas (Koide et al., 2017). Las semillas pueden actuar como vectores de dispersión, y a su vez, fuente de hongos patógenos y/o mutualistas en la agricultura (Billingsley Tobias et al., 2017), lo cual, al ser un medio con un funcionamiento similar al medio forestal se puede extrapolar a este.

Otra forma de dispersión es a través de insectos, cuya alimentación, ciclo de vida o reproducción interaccione con los tejidos vegetales, que actúen como vectores-transportadores de hongos. Algunos insectos se ven atraídos por los terpenos que producen las plantas (Romón et al., 2007). Se da el caso de insectos asociados a hongos endófitos que actúan como vectores-transportadores (Carrasco et al., 2016; Iturrutxa et al., 2011). Una forma de contagio en los insectos asociados a los hongos es debido a las condiciones idóneas de humedad y temperatura que se dan en el interior del hospedante vegetal. El insecto puede contaminarse con esporas de las áreas del árbol donde las condiciones son óptimas para el desarrollo del hongo. El tiempo en el que el insecto está en contacto con el micelio y las esporas no es influyente en el desarrollo del endófito en el siguiente hospedante (Romón et al., 2008; Romón et al., 2007). El insecto perforador, en su exoesqueleto a través del contacto físico de micelio y conidios, queda impregnado de estas y actúa como vector-transportador hacia el siguiente hospedante vegetal con el que interactúe (Bezós et al., 2015).

Algunos hongos patógenos para unas especies se presentan en forma de endófito para otras especies (Hernandez-Escribano et al., 2018), pudiendo mostrar comportamientos de endófito en otros hospedantes vegetales diferentes (Hernandez-Escribano et al., 2018; Millberg et al., 2015).

### 1.3. Efecto de endófitos sobre el hospedante

Las comunidades de hongos endofíticos pueden generar distintas respuestas en los hospedantes (Arnold & Lutzoni, 2007). Los efectos beneficiosos del hongo son el resultado de interacciones específicas entre las plantas que albergan el hongo, la cepa del hongo y las condiciones ambientales (Oliveira et al., 2013). Las zonas que presentan limitaciones para la dispersión y establecimiento de comunidades endofíticas pueden llegar a presentar problemas para la restauración de los ecosistemas así como la regeneración de la vegetación (Kazartsev, Shorohova, Kapitsa, & Kushnevskaia, 2018).

Cada especie de hongo puede llegar a crear una interacción diferente con su hospedante, lo que genera que la estructura de la comunidad de endófitos afectará las funciones y respuestas de la planta así como del ecosistema (Koide et al., 2017). Esto se traduce en que cada comunidad de hongo endofítica genera distintas respuestas en los hospedantes: generar enfermedades circunstanciales, aumentar la tolerancia del hospedante frente a patógenos, tolerancia al estrés hídrico, tolerancia a elevadas temperaturas y/o tolerancia al frío, aceleración de procesos naturales (desarrollo y germinación), etc. Esto demuestra los casos en los que hongo y planta han evolucionado hacia una simbiosis (Abello & Kelemu, 2006; Billingsley Tobias et al., 2017; Koide et al., 2017; Oliveira et al., 2013). En otras especies, los endófitos generan metabolitos secundarios tóxicos para gran parte de sus potenciales plagas y enfermedades (McMullin, Nguyen, Daly, Menard, & Miller, 2018), como alcaloides reduciendo el impacto generado por los patógenos. Un ejemplo es el caso de *Dechlera* sp. en el pasto *Brachiaria* sp. (Abello & Kelemu, 2006; McMullin et al., 2018; Sánchez-Rodríguez et al., 2018); por otro ejemplo, los endófitos perteneciente al género *Beauveria* pueden matar insectos en etapas de desarrollo tempranas a través de la producción de sustancias tóxicas (Sánchez-Rodríguez et al., 2018) reduciendo la palatabilidad del hospedante frente a herbívoros o inhibiendo la capacidad de alimentación del insecto; otros endófitos pueden resultar tóxicos para vertebrados herbívoros donde el hospedante es una fuente de alimentación (Lehtonen et al., 2006; Oliveira et al., 2013); otra forma es la eliminación del hongo patógeno mediante competencia por los nutrientes necesarios para su desarrollo (*Hendersonia pinicola* hacia *Lophodermella concolor*, o *Lophodermium conigenum* que es capaz de excluir a *Lophodermella seditosum*) (McMullin et al., 2018); por último, son capaces de inhibir o reducir el crecimiento del patógeno por antibiosis (Heydari & Pessarakli, 2010).

Los endófitos pueden condicionar el crecimiento del hospedante, ejemplos de ello son el caso de las especies de crecimiento rápido asociadas con *Phoma herbarum* y las especies de crecimiento lento asociadas a *Hypocrea lixii* (Sanz-Ros et al., 2015). Por ejemplo, se ha demostrado que el género *Alternaria* puede llegar a enlentecer el crecimiento y germinación de una planta, pudiendo llegar a ser un patógeno en determinadas plantas. Por el contrario, *Cladosporium* sp. genera efectos positivos sobre la germinación y crecimiento de las plantas (Billingsley Tobias et al., 2017; Fernández-Rodríguez et al., 2015). Es importante destacar que pese a la asociación de hongos endófitos con el desarrollo del hospedante, no hay una correlación significativa entre la biodiversidad endofítica con el desarrollo diametral, si habiéndolo con los hongos micorrícicos (Sanz-Ros et al., 2015). En lo referente a la dominancia de los hongos endófitos hacia al desarrollo del hospedante pueden darse varias situaciones: existe diversidad taxonómica elevada asociada a hospedantes con un crecimiento rápido, mientras que en hospedantes de crecimiento lento hay una uniformidad de representación y las dominancias no son tan significativas en los taxones endófitos (Sanz-Ros et al., 2015). Los endófitos asociados a las semillas son capaces de reducir la latencia o fomentar la germinación (Baskin & Baskin, 2000). Se encontró que las semillas recolectadas de las zonas de tundra alpina están colonizadas por hongos que pueden ocupar el puesto de endófitos, patógenos o saprófitos: *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Botrytis* sp., etc. (Billingsley Tobias et al., 2017).

Las interacciones positivas entre los endófitos y el hospedante conduce a una mayor habilidad competitiva, pudiendo mostrar su máximo potencial genético y una capacidad de adaptación fenotípica mayor que sin dichas interacciones, además de ver mejoradas las tasas de germinación, mayor biomasa por tejido y mejor producción de semilla, en comparación con las plantas con bajas comunidades poblacionales de endófitos (Abello & Kelemu, 2006). Por tanto, se resalta la importancia que tienen estos mutualismos jugando un rol importante sobre las poblaciones y ecosistemas (Traveset, 1999). Además, hay que añadir que el factor de la competencia dentro de los ecosistemas interiores de las comunidades endofíticas puede estabilizar el entorno y llevarlo a un equilibrio (Feng et al., 2010).

#### **1.4. Ecología del patógeno de estudio *Fusarium circinatum***

En la actualidad, el chancro resinoso del pino (*Fusarium circinatum*) supone un riesgo importante desde el punto de vista económico (Wingfield et al., 2008) en todos los lugares donde se encuentran plantaciones de pino de monterrey (*Pinus radiata*).

*Fusarium circinatum* causa el chancro del pino y a demás posteriormente la seca de las acículas y el progreso de la enfermedad. Todo esto hace que pueda originarse una fuerte defoliación de la copa. También es capaz de afectar a otras especies de pinos donde el chancro causa la seca del árbol, reduce el crecimiento y/o aumenta la mortalidad. La interacción es más agresiva donde el patógeno no es nativo, favorecido por la dispersión antropogénica como ha ocurrido con otros patógenos y sus respectivos huéspedes tales como *Cryphonectria parasitica* y *Cronartium ribicola*.

Se descubrió en el sureste de Estados Unidos en el año 1946 sobre *Pinus virginiana*. Se cree que el patógeno es endémico de esa zona y posiblemente también lo sea de México. En la zona de Florida y más adelante se expandió hasta el norte de Virginia y Texas. La enfermedad colonizó zonas de *Pinus radiata*, así como otras especies de pinos. En estas regiones causaba epidemias de forma ocasional. Llegó a California entorno a los años 80, siendo detectado en 1986 siendo la zona más afectada Santa Cruz. En ese momento, *F. circinatum* afectaba a la seca de las acículas a *P. radiata*, *P. muricata*, *P. pinea* y *P. halepensis* (Gordon et al., 2015; Porter et al., 2009; Steenkamp et al., 2014; Wingfield et al., 2008). En 1953 se descubrió que colonizó Haití, y fue en 1986 cuando empezó a causar daños económicos significativos sobre las plantaciones de *P. radiata*. En 1987 se dio a conocer en Japón sobre *P. luchuensis*. En 1998 se detectó sobre varias especies de pino en el centro de México. En 1994 se detectó en Sudáfrica sobre *P. patula* y más adelante se encontró otro foco asociado a *P. nemorensis* (Steenkamp et al., 2014)). Los siguientes países en detectar la infección fueron Chile en 2002 (Wingfield et al., 2002), España en 2005 (Pérez-Sierra et al., 2007), Francia 2006, Portugal 2009, Italia 2007, Corea del Sur 2004, Uruguay 2009, Colombia 2012 y Brasil en 2014 (Martínez-Álvarez et al., 2014).

En España se detectó por primera vez en el periodo 2004 sobre un vivero en la región de Asturias. Tras confirmar el diagnóstico de *F. circinatum* por el Laboratorio Nacional de Referencia para el Diagnóstico de Hongos Fitopatógenos, el laboratorio de Sanidad Vegetal del Principado de Asturias inspeccionó el vivero, encontrando *F. circinatum* en plántulas de *P. radiata* y *P. pinaster* y sobre las semillas de *P. sylvestris*. A su vez, se dio un positivo en masas de *P. radiata* en Cantabria en ese mismo año. Esto supuso el primer reporte de este organismo en la Unión Europea (Pérez-Sierra et al., 2007; Raposo, 2006; Wingfield et al., 2008). En 2006 se había diseminado por la península dando positivo en 12 viveros en las comunidades autónomas de Asturias, Cantabria, Castilla y León y Galicia y en algunas plantaciones cuyo origen radicaban en estos

viveros. Se detectó las especies *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. radiata* y *P. sylvestris*. En todos los casos se tomaron medidas de control y erradicación. Se levantaron y eliminaron los árboles en 38,8 ha (18,8 ha en Asturias, 18 ha en Cantabria y 2 ha en Castilla y León) y se produjo la destrucción de las plantas de los viveros infectados (Pérez-Sierra et al., 2007; Raposo, 2006). Además de las medidas de control tomadas en su momento, el 9 de Junio de 2006 se publicó en el BOE el RD 637/2006 por el que se establece el Programa Nacional de erradicación y control del patógeno *F. circinatum*.

Diversos estudios ponen de manifiesto que el cambio climático va a suponer una adaptación del clima zonal de diversas partes del mundo que facilitará la colonización de *F. circinatum* de esas zonas nuevas donde no está instaurado (Wikler et al., 2003). Desde España se extiende por los pinares de Galicia, Cantabria y País Vasco, llegando al suroeste de Francia y al norte de Portugal. *F. circinatum* presenta dificultades para atravesar los obstáculos fisiográficos por lo que la expansión será lenta y no se prevé una expansión hacia el norte de Europa (Möykkynen et al., 2015)

*F. circinatum* presenta una virulencia en función de la región en la que se encuentre, presentando daños y sintomatología más severa conforme más cerca de la costa se encuentra. Las localizaciones costeras tienen un mayor nivel de infestación que las tierras no adyacentes a la costa (Wikler et al., 2003). Un sustrato ácido puede suponer una reducción de la sintomatología en el hospedante, como es el caso de *Pseudotsuga menziesii* con *F. oxysporum* (Bloomberg, 1971).

Es un organismo capaz de infectar hospedantes en cualquiera de sus etapas vitales a través de diferentes los tejidos. La sintomatología causada es muy similar a otras enfermedades. Las formas de expresión de la enfermedad son (Becerril et al., 2008; Carrasco et al., 2016; Gordon et al., 2015; Martínez-Álvarez et al., 2003): Acículas con síntomas iguales que la clorosis férrica, acículas de color parduzco y acículas marchitas; Damping-off de pre emergencia, donde la cubierta y los cotiledones son colonizados; Damping-off de post emergencia generando necrosis en el cuello de la plántula, lo que conlleva clorosis y la posterior muerte; En plántulas de vivero se puede generar una pudrición radicular y un marchitamiento apical; En fases avanzadas de colonización en las plántulas jóvenes se puede apreciar en algunos casos la presencia de esporodoquios en el tallo; El patrón sintomático en árboles adultos genera una fuerte resinación alrededor de un chancro creciente. Se da marchitamiento y decoloración acicular y dando lugar una muerte progresiva. Levantando la corteza se puede observar un tejido resinoso de coloración marrón. Las ramillas son las primeras en morir

acumulándose resina en su superficie; En estructuras reproductoras genera la muerte de conos femeninos y maduros, generando un deterioro del piñón o la semilla. Sin embargo, la infección en conos no está correlacionada con la presencia de chancros, ya que el hospedante puede estar infectado y los conos no presentar sintomatología.

*F. circinatum* puede presentarse como endófito no sintomático en vegetación herbácea de varias familias dicotiledóneas, entre ellas: Asteraceae, Lamiaceae, Rosaceae y Poaceae. Además de poder presentarse en *Daboecia cantábrica* y *Rubus ulmifolius*, ocupando en ambos casos una posición de nicho ecológico no negativa para los huéspedes. También se ha descubierto que semillas de la planta herbácea *Hypochaeris radicata* actúa como reservorio de esporas de *F. circinatum* (Hernandez-Escribano et al., 2018). Hay constancia de diversos géneros de plantas, ya sean herbáceas o leñosas que pueden actuar como anfitriones no sintomáticos (Wingfield et al., 2008).

Los insectos pueden actuar como vectores de la enfermedad, dependiendo de la relación que guarde el insecto con el huésped. En Estados Unidos se han encontrado relaciones de insectos nativos con las infecciones del chancro resinoso con especies (Carrasco et al., 2016; Iturrutxa et al., 2011). En el norte de España se han encontrado asociados con *F. circinatum* los siguientes insectos (Bezós García et al., 2015; Pedro Romón et al., 2007): *Phytophthorus pubescens*, *Ips sexdentatus*, *Hylastes attenuatus*, *Tomicus piniperda*, *Brachyderes incanus*, *Hylurgops palliatus*, *Hypothenemus eruditus* y *Orthomicus erosus*.

Los potenciales hospedantes de *F. circinatum* son, en su mayoría, pinos. Alcanzan una cifra de 60 especies de pinos (Carrasco et al., 2016; Martínez-Álvarez et al., 2014; Wingfield et al., 2008), además de *Pseudotsuga menziesii*. Sin embargo, hay constancia de que hay diversos géneros de plantas, ya sean herbáceas o leñosas que pueden actuar como anfitriones no sintomáticos. Además de *P. radiata* en la península, hay otras tres especies de pino presentes que también se comportan como hospedantes de *F. circinatum*: *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. sylvestris*. En Italia además, se ha demostrado una susceptibilidad en *Pinus pinea* que no la presenta España. Sin embargo, la presencia de *P. pinea* susceptible en Italia va relacionado con la resistencia genética, puesto que las especies más resistentes al patógeno incluyen *P. pinea* y *Pinus canariensis* (Martínez-Álvarez et al., 2016, 2014; Muñoz-Adalia et al., 2016).



## **1.5. Uso de las técnicas de NGS en el estudio de comunidades fúngicas**

Las técnicas NGS viene su nombre de Next Generation Sequencing. En los últimos años ha habido un despunte en desarrollos de tecnologías de secuenciación masiva que permite obtener millones de secuencias de ADN a una velocidad relativamente rápida y siendo cada vez más económico. Esta tecnología permite identificar nuevos genes y desarrollar nuevas aplicaciones y pruebas biológicas (Rodríguez-Santiago & Armengol, 2012; Wiedmann & Carroll, 2018). La ADN polimerasa cataliza la incorporación de desoxirribonucleótidos trifostatos (dNTPs). En este proceso se detecta la hebra de ADN debido a su fluorescencia en los ciclos de síntesis de ADN secuenciales. En cada ciclo se identifica la fluorescencia que se emite. Esta técnica es tan potente porque en vez de secuenciar solo un fragmento de ADN, la técnica NGS amplía este proceso a varios millones de fragmentos de manera paralela.

Debido a la disminución de los costos de secuenciación y a las herramientas de análisis de datos cada vez más accesibles, los enfoques de NGSs se están aplicando para abordar los problemas relacionados con la ciencia (Wiedmann & Carroll, 2018). Estas tecnologías pueden ayudar a identificar comunidades de organismos complejas con tamaños de muestra relativamente pequeños (Shin et al., 2018). Es necesario el poder aprovechar los métodos basados en NGS, utilizando un enfoque de caja de herramientas, para determinar los objetivos y las métricas apropiadas para el monitoreo (Romão et al., 2017).

## 2. Objetivos

El objeto de este estudio es evaluar y caracterizar la comunidad de endófitos en las especies *Pinus nigra*, *P. pinaster*, *P. radiata*, *P. sylvestris* y *P. uncinata* que fueron inoculadas con *Fusarium circinatum* en el año 2010. Debido a que es un patógeno capaz de afectar a varias especies de pino, se ha seleccionado estas cinco especies de pino. Los objetivos marcados para este estudio son:

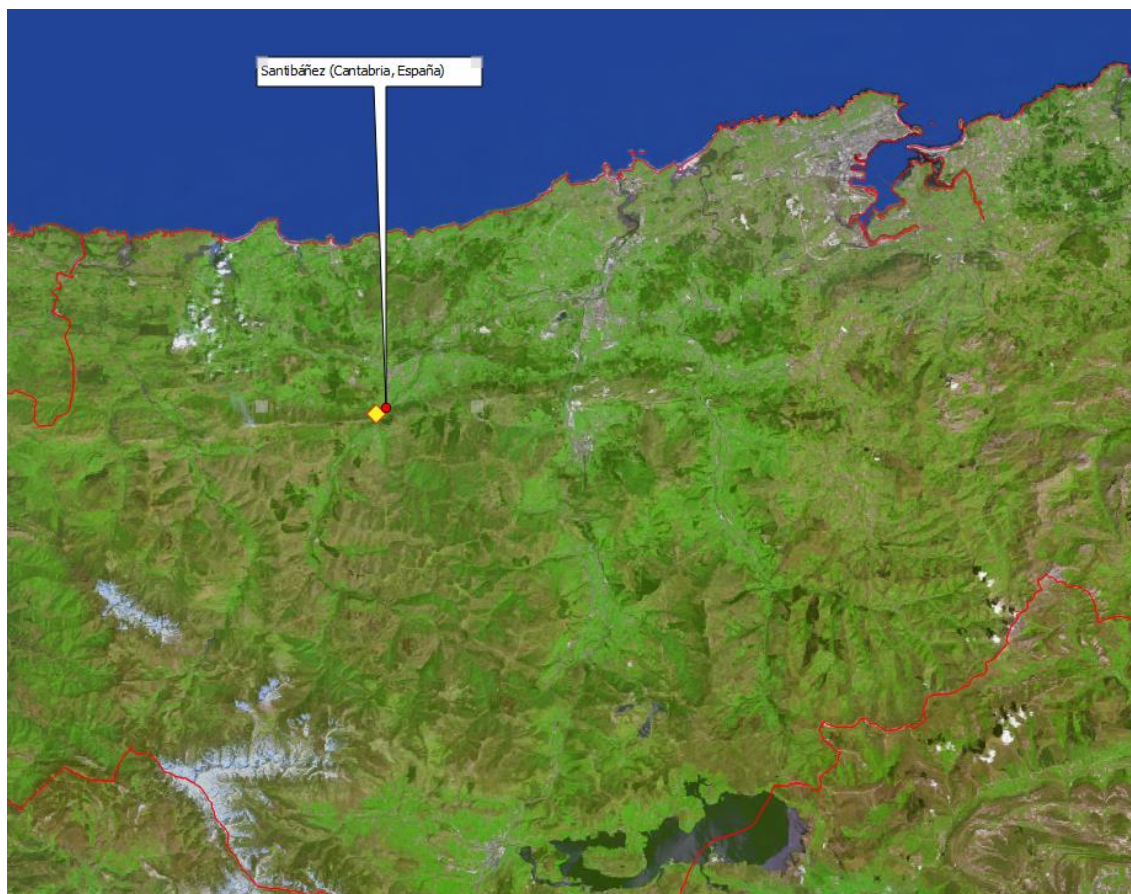
1. Caracterizar la comunidad endófito de cinco especies de pino que han sido inoculados en 2010 con *F. circinatum* ubicados en la cornisa cantábrica.
2. Determinar si el patógeno *F. circinatum* se desarrolló en las especies de pino durante estos años, tanto como hongo endófito como patógeno.
3. Evaluar las técnicas de secuenciación NGS y su eficacia en comparación con los métodos tradicionales de identificación. Determinar si es una técnica apta para la identificación de hongos y caracterización de comunidades endófitas.

### 3. Metodología

La parcela para el experimento fue una parcela en la localidad de Santibañez, situada en Cantabria (España). La zona tiene a grandes rasgos un clima oceánico. El resumen principal de la parcela se adjunta en la Tabla 1.

*Tabla 1. Resumen de las características de las parcelas pertenecientes a la comunidad autónoma de Cantabria. Las coordenadas se corresponden con la referencia geográfica ETRS89 UTM30 zona Norte.*

Datos de parcela experimental	
Localización	Santibañez
Municipio	Cabezón de la Sal
Altitud (m)	340
Pendiente (%)	35
Orientación	N
Precipitación anual (mm)	1166
Temperatura media (°C)	13
Temperatura mínima media (°C)	8
Temperatura media máxima (°C)	18
Coordenada X	398672
Coordenada Y	4792705



**Figura 1.** . Localización de las parcelas en la provincia de Cantabria (delimitación roja centrada en la Figura) con la ortofotografía PNOA de máxima actualidad: Parcela de Santibáñez

### 3.1. Parcela de Santibáñez

La zona descrita alrededor de la parcela de estudio es caracterizada con una fracción de cabida de cubierta de un 90% total, siendo el 80% ocupado por vegetación arbórea. Se corresponde con bosques de plantaciones de *Pinus radiata*, teniendo una representación significativa de las plantaciones que hay presente. La especie acompañante es *Eucalyptus globulus* con una representación menor, siendo otro tipo de especies arbóreas secundarias despreciables. Ambas especies se encuentran en un estado de fustal, con alturas superiores a los 10 metros. Se encuentran especies de matorrales en la zona como tojos (*Ulex* sp.), espinos (*Crataegus* sp.) y zarzales (*Rubus ulmifolius* Schott). Ecosistema dentro del monte arbolado constituido por una estructura de árboles bien solos o acompañados de arbustos y otros vegetales pero con predominio absoluto del estrato arbóreo. El origen de las plantaciones de eucalipto es artificial.

La parcela objeto de estudio es la parcela experimental donde se realizó la inoculación de *F. circinatum* en las especies intencionada para evaluar su desarrollo con él. Alrededor de la zona se realizó una corta de *P. radiata* infectados por el patógeno quedando así un lateral de la parcela descubierta al viento y sin competencia por luz. La parcela se corresponde con una ya establecida en un estudio previo donde se pretendió encontrar especies de coníferas alternativas que fueran resistentes a *F. circinatum*, para el uso en una selvicultura intensiva (Martínez-Álvarez et al., 2014).

La parcela tiene una superficie aproximada de 700 metros cuadrados, con unos bordes de 25x30 metros aproximadamente, localizados sobre una pendiente relativamente elevada en comparación con las parcelas del estudio. La parcela está ubicada sobre el monte en la ladera noreste que tiene el nombre de Canto de las Cruces. La parcela se encuentra rodeada por un vallado de malla metálica con postes de madera con un paso habilitado para acceder a ella. Se seleccionan 13 especies con un potencial desarrollo en la península y con adaptaciones a los climas y suelos de la península. De cada especie se seleccionaron 12 repeticiones. Las plantaciones se desarrollaron en 2009 con plantas en cepellón de una savia realizado por el Gobierno de Cantabria bajo supervisión del equipo de la Universidad de Valladolid, encargado de realizar un estudio en ese momento. Tras cometer su objetivo principal años atrás, se aprovechó estas parcelas para realizar un segundo experimento donde se evalúan las especies tras 9 años de la plantación y su inoculación. En todas las parcelas, antes de la plantación, se realizó la preparación del terreno por parte del Gobierno de Cantabria, las cuales fueron: desbroces, ahoyado manual y plantación manual. El marco de plantación se corresponde con un 2x2 metros (aproximado) adaptándose al terreno en caso de ser necesario. Es decir, en las zonas donde se encontraban impedimentos de plantación tales como rocas, infraestructuras humanas deterioradas, etc., la localización se desplazaba a una zona más ideal. Tras su establecimiento se inocularon con *F. circinatum* (Martínez-Álvarez et al., 2014).

El resultado es que cada plantación está compuesta por 156 localizaciones dentro de la parcela donde a día de hoy, algunas de las plantas ya no existen debido a diferentes causas, entre ellas el efecto del patógeno inoculado, competencia con vegetación espontánea, etc.

### 3.2. Diseño experimental

Todas las plantas escogidas para el experimento anterior fueron coníferas, ya que abarcan, según la información disponible en 2009, la mayor parte de hospedantes de *Fusarium circinatum*. En concreto, se escogieron 13 especies con el fin de encontrar una especie alternativa a *P. radiata* para plantaciones, que fuera capaz de mostrar resistencia y un crecimiento óptimo frente a la invasión del patógeno (Martínez-Álvarez et al., 2014).

Del género *Pinus* se plantaron cinco especies: *Pinus nigra*, *P. pinaster*, *P. radiata*, *P. sylvestris* y *P. uncinata*. Las otras especies escogidas son: *Abies alba*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Cupressocyparis leylandii*, *Picea abies*, *Thuja plicata*, *Sequoiadendron giganteum* y *Cedrus atlantica* y *Pseudotsuga menziesii* (Martínez-Álvarez et al., 2014).

Para este estudio se seleccionaron las 5 especies del género *Pinus*, con el fin de determinar la diversidad taxonómica de las comunidades endófitas tras haber sido inoculadas con *F. circinatum*.

Tabla 2. Especies de pino objeto de este estudio con su respectiva codificación en la parcela utilizada en el experimento de 2009 (Martínez-Álvarez et al., 2014). Se continuará con esta codificación en el estudio.

Género	Especie	Código
<i>Pinus</i>	<i>nigra</i>	Pinnig
	<i>pinaster</i>	Pinpin
	<i>radiata</i>	Pinrad
	<i>sylvestris</i>	Pinsyl
	<i>uncinata</i>	Pinunc

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
F1	Pinpin	Psemen	Pinrad	Pinrad	Pinpin	Abialb MUERTA	Psemen MUERTA	Seqgig	Pinsyl	Cupley	Thupli	Pinig
F2	Cedatl	Pinunc MUERTA	Chalaw	Seqgig	Abialb MUERTA	Seqgig	Chalaw	Pinig	Pinrad MUERTA	Cedatl	Seqgig	Thupli
F3	Thupli	Pinsyl	Thupli	Chalaw	Pinrad MUERTA	Pinunc	Pinrad MUERTA	Pinsyl	Abialb	Abialb	Chalaw	Seqgig
F4	Cupley	Pinig	Pinpin	Thupli (*)	Chalaw	Pinpin	Picabi	Picabi	Cedatl	Pinrad	Psemen	Pinunc
F5	Pinig	Cedatl	Pinig	Picabi	Cupley	Cupley	Cupley	Pinrad MUERTA	Psemen	Pinunc	Cupley	Picabi
F6	Picabi	Pinrad	Seqgig	Cupley	Pinig	Picabi	Pinunc	Cedatl	Pinpin	Pinpin	Picabi	Pinpin
F7	Seqgig	Abialb MUERTA	Psemen	Cedatl MUERTA	Pinunc	Psemen MUERTA	Pinig	Thupli (*)	Cupley	Thupli (*)	Pinunc	Abialb
F8	Abialb	Chalaw	Cupley	Pinig	Psemen (*)	Pinsyl	Pinpin	Pinpin	Pinunc	Pinig	Cedatl	Cedatl
F9	Pinsyl	Pinpin	Abialb MUERTA	Psemen	Picabi	Pinrad MUERTA	Abialb (*)	Cupley	Picabi	Picabi	Abialb	Pinrad MUERTA
F10	Psemen (*)	Picabi	Pinsyl	Pinsyl	Cedatl	Thupli (*)	Pinsyl	Abialb MUERTA	Thupli (*)	Psemen (*)	Pinig	Cupley
F11	Chalaw	Thupli (*)	Pinunc	Pinpin	Seqgig	Pinig	Thupli (*)	Pinunc	Pinig	Seqgig	Pinsyl	Psemen
F12	Pinunc	Cupley	Cedatl	Pinunc	Pinsyl	Chalaw (*)	Cedatl	Chalaw	Chalaw	Pinsyl	Pinrad MUERTA	Pinsyl
F13	Pinrad MUERTA	Seqgig	Picabi	Abialb	Thupli (*)	Cedatl	Seqgig	Psemen	Seqgig	Chalaw	Pinpin	Chalaw

**Figura 2.** Distribución de las especies en la parcela de Santibañez. Las especies marcadas con un asterístico (\*) se corresponden a daños causados por un agente ajeno a *Fusarium circinatum*. Las especies marcadas con doble asterístico se corresponden a errores cometidos

### 3.3. Toma de datos

Para la toma de datos se tuvo en cuenta si el árbol estaba vivo o muerto. Se anotó la columna y la fila quedando identificada esa posición. La toma de datos se realizó en diferentes días a lo largo del otoño de 2017, el invierno de 2018 y la primavera de 2018, momento en el cual la actividad vegetativa es menor y la sintomatología presentada en las especies como los chancros está estancada, sin presentar evolución.

En la toma de datos de la parcela de Santibañez, primeramente se tomaron los datos de las alturas en centímetros, la longitud de copa viva a través de la altura a primera rama viva en centímetros para poder elaborar el desarrollo de la copa viva que ha tenido el individuo a lo largo del tiempo, si estaban muertos, vivos o desaparecidos y observaciones que podían abarcar desde chancros o resinaciones hasta defoliaciones, decoloraciones y/o bolsones de procesionaria así como sus detritus (*Thaumtopoea pytiocampa*). Posteriormente se tomaron los diámetros en los cuellos de la raíz de cada individuo en y una recogida de muestras de las especies *P. radiata*, *P. pinaster*, *P. uncinata*, *P. sylvestris* y *P. nigra*. Más adelante se tomaron los datos referentes a daños en copa, defoliación, ramillos rojos, decoloración y el porcentaje de estos datos; y daños en trono: número de chancros, lagrimeo, daño por insectos, en todas las especies

presentes en la parcela de estudio con el fin de evaluar su estado tras la inoculación de *F. circinatum*.

### 3.4. Procesamiento de muestras

#### 3.4.1. Toma de muestras

A continuación se desglosan las muestras obtenidas en cada parcela del muestreo:

- *Pinus radiata*: 4 individuos vivos que quedaban en la parcela de Santibáñez tomando muestras a distintas alturas: 15 cm, 65 cm, 115 cm, 165 cm y a 200 cm un ramillo más cercano representativo.
- *Pinus pinaster*: 4 individuos vivos seleccionados aleatoriamente en función de la disponibilidad por mostrar daños representativos de *Fusarium circinatum*, tomando muestras a distintas alturas siguiendo el mismo criterio que con *Pinus radiata*.
- *Pinus sylvestris*, *Pinus uncinata* y *Pinus nigra*: 4 individuos seleccionados aleatoriamente en función de la disponibilidad de cada uno que mostraran sintomatología o algún daño aunque no se asociara a *Fusarium circinatum* (caso de *Pinus uncinata*). Las muestras se tomaban a una altura de 15 centímetros.

Todas las muestras se tomaron en la dirección de la cara del pino ubicada aguas abajo, zona donde se inoculó el patógeno en el experimento inicial (Martínez-Álvarez et al., 2016, 2014). Para empezar, se midieron las alturas adecuadas con un metro tomando la referencia de donde tomar la muestra. Seguidamente, se utilizaron un descortezador con el que se raspaba hasta llegar al floema, eliminando toda la corteza, y una vez llegado al tejido vivo se realizaba un corte transversal al tronco cogiendo parte de tejido vivo y se introdujo en un sobre donde se etiquetaba con el respectivo código de la muestra. Después se sellaba la herida con un cicatrizante con cobre en su fórmula química. Los ramillos se cogieron siempre orientados desde aguas abajo hacia la izquierda y más cercanos a la altura de 200 cm. El ramillo se cogió lo más cercano a la yema terminal y se eliminaban las acículas y se troceaba el ramillo. Entre muestra y muestra se realizaba una desinfección del material con alcohol de 96° frotando con papel.

Para la codificación de las muestras recogidas, se elegía la especie a la cual se estableció un código que se correspondía con las tres primeras letras del género y las



tres primeras de la especie, quedando tal que así: Pinrad, Pinpin, Pinunc, Pinsyl, Pinnig; se continuaba con FxCy donde “x” es el número de fila e “y” es el número de columna a la que pertenece la especie y luego un número que se corresponde con la altura de la muestra: 1.-15 cm, 2.-65cm, 3.-115 cm, 4.-165 cm, 5.-200 cm (ramillo). Quedando un ejemplo tal que así: Pinpin F1C1 1, correspondiéndose a la especie *Pinus pinaster* de la hipotética fila 1 y la hipotética columna 1 a 15 centímetros de altura.

Las muestras se guardaron en una nevera con hielo que aseguraba un clima frío en condiciones de mantenerse hasta ser medidas en un congelador. Posteriormente las muestras fueron guardadas en un frigorífico a 4°C.



**Figura 3.** Material cicatrizante y su aplicación en la herida

### **3.4.2. Preparación de las muestras**

Las muestras se trocearon y se introdujeron en tubos Eppendorf de un volumen aproximado de 2 mm para su posterior trituración. Para realizar todo el troceado se utilizaron los siguientes instrumentos: bisturí, pinzas, cuchillas, placas, papel esterilizado, alcohol, mechero de alcohol de laboratorio, papel, tubos Eppendorf, plaquilla y bolígrafo permanente.

Los pasos en la metodología de preparación de muestras son los siguientes: primero se preparó la mesa de trabajo colocando papel esterilizado en la superficie como base para trabajar y se colocaba todo el material. Se utilizaron las tapaderas de las placas como soporte para trabajar sobre el papel esterilizado y se trajeron los sobres. Con el mechero y el alcohol se esterilizaba el material y se extraía del sobre la muestra de madera y se colocaba sobre la placa donde con las pinzas se sujetaba y con las cuchillas y los bisturís se troceaban en pedazos pequeños. Tras realizar el corte se introducían los trozos pequeños en un tubo Eppendorf creando dos copias por muestra. Se cerraba y se etiquetaba con el mismo código arriba en la tapadera y en el lateral con el bolígrafo permanente y se colocaban en la gradilla de manera ordenada. Entre muestra y muestra se esterilizaba todo el material con el alcohol y con el papel.

Tras realizar todo el troceado y catalogado en tubos Eppendorf se colocaron en un liofilizador donde estuvo un periodo entorno a las 36 horas a una presión de 3,5 milibares y a una temperatura de -54°C. Esto permitió su secado.



**Figura 4.** Proceso de liofilizado de muestras vegetales.

Pasado el tiempo, las muestras se extrajeron del liofilizador y se procedió a pulverizarlas convirtiendo los fragmentos de las muestras en fino polvo. Para ello se procedió a introducir en cada tubo Eppendorf un par bolas metálicas. Posteriormente se colocaron en recipientes de seguridad que se introdujeron en un disruptor de tejidos que se encarga de agitar a elevadas revoluciones por segundo los tubos con las bolas imantadas a 30 revoluciones por segundo durante dos intervalos de 30 segundos con un tiempo de descanso entre los intervalos de 60 segundos para evitar el sobrecalentamiento y que el ADN se degradara. Tras la pulverización se obtenía en cada Eppendorf un producto final pulverizado junto con dos bolas metálicas imantadas. Para la extracción de las bolas imantadas se usó, bajo condiciones asépticas, un imán que se iba desinfectando entre muestra y muestra.

Una vez obtenida las muestras finales se realizó un cambio de codificación que se basó en lo siguiente: la primera letra mayúscula corresponde con la inicial de la especie del individuo, seguido de un número que identifica al individuo y que reúne los datos de columna y fila, seguido de una letra minúscula que indica la altura en la que ha sido tomada la muestra o si ha sido control siendo la numeración tal que así:

- 15 centímetros: a.
- 65 centímetros: b.
- 115 centímetros: c.
- 165 centímetros: d.
- 200 centímetros o diámetro: e.
- Control: f.

De tal manera que un ejemplo quedaría de la siguiente forma: “R1a siendo *Pinus radiata* de la columna y fila correspondiente al número 1 de los *Pinus radiata* a una altura de 15 centímetros en vertical”. Las muestras se guardaron en una rejilla y se colocaron en el congelador a -20°C para su conservación y posterior recogida de la empresa que se encargará de realizar la extracción del ADN. Para el siguiente estudio solo se utilizaron la muestra recogida a 15 centímetros (a) de todas las especies pinos con sus respectivas repeticiones. Las muestras fueron enviadas a Biome Makers para su análisis mediante técnicas de Next Generation Sequencing (NGS).

Biome Makers (<https://biomemakers.com/>) utilizó la tecnología de secuenciación de amplificaciones basada en ITS y los análisis se realizaron utilizando la plataforma WineSeq® (número de publicación de patente: WO2017096385, Biome Makers). El ADN de la muestra se purificó utilizando el kit de aceite Dneasy Powerlyzer (Qiagen). La región ITS1 se amplificó usando cebadores personalizados WineSeq® (patente WO2017096385). Las lecturas se generaron con la secuencia de finalización apareada de 2x301 pb con una plataforma Illumina MiSeq (Illumina, San Diego, CA, EE. UU.).

Se utilizaron unos itinerarios de trabajo de bioinformática personalizada (Patente WO2017096385, Biome Makers) para eliminar el adaptador. Después de eso, las lecturas se recortaron por calidad y los clústeres OTU se realizaron con un 97% de identidad. La asignación de taxonomía y la estimación de la abundancia se obtuvieron comparando los grupos de la Unidad Taxonómica Operativa (OTU) obtenidos con la base de datos de taxonomía WineSeq® (Patente WO2017096385). Las secuencias obtenidas fueron comparadas con la base de datos de WineSeq® para determinar las especies fúngicas a las que correspondían tales secuencias. Las lecturas se generaron usando pares de secuencias de 2 x 301bp (pares de bases) con la plataforma Illumina MiSeq. La asignación taxonómica y las estimaciones de las abundancias para cada taxón se obtuvieron comparando los clusters de los OTUs registrados en la base de datos taxonómica de WineSeq®. La secuenciación fue realizada mediante la plataforma

Illumina HiSeq 2500 v4 DNA Sequencer, que está formada por los siguientes componentes

### **3.5. Procesado de los valores obtenidos**

De todos los datos tomados se decidió trabajar únicamente con los datos obtenidos del análisis NGS de las muestras a 15 centímetros de las 5 especies de pinos de las cuatro muestras por especie de pino escogidas. Se reservarán para futuros estudios los datos tomados de los daños en copa, daños en tronco, daños por especies y variables dasométricas tomadas.

Para realizar la interpretación de los valores se realizaron dos líneas de procesado de datos. La primera línea, se analizó a través del índice de Mau-Tao las curvas de rarefacción en cada especie de pino, a través del programa informático Estimates® (Colwell, Mao, & Chang, 2005; Delgado, 2012). Las curvas de rarefacción permiten caracterizar el esfuerzo de muestreo como suficiente o no suficiente de cara a recoger y representar toda la riqueza taxonómica de la comunidad endófito.

Continuadamente, se realizó la caracterización de comunidades a través de varios índices: diversidad de Shannon, equitatividad de Shannon, riqueza taxonómica, similitud entre comunidades de Jaccard y Sorensen (Zak & Willig, 2004) e índice de Dominancia de Camargo (Camargo, 1993; Muñoz-Adalia et al., 2017).

### **3.6. Cálculos de caracterización de comunidades**

Para la caracterización de las comunidades endófitas de cada especie de pino se recurrió a una serie de índices mencionados en el punto 3.5. Dichos índices aportan unos valores que son comparables entre las distintas especies de pino, atribuyendo valores y clasificando la comunidad en función de diversos factores. Los valores caracterizados son la riqueza de taxones, la diversidad de taxones, la equitatividad de taxones, la dominancia de taxones y la curva de rarefacción. Los resultados de cada especie de pino se han hecho a partir de las medias y sumas de las 4 submuestras que conforman cada especie de pino.

La curva de rarefacción se computó usando los estimadores Mau-Tao de biodiversidad (Colwell et al., 2005; Delgado, 2012), a través del programa Estimates. Se calcularon los intervalos de confianza superiores e inferiores de un 95% de confianza. La riqueza de taxones puede clasificarse en tres tipos: riqueza numérica de taxones, variedad de

taxones y riqueza total de taxones. La escala de riqueza taxonómica utilizada es a nivel de comunidad endófito. En este caso se calcula la riqueza numérica de especies en forma de abundancia relativa junto con la desviación estándar. Para los índices de diversidad se utilizaron las ecuaciones de Shannon de diversidad y de equitatividad (Muñoz-Adalia et al., 2017; Zak & Willig, 2004). Para poder observar la dominancia de los taxones, tal y como recogen Muñoz-Adalia et al (2017) se recurrió a el índice de dominancia (Camargo, 1993). En lo respectivo a la similitud, se recurrió a los índices de Jaccard y Sorensen para evaluar el grado de similitud que presentaban las comunidades endófitas. El índice de Sorensen otorga más importancia a las presencias conjuntas, cuyos valores oscilan entre 0 y 1. El índice de similitud según el índice de Jaccard tiene en cuenta el número de taxones comunes dentro de dos especies de pino respecto al total de las especies presentes en ambos pinos. Los valores oscilan entre 0 y 1 (Zak & Willig, 2004).

Tabla 3. Ecuaciones utilizadas en el estudio en la caracterización de comunidades de endófitos junto con su descripción

Índice	Ecuación	Descripción
<i>Diversidad según Shannon (H')</i>	$H' = -\sum p_i \times \ln(p_i)$	“pi” proporción de individuos en abundancia relativa.
<i>Equitatividad según Shannon (E)</i>	$E = H' / \ln S$	“(H)” diversidad de Shannon. “S” riqueza de taxones
<i>Dominancia de Camargo</i>	$Dominante = p_i > \frac{1}{S}$	“pi” proporción de individuos en abundancia relativa. “S” riqueza de taxones

Tabla 4. Ecuaciones utilizadas en el estudio en la caracterización de comunidades de endófitos junto con su descripción (Continuación)

Índice	Ecuación	Descripción
Similitud según Jaccard (JI)	$JI = \frac{j}{a + b - j}$	“j” número de especies en común entre ambas muestras. “a” especies de la muestra A. “b” especies de la muestra B.
Similitud según Sorenson (SI)	$SI = 2 \times j / (a + b)$	“j” número de especies en común entre ambas muestras. “a” especies de la muestra A. “b” especies de la muestra B.

### 3.7. Análisis estadístico

La segunda línea de tratamiento de datos se realizó con el programa Rstudio, en lenguaje de programación R. Se empezó por el procesado de datos manual, eliminando mediante un cribado de los datos aquellos taxones que solo se mostraban una o dos veces en todas las muestras. De esta manera, se consideró que el esfuerzo del cálculo fue adecuado para los objetivos buscados. No se pretende analizar los taxones menos frecuentes.

Se realizó un ANOVA univariante y posteriormente uno multivariante, donde previamente se comprobó la normalidad con el test Shapiro-wilk y la homogeneidad de la varianza a través del test Kolmogorov y Barlett. Cuando se cumplían las condiciones, se realizaba un test de comparaciones múltiples de Tukey Post. Cuando la varianza no respondía a la normalidad se utilizaron métodos robustos WRS2 en ANOVA. Se eliminaron los outlier encontrados atribuidos a valores anormales explicados por alguna errata posible cometida. Tras realizar la ANOVA, se comprobó el valor p (Fisher) respecto al valor establecido 0,05. Se continuó con un test de comparaciones múltiples Tukey HSD, para encontrar los valores significativos. Se finalizó con un método de

comparación NMDS (Non Metric Dimensional Scaling) en un gráfico con índices de similitud de Bray-Curtis.

Por último, se realizó un análisis multivariante mediante NMDS (Non-Metric multiDimensional Scaling) y MRPP (Multi-Response Permutation Procedures) con el paquete “Vegan” (Oksanen et al., 2015), para identificar las asociaciones de las comunidades fúngicas en función de la especie muestreada. NMDS fue llevado a cabo usando la distancia de Bray-Curtis y la ordenación espacial fue creada con metaMDS. Mediante MRPP se testó la hipótesis nula de la falta de diferencias en las comunidades fúngicas en función de la altura. Para MRPP se utilizó la disimilitud de Bray-Curtis con 1000 permutaciones.



## 4. Resultados

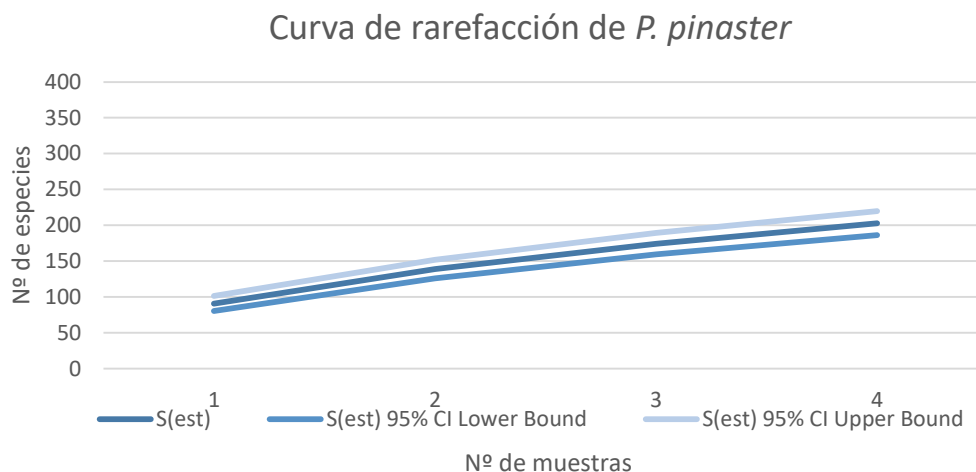
### 4.1. Caracterización de comunidades

Se considera que la caracterización de cada comunidad endófito con cada especie de pino que ha sido objeto de este estudio es necesaria. Cada especie de pino alberga una comunidad de hongos endófitos que han sido identificados en cada uno de los muestreos. De esta manera, se permite caracterizar cada comunidad y poder realizar una comparativa más adelante entre las muestras pertenecientes a una misma especie de pino y entre la comunidad endófito de cada pino, permitiendo discutir los resultados.

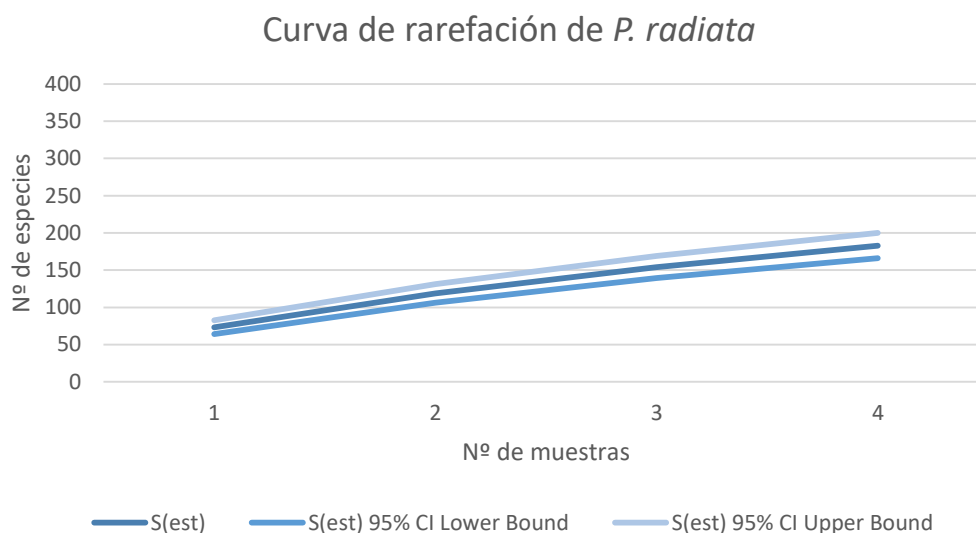
#### 4.1.1. Riqueza de taxones

La riqueza de taxones hace referencia al número de especies asociados a una muestra tomada de cada especie de pino. La curva de rarefacción de *P. pinaster* tiende a tener una pequeña tendencia asintótica ligeramente notable en la muestra número 4. La curva de rarefacción de *P. radiata* se aprecia un comportamiento asintótico desde la segunda muestra. La curva de rarefacción de *Pinus sylvestris* tiende a ser asintótica desde la segunda muestra. La misma situación se da para la especie *P. uncinata* y la especie *P. nigra*. *P. pinaster* es la especie que mayor asintotía ha presentado en su curva, frente al resto de especies, las cuales tienen tendencias asintóticas evidentes pero no tan marcadas como *P. pinaster*.

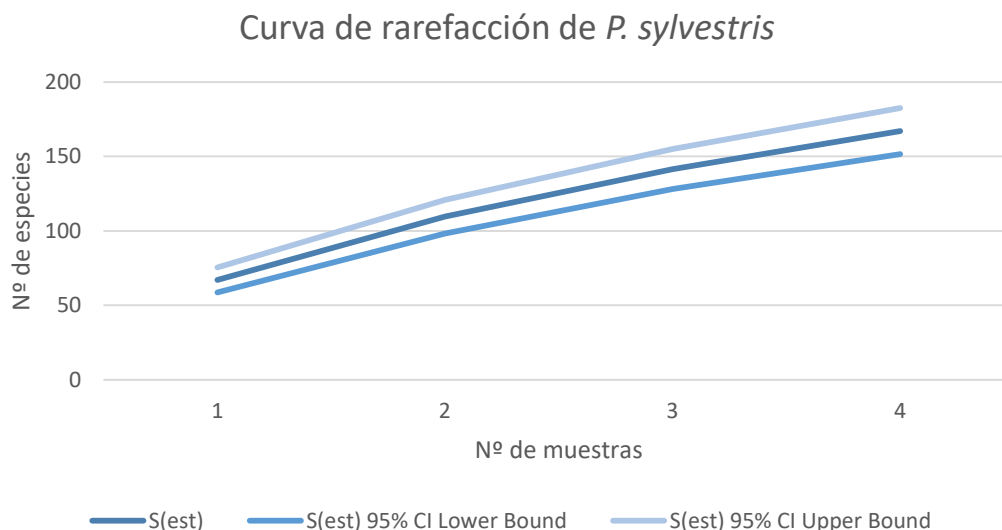
La especie de pino que mayor riqueza de taxones ha presentado ha sido *Pinus uncinata* (368 taxones), seguido de *Pinus nigra* (204 taxones), *Pinus pinaster* (203 taxones), *Pinus radiata* (182 taxones) y *Pinus sylvestris* (166 taxones). *Pinus uncinata* ha doblado en número de taxones presentes a *Pinus sylvestris*, mientras las otras tres especies se han quedado en valores en torno a los 200 taxones.



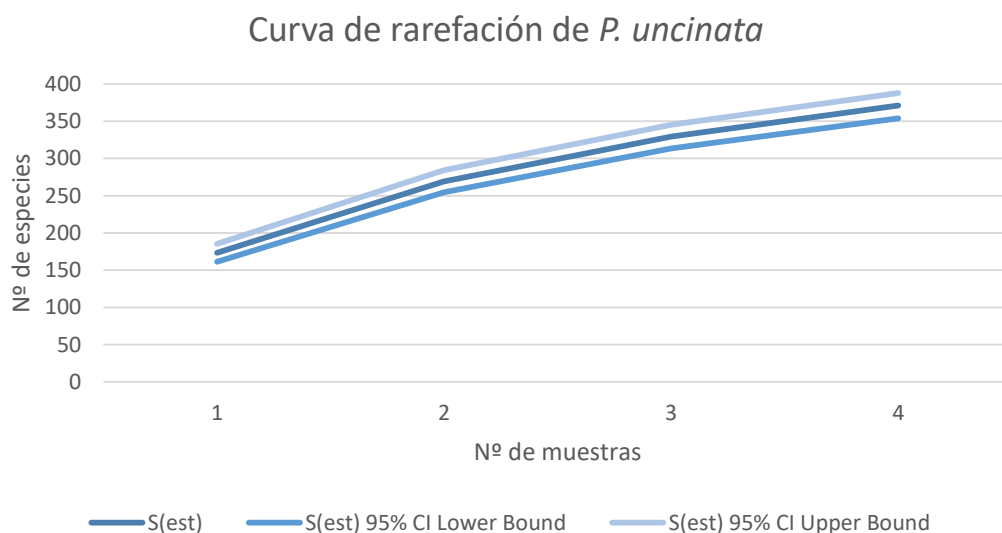
**Figura 5.** Curva de rarefacción según la ecuación establecida por Mau-Tao. Siendo S (est): valor promedio, S (esto95%) CI Lower Bound: intervalo de confianza al 95 % por debajo del valor promedio; S (est)95% CI Upper Bound: intervalo de confianza al 95 % por encima del valor promedio. Especie: Pinus pinaster.



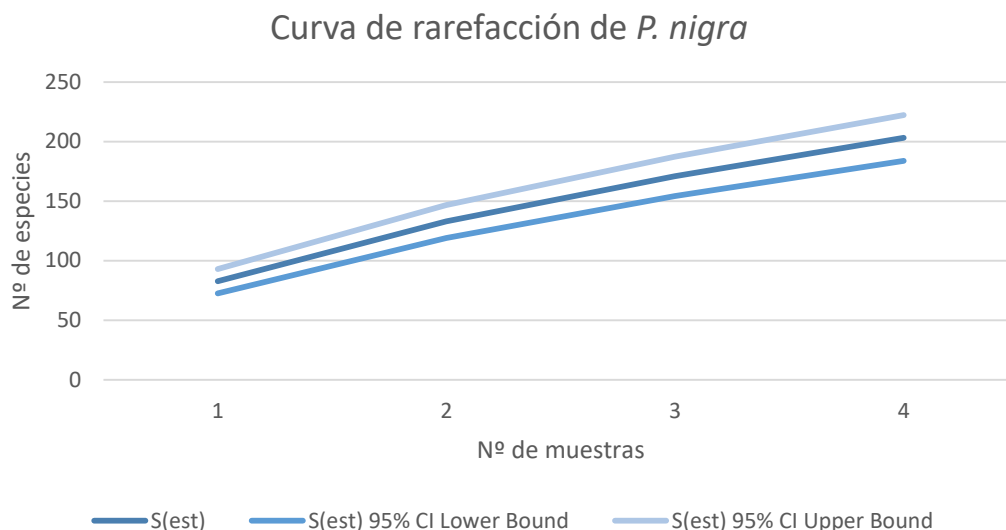
**Figura 6.** Curva de rarefacción según la ecuación establecida por Mau-Tao. Siendo S (est): valor promedio, S (esto95%) CI Lower Bound: intervalo de confianza al 95 % por debajo del valor promedio; S (est)95% CI Upper Bound: intervalo de confianza al 95 % por encima del valor promedio. Especie: Pinus radiata.



**Figura 7.** Curva de rarefacción según la ecuación establecida por Mau-Tao. Siendo S (est): valor promedio, S (esto95%) CI Lower Bound: intervalo de confianza al 95 % por debajo del valor promedio; S (est)95% CI Upper Bound: intervalo de confianza al 95 % por encima del valor promedio. Especie: Pinus sylvestris.



**Figura 8.** Curva de rarefacción según la ecuación establecida por Mau-Tao. Siendo S (est): valor promedio, S (esto95%) CI Lower Bound: intervalo de confianza al 95 % por debajo del valor promedio; S (est)95% CI Upper Bound: intervalo de confianza al 95 % por encima del valor promedio. Especie: Pinus uncinata.



**Figura 9.** Curva de rarefacción según la ecuación establecida por Mau-Tao. Siendo S (est): valor promedio, S (esto95%) CI Lower Bound: intervalo de confianza al 95 % por debajo del valor promedio; S (est)95% CI Upper Bound: intervalo de confianza al 95 % por encima del valor promedio. Especie: *Pinus nigra*.

#### 4.1.2. Diversidad de taxones

Los resultados obtenidos en cuanto a diversidad de taxones, equitatividad y dominancia se resumen a continuación.

Los resultados obtenidos indican que la especie *P. pinaster* tiene un mayor valor de diversidad de taxones frente al resto de especies. Le sigue de cerca *P. radiata*, continuando con *P. nigra*, *P. uncinata* y *P. sylvestris*. En cuanto a equitatividad la especie con un mayor valor es *P. radiata*, seguida de *P. pinaster*, continuando con *P. nigra*, *P. sylvestris* y *P. uncinata*. La especie que más dominancia ha presentado en su subconjunto de muestras ha sido *P. pinaster*, seguida de *P. uncinata*, *P. radiata*, *P. nigra* y *P. sylvestris*, siendo el mismo orden para el número de especies dominantes en total presentes en cada especie de pino sumando los taxones de endófitos. El número de especies mayor observado ha sido en *P. uncinata*, seguido de *P. pinaster*, *P. nigra*, *P. radiata* y *P. sylvestris*.

Los taxones con mayor representatividad en las cinco especies de pino han sido: *Alternaria alternata*, *Pleospora herbarum*, *Cryptococcus terreus*, *Cladosporium shpaerospermum*, *Mycena* sp., *Cryptococcus diffluens*, *Plidium concavum*, *Botrytis cinérea*, *Cryptococcus aerius*, *Psathyrella candolleana*, *Epicoccum nigrum*, *Cladosporium halotolerans*, *Lachnum virgineum*, *Malassezia restricta*,

*Stagonosporopsis dorenboschii*, *Filobasidium floriforme*, *Meyerozyma guilliermondii*, *Cryptococcus victoriae*, *Aureobasidium pullulans*, *Peyronellaea calorpreferens*, *Pichia kluyveri*, *Mortierella* sp., *Leptosphaeria* sp., *Venturia* sp., *Cadophora luteo-olivacea*, *Penicillium lapidosum*, *Cryptococcus podzolicus*, *Nakazawaea ishiwadae*, *Uncinula necator* y *Lecythophora fasciculata*. Se evaluó la representatividad de los taxones para ser mostrados en el presente estudio, debido a la gran cantidad de taxones presentes. Se muestran los taxones más representativos, estableciendo como un taxón representativo aquel que presenta un valor medio, entre todas las muestras, de abundancia relativa capaz de mostrar unos valores determinantes en el presente estudio.

De todos los taxones con mayor representatividad en las cinco especies de pino, *Alternaria alternata* ha sido quien ha tenido un mayor porcentaje de abundancia relativa en todas las especies de pino, seguido de *Pleospora herbarum*, *Cryptococcus terreus* y *Cadosporium sphaerospermum*. De estas cuatro especies, la que más desviación estándar presenta se corresponde con *Pleospora herbarum*, seguido de *Alternaria alternata*. El resto de taxones no han mostrado valores tan altos como estos cuatro, y en algunos casos no se han encontrado en todas las especies de pino.

Tabla 5. Abundancia relativa en porcentaje de los taxones más repetidos y representativos por especie de pino junto con su desviación estándar. Los valores “-” responden a que no se ha hallado el taxón en la especie de pino correspondiente. Los valores “0.00” hacen alusión a un valor en porcentaje inferior a 0,01. S Na: Desviación estándar de *Pinus nigra*; S Pa: desviación estándar de *Pinus pinaster*; S Ra: desviación estándar de *Pinus radiata*; S Sa: desviación estándar de *Pinus sylvestris*; S Ua: desviación estándar de *Pinus uncinata*.

Código	<i>Pinus nigra</i>	S Na	<i>Pinus pinaster</i>	S Pa	<i>Pinus radiata</i>	S Ra	<i>Pinus sylvestris</i>	S Sa	<i>Pinus uncinata</i>	S Ua
Altenat a	15,58	±1,19	6,01	±0,89	13,72	±0,97	1,65	±0,41	7,91	±1,83
Pleoar um	7,41	±1,72	3,18	±0,65	8,87	±2,23	7,54	±1,92	3,75	±1,43
Crypre us	10,97	±3,92	2,50	±0,45	6,26	±0,40	0,91	±0,43	0,84	±0,24

Tabla 5. Abundancia relativa en porcentaje de los taxones más repetidos y representativos por especie de pino junto con su desviación estándar. Los valores “--” responden a que no se ha hallado el taxón en la especie de pino correspondiente. Los valores “0,00” hacen alusión a un valor en porcentaje inferior a 0,01. S Na: Desviación estándar de *Pinus nigra*; S Pa: desviación estándar de *Pinus pinaster*; S Ra: desviación estándar de *Pinus radiata*; S Sa: desviación estándar de *Pinus sylvestris*; S Ua: desviación estándar de *Pinus uncinata*. (Continuación)

Código	<i>Pinus nigra</i>	S Na	<i>Pinus pinaster</i>	S Pa	<i>Pinus radiata</i>	S Ra	<i>Pinus sylvestris</i>	S Sa	<i>Pinus uncinata</i>	S Ua
<b>Cladrum</b>	8,82	±1,33	0,67	±0,16	0,87	±0,12	5,70	±1,11	1,41	±0,59
<b>Mycesp.</b>	0,00	±0,00	--	--	0,00	±0,00	--	--	13,75	±6,85
<b>Crypue</b> <b>ns</b>	--	--	0,00	±0,00	--	--	6,10	±0,00	5,73	±2,86
<b>Piliavum</b>	0,00	±0,00	--	--	0,00	±0,00	--	--	10,72	±3,38
<b>Botrea</b>	1,80	±0,41	4,92	±1,48	0,70	±0,08	1,37	±0,59	1,85	±0,75
<b>Cryprios</b>	1,13	±0,49	2,92	±0,48	4,18	±1,15	1,18	±0,29	0,87	±0,30
<b>Psateana</b>	--	--	3,51	±1,75	4,37	±0,00	0,00	±0,00	2,37	±1,18
<b>Epicrum</b>	0,05	±0,02	6,75	±2,31	1,71	±0,66	0,00	±0,00	1,50	±0,50
<b>Cladras</b>	4,55	±1,29	1,11	±0,22	0,70	±0,13	2,00	±0,54	1,47	±0,62
<b>Lachneum</b>	0,01	±0,00	0,00	±0,00	0,00	±0,00	9,37	±0,00	0,00	±0,00
<b>Malaicta</b>	0,85	±0,00	0,46	±0,23	0,92	±0,37	6,72	±2,86	0,04	±0,01
<b>Stagchii</b>	3,93	±1,22	3,06	±0,43	1,64	±0,45	0,00	±0,00	0,07	±0,01
<b>Filorme</b>	0,07	±0,04	0,13	±0,06	0,48	±0,00	3,78	±1,89	3,63	±1,56
<b>Meyendii</b>	2,22	±0,51	2,34	±0,83	0,51	±0,05	2,16	±0,54	0,02	±0,01

Tabla 5. Abundancia relativa en porcentaje de los taxones más repetidos y representativos por especie de pino junto con su desviación estándar. Los valores “--” responden a que no se ha hallado el taxón en la especie de pino correspondiente. Los valores “0.00” hacen alusión a un valor en porcentaje inferior a 0,01. S Na: Desviación estándar de *Pinus nigra*; S Pa: desviación estándar de *Pinus pinaster*; S Ra: desviación estándar de *Pinus radiata*; S Sa: desviación estándar de *Pinus sylvestris*; S Ua: desviación estándar de *Pinus uncinata*. (Continuación)

Código	<i>Pinus nigra</i>	S Na	<i>Pinus pinaster</i>	S Pa	<i>Pinus radiata</i>	S Ra	<i>Pinus sylvestris</i>	S Sa	<i>Pinus uncinata</i>	S Ua
<b>Cryprieae</b>	0,00	±0,00	0,00	±0,00	0,00	±0,00	2,86	±0,00	3,91	±1,69
<b>Aurelans</b>	0,13	±0,06	0,89	±0,18	1,27	±0,35	3,74	±0,86	±0,56	±0,10
<b>Peyrrems</b>	0,00	±0,00	1,30	±0,25	0,99	±0,22	4,06	±1,01	±0,00	±0,00
<b>Pichverri</b>	5,53	±0,95	0,00	±0,00	--	--	0,71	±0,34	0,02	±0,00
<b>Mortsp.</b>	0,59	±0,30	0,80	±0,19	1,66	±0,46	2,30	±0,58	0,56	±0,22
<b>Leptsp.</b>	0,00	±0,00	1,30	±0,65	2,52	±0,00	0,00	±0,00	1,63	±0,82
<b>Ventsp.</b>	--	--	0,23	±0,00	--	--	4,66	±1,65	0,37	±0,13
<b>Cadoacea</b>	0,00	±0,00	1,18	±0,59	1,94	±0,97	0,00	±0,00	2,04	±0,64
<b>Peniosum</b>	0,88	±0,28	2,93	±0,71	1,26	±0,22	0,06	±0,03	0,05	±0,01
<b>Crypticus</b>	0,00	±0,00	2,42	±0,48	2,69	±0,30	0,00	±0,00	0,05	±0,01
<b>Nakadae</b>	--	--	2,43	±0,00	0,00	±0,00	2,71	±0,17	0,00	±0,00
<b>Unciator</b>	0,00	±0,00	1,10	±0,30	0,88	±0,18	3,13	±1,57	0,02	±0,00
<b>Lecylata</b>	1,31	±0,62	3,66	±1,09	0,00	±0,00	0,00	±0,00	0,02	±0,00

Tabla 6. Tabla resumen donde aparecen los valores del valor de diversidad según la ecuación de Shannon, el valor de la equitatividad según Shannon, la dominancia media por especie y el número de especies endófitas dominantes por especie de pino.

	<i>Pinnig</i>	<i>Pinpin</i>	<i>Pinrad</i>	<i>Pinsyl</i>	<i>Pinunc</i>
<b>Valor medio de diversidad de Shannon</b>	2,73	3,13	3,10	2,43	2,62
<b>Valor medio de equitatividad de Shannon</b>	0,62	0,70	0,73	0,59	0,52
<b>Proporción taxones dominantes / total de taxones por individuo de hospedante</b>	0,21	0,23	0,18	0,13	0,20
<b>Nº de especies dominantes</b>	71	92	73	55	80

### 4.1.3. Dominancia taxonómica por especie de pino

A continuación se muestra las especies dominantes endófitas dentro de cada especie de pino. No se considera oportuno presentar en este documento las especies de hongos no dominantes, entendiendo que las especies de hongos no presentes en las siguientes tablas no son dominantes.

La cantidad de taxones dominantes en el 100% de las muestras por especie de pino es muy variable, encontrando valores muy dispares. Es el caso de *Pinus sylvestris*, que solo ha presentado dos especies dominantes en el 100 % de las muestras tomadas.



#### 4.1.3.1. Resultados para *Pinus nigra*

Atendiendo a la tabla, se puede observar que de todas las especies halladas en la especie *P. nigra*, las especies que han sido dominantes en la totalidad de los casos de las muestras recogidas son *Alternaria alternata*, *Botrytis cinérea*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Gibberella intricans* y *Pleospora herbarum*.

Tabla 7. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. nigra* inoculado con *F. circinatum*.

Código	Dominancia	Código	Dominancia
Altenata	100%	Holtrmis	25%
Botrerea	100%	Humi sp.	25%
Cladides	100%	Humiisea	25%
Cladrmum	100%	Hydrcons	25%
Gibbcans	100%	Hygrnica	25%
Pleoarum	100%	Hyphosae	25%
Cladarum	75%	Hypoidis	25%
Cladrans	75%	Kazaderi	25%
Crypidus	75%	Kazazzii	25%
Meyendii	75%	Lachneum	25%
Pichveri	75%	Lachrans	25%
Stagchii	75%	Lecylata	25%
Step sp.	75%	Lewioria	25%
Wallsebi	75%	Malaalis	25%
Acre sp.	50%	Malaicta	25%
Arth sp.	50%	Metaoria	25%
Bretnsis	50%	Metsrima	25%
Candvini	50%	Microdp.	25%
Crypreus	50%	Monorina	25%
Fusaatum	50%	Mort sp.	25%
Fusaicum	50%	Mortgata	25%
Peniosum	50%	Mortigua	25%

Tabla 7. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. nigra* inoculado con *F. circinatum*. (Continuación)

Código	Dominancia	Código	Dominancia
Pichtans	50%	Mortstis	25%
Stacarum	50%	Neon sp.	25%
Volu sp.	50%	Paecveus	25%
Xyla sp.	50%	Paraglp.	25%
Acreatum	25%	Peniense	25%
Altellae	25%	Peninsum	25%
Arti sp.	25%	Peniorum	25%
Aspedami	25%	Phialina	25%
Aspeiger	25%	Phom sp.	25%
Aurelans	25%	Pichiens	25%
Cephrrae	25%	Podolosa	25%
Cladllum	25%	Preutica	25%
Clav sp.	25%	Pter sp.	25%
Clonosea	25%	Pyreenae	25%
Coprpora	25%	Rhinilis	25%
Cort sp.	25%	Rhodhiaie	25%
Crypgnus	25%	Saccsiae	25%
Cryptoi	25%	Sage sp.	25%
Crypnae	25%	Schinans	25%
Crypnnii	25%	Scleorum	25%
Crypnsis	25%	Scol sp.	25%
Crypovii	25%	Seba sp.	25%
Cryprius	25%	Sporella	25%
Epicgrum	25%	Tetr sp.	25%
Erytanum	25%	Tetranum	25%
Filoorme	25%	Toruckii	25%
Geom sp.	25%	Trecrens	25%
Gibe sp.	25%	Ulocarum	25%
Wickalus	25%	Veroplex	25%

#### 4.1.3.2. Resultados para *Pinus pinaster*

Una situación similar a *P. nigra* se da con la especie de pino *P. pinaster*. Las especies que han sido dominante en la totalidad de los casos de las muestras recogidas son *Alternaria alternata*, *Aspergillus piperis*, *Botrytis cinerea*, *Cryptococcus terreus*, *Cryptococcus podzolicus*, *Lewia infectoria*, *Mortierella sp.*, *Penicillium lapidosumt*, *Peyronellaea calorpreferens*, *Pleospora herbarum* y *Stagonosporopsis dorenboschii*.

Tabla 8. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. pinaster* inoculado con *F. circinatum*.

<b>Código</b>	<b>Dominancia</b>	<b>Código</b>	<b>Dominancia</b>
Altenata	100%	Candnsis	25%
Aspeeris	100%	Capr sp.	25%
Botrerea	100%	Cephrae	25%
Cladides	100%	Cerirata	25%
Crypreus	100%	Chaealis	25%
Crypticus	100%	Clav sp.	25%
Lewioria	100%	Conirmis	25%
Mort sp.	100%	Copr sp.	25%
Peniosum	100%	Crypcola	25%
Peyrens	100%	Crypnnii	25%
Pleoarum	100%	Crypnsis	25%
Stagchii	100%	Crypntii	25%
Aurelans	75%	Crypuens	25%
Cladarum	75%	Dactnsis	25%
Cladrans	75%	Debaenii	25%
Cladmum	75%	Exoponis	25%
Crypidus	75%	Filoorme	25%
Cryprius	75%	Fusaatum	25%
Epicgrum	75%	Fusaides	25%
Mets sp.	75%	Fusaorme	25%
Metsrima	75%	Fusaorum	25%
Mortstis	75%	Holtrmis	25%
Penictum	75%	Hortdica	25%
Pichiens	75%	Hyal sp.	25%
Pichtans	75%	Laetalis	25%
Seba sp.	75%	Macrlina	25%
Bipoidis	50%	Malaicta	25%
Boerigua	50%	Monorina	25%
Bysniae	50%	Mortgata	25%
Candvini	50%	Mortidea	25%
Cephurea	50%	Mortigua	25%
Chae sp.	50%	Mucoides	25%
Cist sp.	50%	Nakaadae	25%
Conicola	50%	Neoa sp.	25%
Cryp sp.	50%	Peni sp.	25%

Tabla 8. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. pinaster* inoculado con *F. circinatum* (Continuación)

<b>Código</b>	<b>Dominancia</b>	<b>Código</b>	<b>Dominancia</b>
Crypgnus	50%	Peniaiae	25%
Crypicus	50%	Penibens	25%
Cryptoi	50%	Penicse	25%
Geom sp.	50%	Peniaca	25%
Gibe sp.	50%	Penineum	25%
Guehlans	50%	Peninum	25%
Humiisea	50%	Penireae	25%
Lachrans	50%	Penireum	25%
Lecylata	50%	Penitzii	25%
Lept sp.	50%	Pezi sp.	25%
Loph sp.	50%	Phae sp.	25%
Metaliae	50%	Phaeantum	25%
Meyendii	50%	Phaepora	25%
Myxo sp.	50%	Phomnsis	25%
Paecveus	50%	Pichrica	25%
Peniense	50%	Podo sp.	25%
Peniilum	50%	Psateana	25%
Peninkii	50%	Pseuilum	25%
Pyrehila	50%	Pter sp.	25%
Saccsiae	50%	Pyre sp.	25%
Serefera	50%	Pyreorum	25%
Ulocarum	50%	Pyrepora	25%
Unciator	50%	Rhodnosa	25%
Wickalus	50%	Rosetrix	25%
Acreatum	25%	Sist sp.	25%
Acreinum	25%	Sistnii	25%
Alteriae	25%	Sporicus	25%
Amaunsis	25%	Stac sp.	25%
Arthpaga	25%	Stacarum	25%
Arti sp.	25%	Step sp.	25%
Asco sp.	25%	Terf sp.	25%
Aspedami	25%	Trecrens	25%
Aspentii	25%	Vent sp.	25%
Bionfsii	25%	Vermrina	25%
Bretnsis	25%	Xenoperi	25%
Cadoacea	25%	Zasmlare	25%
Candlata	25%	Zygoilii	25%

### 4.1.3.3. Resultados para *Pinus radiata*

Las especies que han presentado una clara dominancia en *P. radiata* en la totalidad de los casos de las muestras recogidas son *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Cryptococcus terreus*, *Cryptococcus aerius*, *Penicillium brevicompactum*, *Pichia fermentans*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pleospora herbarum* y *Stagonosporopsis dorenboschii*.

Tabla 9. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. radiata* inoculado con *F. circinatum*.

Código	Dominancia	Código	Dominancia
Altenata	100%	Dactnsis	25%
Cladarum	100%	Erytanum	25%
Crypicus	100%	Exid sp.	25%
Cryprens	100%	Exoptica	25%
Cryprius	100%	Filoorme	25%
Penictum	100%	Fusaatum	25%
Pichtans	100%	Fusaicum	25%
Pleoarum	100%	Fusaides	25%
Saccsiae	100%	Fusaorum	25%
Aurelans	75%	Ganoidum	25%
Chae sp.	75%	Geom sp.	25%
Cladides	75%	Gibe sp.	25%
Cladmum	75%	Guehlans	25%
Conicola	75%	Gymn sp.	25%
Cryptoi	75%	Holtrmis	25%
Gibbcans	75%	Humi sp.	25%
Metsrima	75%	Hyphcina	25%
Peniosum	75%	Issacola	25%
Pichiens	75%	Kazazzii	25%
Aspeeris	50%	Lachneum	25%
Botrerea	50%	Lecy sp.	25%
Cladrans	50%	Leohnima	25%
Copr sp.	50%	Lept sp.	25%
Cryp sp.	50%	Liponsis	25%
Crypidus	50%	Loph sp.	25%
Crypnae	50%	Metaliae	25%
Crypnsis	50%	Mortgata	25%
Epicgrum	50%	Mortigua	25%
Exopuina	50%	Neon sp.	25%

Tabla 9. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. radiata* inoculado con *F. circinatum* (Continuación)

Código	Dominancia	Código	Dominancia
Hortdica	50%	Paecndii	25%
Lachrans	50%	Para sp.	25%
Lewioria	50%	Peni sp.	25%
Malaicta	50%	Penianum	25%
Mets sp.	50%	Peniatum	25%
Meyendii	50%	Peniicum	25%
Mort sp.	50%	Peniides	25%
Peniilum	50%	Peninum	25%
Peyrens	50%	Peniorum	25%
Pyrehila	50%	Phae sp.	25%
Stagchii	50%	Phaeantum	25%
Trecrens	50%	Phialina	25%
Ulocarum	50%	Pisoizus	25%
Unciator	50%	Podo sp.	25%
Acre sp.	25%	Polyrius	25%
Acreatum	25%	Psateana	25%
Arth sp.	25%	Pseuilum	25%
Aspeceus	25%	Pter sp.	25%
Aspensis	25%	Pyre sp.	25%
Auxainum	25%	Pyrepora	25%
Bretnsis	25%	Rhin sp.	25%
Byssniae	25%	Sage sp.	25%
Cadoacea	25%	Sare sp.	25%
Cama sp.	25%	Scol sp.	25%
Candvini	25%	Seba sp.	25%
Chryatum	25%	Serefera	25%
Cist sp.	25%	Sporicus	25%
Clavipes	25%	Tetr sp.	25%
Clonosea	25%	Tetrcola	25%
Coniidae	25%	Toru sp.	25%
Coprivea	25%	Wallsebi	25%
Cort sp.	25%	Wickalus	25%
Crypovii	25%	Zygoilii	25%
Cyli sp.	25%		

#### 4.1.3.4. Resultados para *Pinus sylvestris*

Se puede observar que de todas las especies halladas en la especie *P. sylvestris*, las especies que han sido dominante en la totalidad de los casos de las muestras recogidas son *Alternaria alternata* y *Meyerozyma guilliermondii*.

Tabla 10. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. sylvestris* inoculado con *F. circinatum*.

Código	Dominancia	Código	Dominancia
Altenata	100%	Erytanum	25%
Meyendii	100%	Filoorme	25%
Aurelans	75%	Gibbcans	25%
Cladrans	75%	Horm sp.	25%
Cladrnum	75%	Lachneum	25%
Pleoarum	75%	Lachrans	25%
Botrerea	50%	Laetalis	25%
Cladarum	50%	Lecy sp.	25%
Cryprius	50%	Lewioria	25%
Cystrans	50%	Malaalis	25%
Devr sp.	50%	Malabosa	25%
Malaicta	50%	Mortcola	25%
Metsrima	50%	Paraphp.	25%
Mort sp.	50%	Peningii	25%
Nakaadae	50%	Peniosum	25%
Peyrrens	50%	Phae sp.	25%
Vent sp.	50%	Phaearis	25%
Aspentii	25%	Phiaalis	25%
Athe sp.	25%	Pichveri	25%
Bjer sp.	25%	Prol sp.	25%
Byssniae	25%	Pter sp.	25%
Cephurea	25%	Rhodevae	25%
Clad sp.	25%	Rhodlica	25%
Cladides	25%	Saccsiae	25%
Cladllum	25%	Spor sp.	25%
Crypgnus	25%	Step sp.	25%
Crypnsis	25%	Tetr sp.	25%
Crypovii	25%	Tylo sp.	25%
Cryprens	25%	Umbe sp.	25%
Crypriae	25%	Unciator	25%
Crypuens	25%	Xenoinea	25%
		Zalecola	25%

#### 4.1.3.5. Resultados para *Pinus uncinata*

Para *P. uncinata* se puede observar que de todas las especies halladas en la especie *P. uncinata*, las especies que han sido dominante en la totalidad de los casos de las muestras recogidas son *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis cinérea*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium halotolerans*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Cryptococcus aerius*, *Cryptococcus terreus*, *Cystofilobasidium capitatum*, *Cystofilobasidium infirmominiatum*, *Lachancea thermotolerans*, *Phaeococcomyces* sp., *Phaeomoniella* sp., *Phaeosphaeria* sp., *Phaeothecoidea* sp., *Pleospora herbarum*, *Sporobolomyces* sp., *Sporormia* sp. y *Ulocladium chartarum*.

Tabla 11. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. uncinata* inoculado con *F. circinatum*.

Código	Dominancia	Código	Dominancia	Código	Dominancia	Código	Dominancia
Altenata	100%	Tetr sp.	50%	Bartides	50%	Humi sp.	25%
Aurelans	100%	Tetorme	50%	Boerigua	50%	Hyphdula	25%
Botrerea	100%	Toruckii	50%	Bullhila	50%	Kaba sp.	25%
Cladides	100%	Trecrens	50%	Candlata	50%	Kazaderi	25%
Cladrans	100%	Truntata	50%	Chal sp.	50%	Lacharia	25%
Cladmum	100%	Unciator	50%	Cladllum	50%	Leohnima	25%
Crypreus	100%	Vent sp.	50%	Clonosea	50%	Lept sp.	25%
Cryprius	100%	Absinosa	25%	Coprtrus	50%	Lindpora	25%
Cystatum	100%	Acreinum	25%	Cryphnsis	50%	Lueldita	25%
Lachrans	100%	Acremtum	25%	Crypnae	50%	Lycoense	25%
Phae sp.	100%	Acrolbus	25%	Crypnsis	50%	Lysuatus	25%
Pleoarum	100%	Alteidae	25%	Crypuens	50%	Melaanii	25%
Spor sp.	100%	Armillia	25%	Curvalis	50%	Metsrlae	25%
Ulocarum	100%	Arth sp.	25%	Curvllum	50%	Monoaeta	25%
Acreilum	75%	Arthcola	25%	Cystrans	50%	Mortigua	25%
Alteriae	75%	Aspeatus	25%	Cytotana	50%	Mortstis	25%
Aspeceus	75%	Aspedami	25%	Dactnsis	50%	Myri sp.	25%
Bretnsis	75%	Aspeeris	25%	Devr sp.	50%	Ochr sp.	25%
Cadoacea	75%	Aspeleus	25%	Endopuli	50%	Ochrchae	25%
Candvini	75%	Auri sp.	25%	Erytanum	50%	Oidiumum	25%
Chae sp.	75%	Bacicula	25%	Exopuina	50%	Olivilla	25%
Chryatum	75%	Bipoidis	25%	Fusaides	50%	Paecndii	25%



Tabla 11. Especies endófitas junto con su porcentaje de dominancia encontrado en las muestras de *P. uncinata* inoculado con *F. circinatum* (Continuación)

Código	Dominancia	Código	Dominancia	Código	Dominancia	Código	Dominancia
Cladarum	75%	Bractica	25%	Fusaorum	50%	Paracola	25%
Coniidae	75%	Cand sp.	25%	Guehlans	50%	Peniatum	25%
Cort sp.	75%	Capersa	25%	Haemocca	50%	Penicium	25%
Cryp sp.	75%	Cateense	25%	Heteosum	50%	Peningii	25%
Crypgnus	75%	Cephrrae	25%	Immeypti	50%	Peninkii	25%
Crypicus	75%	Cephurea	25%	Kazazzii	50%	Peniovae	25%
Crypidus	75%	Chry sp.	25%	Lecylata	50%	Penireum	25%
Cryptoi	75%	Cibo sp.	25%	Loph sp.	50%	Pest sp.	25%
Crypnnii	75%	Clad sp.	25%	Malaicta	50%	Phaeantum	25%
Crypovii	75%	Cladelox	25%	Metaliae	50%	Phaearis	25%
Crypriae	75%	Cladorme	25%	Mets sp.	50%	Phaeniae	25%
Epicgrum	75%	Clados sp.	25%	Meyendii	50%	Phiaaris	25%
Filoorme	75%	Clav sp.	25%	Monorina	50%	Phialina	25%
Gibbcans	75%	Clavniae	25%	Mortgata	50%	Phomnsis	25%
Lewioria	75%	Collarla	25%	Myce sp.	50%	Podo sp.	25%
Metsrima	75%	Conicola	25%	Mycolina	50%	Podolosa	25%
Mort sp.	75%	Conirmis	25%	Myxo sp.	50%	Preu sp.	25%
Nakaobii	75%	Cory sp.	25%	Neosicis	50%	Preuanii	25%
Peni sp.	75%	Crypansis	25%	Para sp.	50%	Pseuilum	25%
Penictum	75%	Crypcola	25%	Paraantum	50%	Pseunryi	25%
Penineum	75%	Crypngaie	25%	Peniaiaie	50%	Pter sp.	25%
Peninum	75%	Crypntii	25%	Peniica	50%	Pyrehila	25%
Peniosum	75%	Cryponsis	25%	Peniilum	50%	Pyrepora	25%
Pichiens	75%	Cyli sp.	25%	Peniinum	50%	Resiceum	25%
Pichrica	75%	Cyphpora	25%	Peniorum	50%	Rhodngis	25%
Pichtans	75%	Diapcana	25%	Pestlosa	50%	Rhodovae	25%
Pichveri	75%	Didycola	25%	Phiaorus	50%	Rhodtica	25%
Piliavum	75%	Diosrica	25%	Piliinum	50%	Sare sp.	25%
Rhodevae	75%	Entr sp.	25%	Piso sp.	50%	Schinans	25%
Stagchii	75%	Exoperis	25%	Psateana	50%	Scol sp.	25%
Step sp.	75%	Fimestii	25%	Rhodfagi	50%	Scolicum	25%
Wallsebi	75%	Fusaatum	25%	Rhodiaca	50%	Sere sp.	25%
Wickalus	75%	Fusaicum	25%	Saccsiae	50%	Sporonii	25%
Acre sp.	50%	Fusaorme	25%	Seba sp.	50%	Stacarum	25%
Acreatum	50%	Ganoidum	25%	Seimitis	50%	Stacnata	25%
Amaucans	50%	Geom sp.	25%	Serefera	50%	Talallii	25%
Aracrata	50%	Glomnsis	25%	Sporimus	50%	Trec sp.	25%
Aspeiger	50%	Holtrmis	25%	Sporkiae	50%	Umbearis	25%
Aspentii	50%	Horm sp.	25%	Stemloti	50%	Vert sp.	25%
Aspeorum	50%	Hortdica	25%	Sydo sp.	50%	Wardcola	25%
		Zalecola	25%	Xyla sp.	25%	Xenoinea	25%

#### 4.1.4. Similitud entre especies

Según el índice de similitud de Sorensen las especies que presentan mayor similitud entre la comunidad de organismos endófitos son *P. uncinata* con *P. pinaster*, seguidos de *P. radiata* con *P. sylvestris*, seguidos de *P. radiata* con *P. pinaster*.

Tabla 12. Valores de similitud dados por el índice de Sorensen. Pinnig: *Pinus nigra*; Pinunc: *Pinus uncinata*; Pinrad: *Pinus radiata*; Pinsyl: *Pinus sylvestris*; Pinpin: *Pinus pinaster*.

Sorensen	Pinnig	Pinunc	Pinrad	Pinsyl	Pinpin
<b>Pinnig</b>					
<b>Pinunc</b>	0,47				
<b>Pinrad</b>	0,54	0,52			
<b>Pinsyl</b>	0,47	0,47	0,63		
<b>Pinpin</b>	0,54	0,76	0,59	0,57	

Según el índice de similitud de Jaccard las especies que presentan mayor similitud entre sí son *P. pinaster* con *P. radiata*, seguido de *P. uncinata* con *P. radiata*, ambas similitudes están cercanas al 1 con un valor de 0,71; seguido de *P. uncinata* con *P. pinaster*. Las especies que menos similitud de taxones han presentado han sido *P. radiata* con *P. nigra* y *P. sylvestris* con *P. radiata* y *P. sylvestris* con *P. pinaster*.

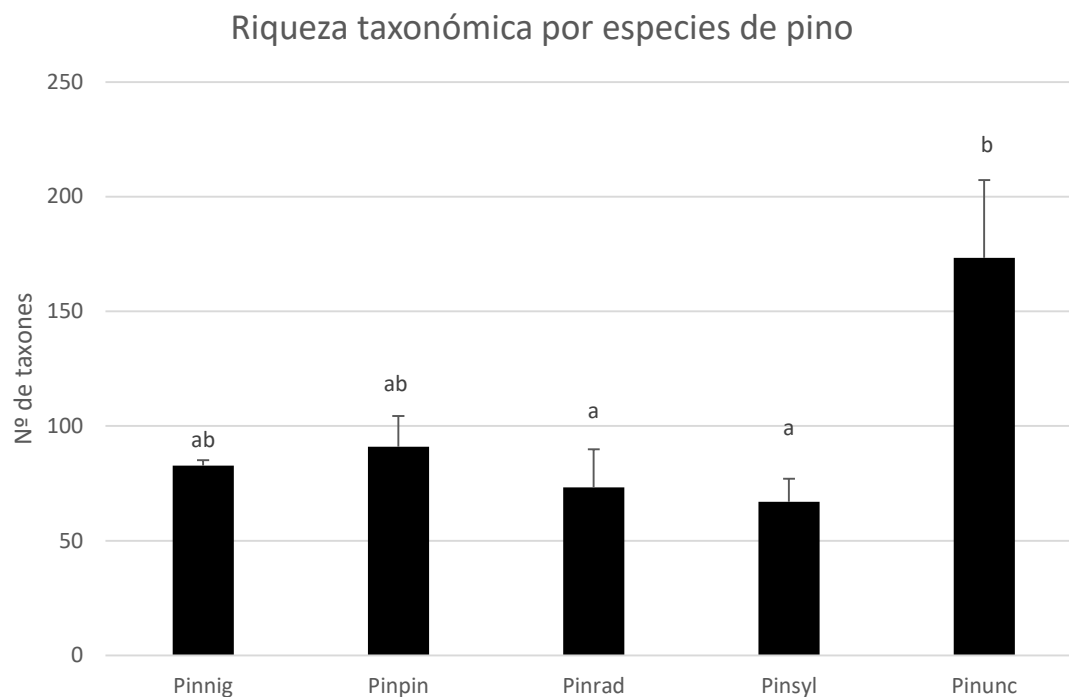
Tabla 13. Valores de similitud dados por el índice de Jaccard. Pinnig: *Pinus nigra*; Pinunc: *Pinus uncinata*; Pinrad: *Pinus radiata*; Pinsyl: *Pinus sylvestris*; Pinpin: *Pinus pinaster*.

Jaccard	Pinnig	Pinunc	Pinrad	Pinsyl	Pinpin
<b>Pinnig</b>					
<b>Pinunc</b>	0,50				
<b>Pinrad</b>	0,35	0,71			
<b>Pinsyl</b>	0,27	0,31	0,39		
<b>Pinpin</b>	0,37	0,62	0,71	0,39	

## 4.2. Análisis Normal de la Varianza

### 4.2.1. Riqueza taxonómica

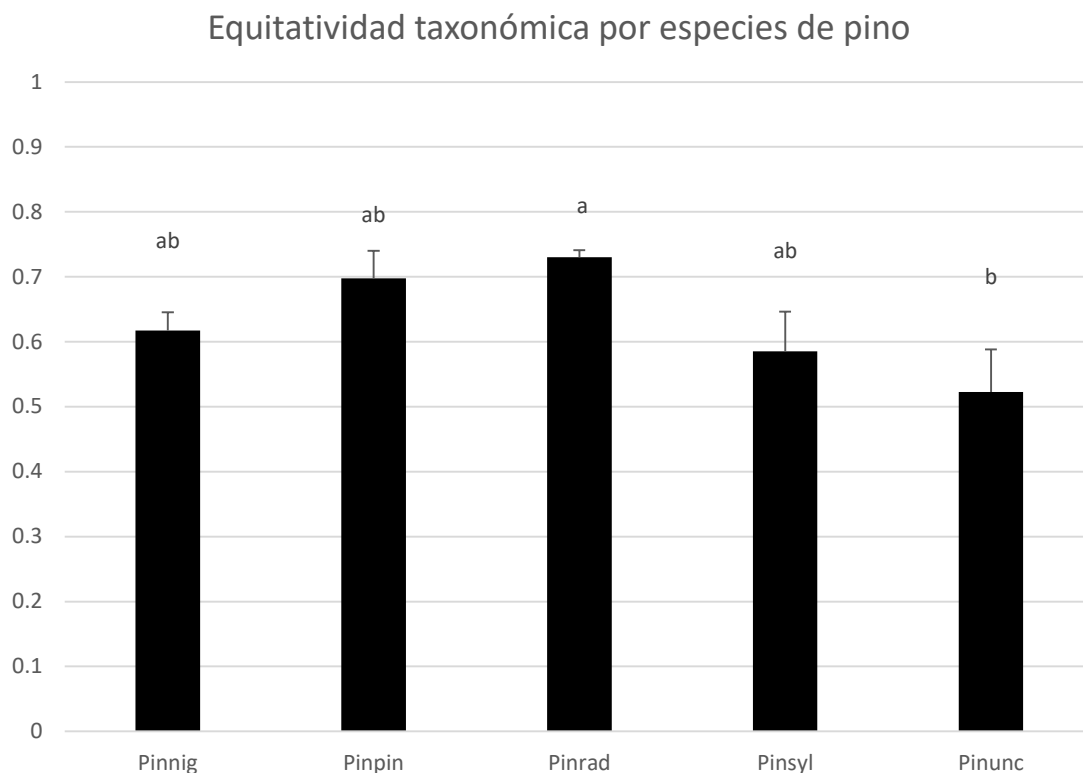
Los datos realizados por la ANOVA mostraron un valor de “p-value” de 0,0128. En base al test realizado de Tukey, mostraron que todas las comunidades de endófitos de cada especie de pino son similares entre sí y no presentan valores significativos salvo para las combinaciones *Pinus uncinata-Pinus radiata* y *Pinus uncinata-Pinus sylvestris*.



**Figura 10.** Histograma resumen de los valores de riqueza taxonómica por especie de pino, junto con su desviación estándar y la comparación del grado de significancia para un valor "p" superior a 0,05 según el test de Tukey. Las letras se corresponden con valores similares de la comunidad endófito entre las especies de pino. La diferencia entre letras significa diferencias significativas según el test Tukey al nivel de confianza 95%. Pinnig: *Pinus nigra*.- Pinpin: *Pinus pinaster*.- Pinrad: *Pinus radiata*.- Pinsyl: *Pinus sylvestris*.- Pinunc: *Pinus uncinata*

#### 4.2.2. Equitatividad taxonómica

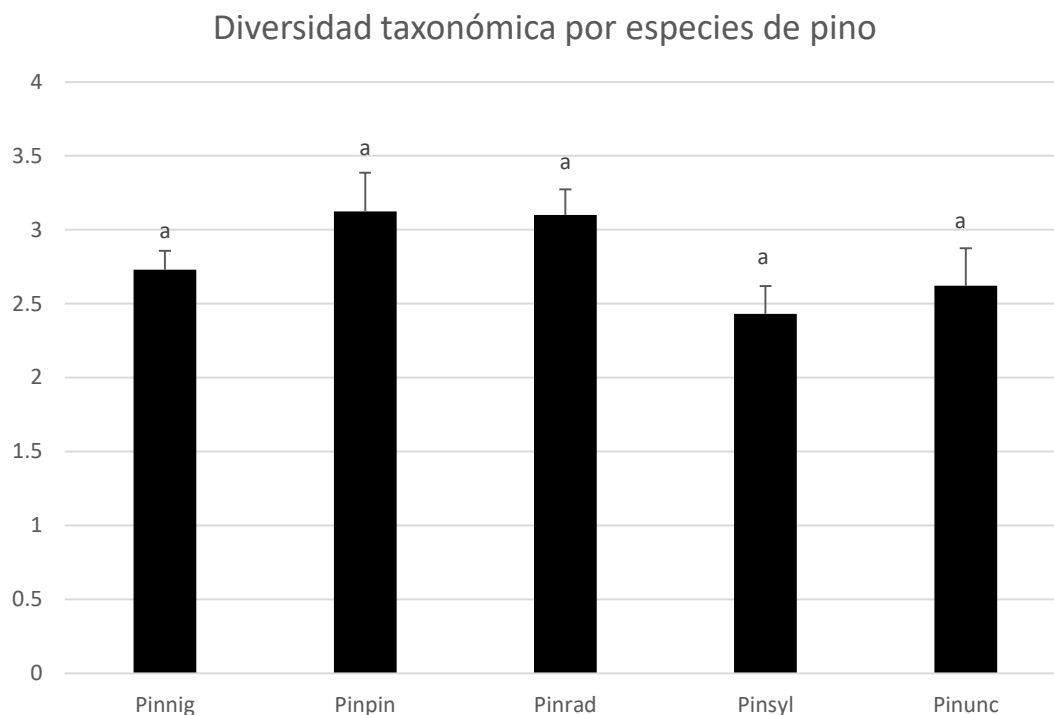
En la equitatividad taxonómica solo se encontraron valores significativos entre las especies *Pinus uncinata*-*Pinus radiata*. En el resto de especies no se hallaron valores significativos.



**Figura 11.** Histograma resumen de los valores de riqueza taxonómica por especie de pino, junto con su desviación estándar y la comparación del grado de significancia para un valor “p” superior a 0,05 según el test de Tukey. La diferencia entre letras significa diferencias significativas según el test Tukey al nivel de confianza 95%. Pinnig: *Pinus nigra*.- Pinpin: *Pinus pinaster*.- Pinrad: *Pinus radiata*.- Pinsyl: *Pinus sylvestris*.- Pinunc: *Pinus uncinata*

### 4.2.3. Diversidad taxonómica

El ANOVA realizado en la diversidad taxonómica mostró que no había ninguna diferencia significativa en ninguna comunidad endófito de los pinos estudiados. Se puede observar que la comunidad de pinos que más diversidad taxonómica presenta es *Pinus pinaster*, seguido de *Pinus radiata*, *Pinus uncinata*, *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris*. La menor desviación estándar la presenta *Pinus nigra* frente a *Pinus uncinata*.



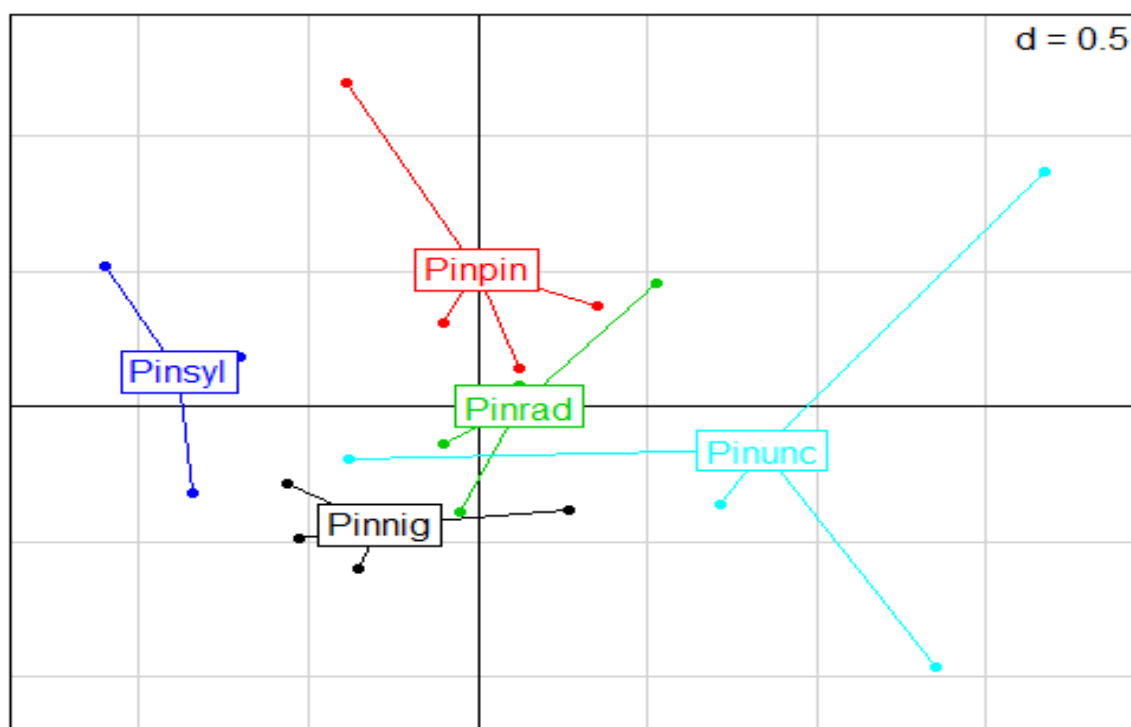
**Figura 12.** Diversidad calculada con el índice de Shannon. No se aprecian diferencias entre diversidades significativas. Pinnig: *Pinus nigra*.- Pinpin: *Pinus pinaster*.- Pinrad: *Pinus radiata*.-Pinsyl: *Pinus sylvestris*.-Pinunc: *Pinus uncinata*.

A nivel de diversidad, según el análisis ANOVA, no hay diferencias entre las comunidades de endófitos respecto a las especies de pino. Por lo que, pese a haber diferencias en la riqueza taxonómica entre las especies de pino, no se puede atribuir una diferencia a la abundancia relativa presente de cada uno de los taxones encontrados a las especies de pino.

#### 4.2.4. Análisis multivariante

Se comenzó con un análisis de la fiabilidad de los datos así como si son significativos. Debido a la presencia de un dato que desviaba todos los resultados, se decidió tratarlo como un outlier. Por tanto, se eliminó dicho outlier presente en la especie *Pinus sylvestris* que aportaba resultados anómalos. Tras la eliminación de dicho outlier, los resultados obtenidos fueron significativos en la relación de endófitos asociados con las especies de pino utilizadas en el presente estudio.

Se puede observar que las especies de *Pinus uncinata*, *Pinus radiata*, *Pinus pinaster* y *Pinus nigra* presentan zonas de confluencia de presencia de hongos endófitos en el centro de la gráfica. Por el contrario, *Pinus sylvestris* no ha presengtado ninguna zona en común con el resto de especies de *Pinus*.



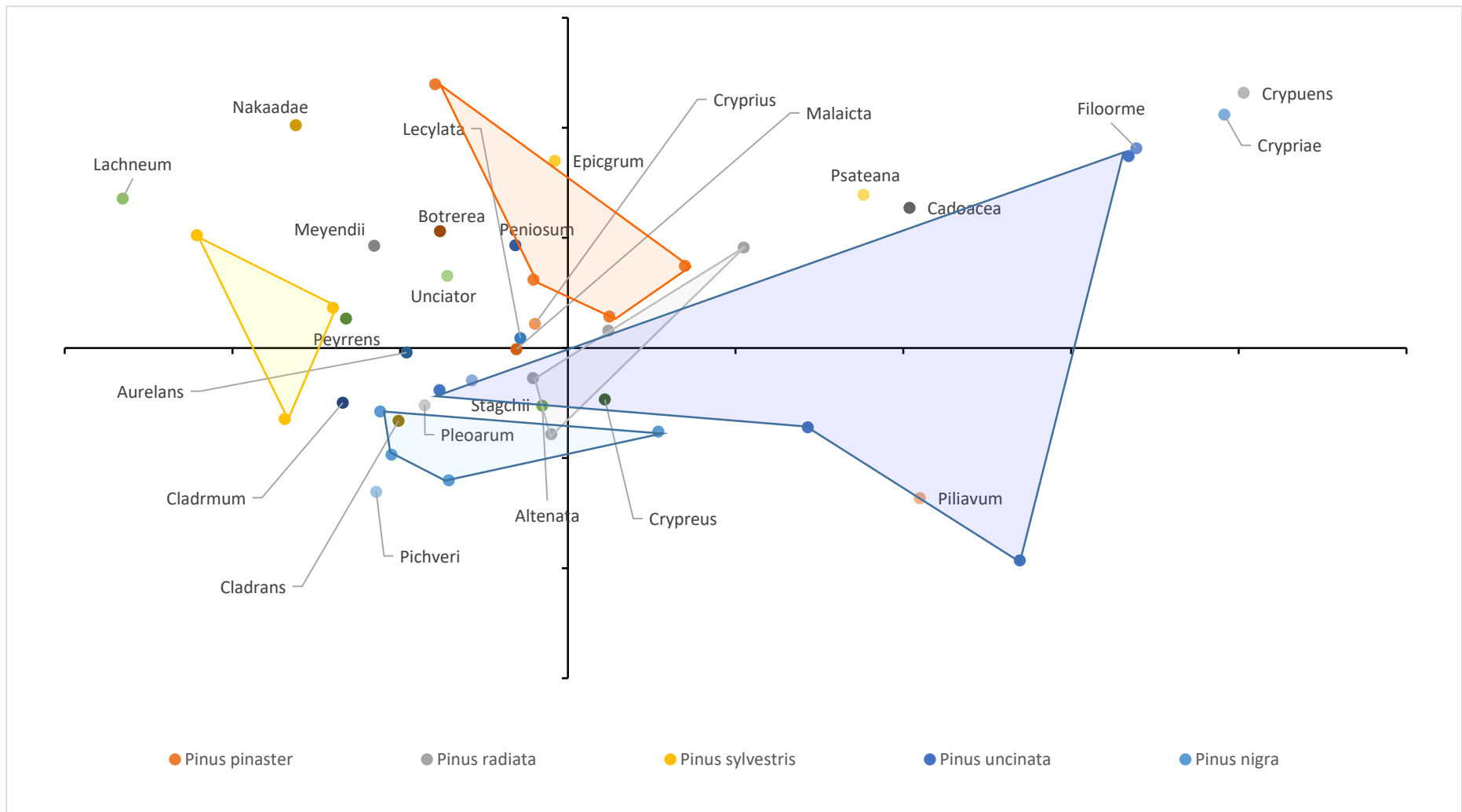
**Figura 13.** Figura de representación gráfica en un gráfico de XY donde se puede apreciar la localización de cada especie de pino en función de los endófitos que abarca. Pinpin.-*Pinus pinaster*; Pinsyl.- *Pinus sylvestris*; Pinrad.-*Pinus radiata*; Pinnig.- *Pinus nigra*; Pinunc.- *Pinus uncinata*.

La distribución de los taxones de hongos endófitos en forma se corresponde con la distribución que se ha mostrado de *Pinus*. Los taxones se encuentran en los puntos indicados, cuanto más alejado se presente un taxón de una especie de pino indica que su presencia en esta especie de pino es nula o es puntual sin llegar a ser significativa.

En la siguiente figura se muestran las posiciones en el gráfico XY de las especies de endófitos con abundancias más representativas junto con las especies de pino unidas cada una de ellas por una línea. La figura muestra que *Cryptococcus victorae* se encuentra en un extremo teniendo únicamente la especie *Pinus uncinata* cerca, de tal manera que se asocia la presencia solo a *Pinus uncinata*, siendo nula o meramente simbólica en el resto de especies de pino. Esta situación se da con el resto de posiciones de los hongos endófitos. Se han representado los hongos endófitos con mayor abundancia relativa en total de todas las muestras.

Atendiendo a esto, se pueden establecer las siguientes asociaciones o relaciones hospedante-endófito: para la especie de *P. uncinata* se asociaron los endófitos *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Pilidium concavum*, *Psathyrella candolleana*, *Cadophora luteo-olivacea*, *Cryptococcus terreus*, *Cryptococcus diffluens*, *Filobasidium floriforme*, *Pleospora herbarum* y *Stagonosporopsis dorenboschii* ; para la

especie de *P. radiata* se asociaron los endófitos *Alternaria alternata*, *Psathyrella candolleana* y *Cadophora luteo-olivacea*; para la especie *P. sylvestris* el endófito *Aureobasidium pullulans*, *Lachnum virgineum*, *Nakazawaea ishiwadae*, *Uncinula necátor*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Peyronellaea calorpreferens* y *Meyerozyma guilliermondii*; para la especie *P. pinaster* se asociaron los endófitos *Criptococcus aerius*, *Malassezia restricta*, *Nakazawaea ishiwadae*, *Uncinula necátor*, *Lecythophora fasciculata*, *Meyerozyma guilliermondii* y *Epicoccum nigrum*; y para *P. nigra* son *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Cryptococcus terreus*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Pleospora herbarum*, *Pichia kluyveri* y *Stagonosporopsis dorenboschii*.



**Figura 14.** Gráfico de representación gráfica en un gráfico de XY donde se puede apreciar la localización de cada especie de pino en función de los endófitos que abarca junto con la distribución de los endófitos principales que más abundancia relativa tienen. Los códigos de letras se pueden consultar en la tabla de Anejos.



## 5. Discusión

En el presente estudio se han caracterizado las comunidades de hongos endófitos de cinco especies de *Pinus* spp. inoculadas con el patógeno *F. circinatum* en sus primeros años de vida. Su interacción con el ecosistema y el medio ambiente donde se desarrollan es clave para entender el funcionamiento de las interacciones que se producen así como las relaciones y la evolución de estos.

Se estima entorno a 600.000 especies de hongos endófitos, obviando las bacterias (Schmit & Mueller, 2007). De todas especies, se estima que aproximadamente, más de tres cuartas partes están todavía sin describir (Sieber, 2007). La descripción de estos hongos se hace con identificación molecular y un análisis visual morfológico (Sanz-Ros et al., 2015), pero la aparición de los métodos de secuenciación masiva han permitido identificar la diversidad fúngica de una manera más eficiente y rápida (Lindahl et al., 2013).

La secuenciación NGS ha conseguido detectar un gran número de taxones presentes en las especies de pinos de comunidades endófitas, lo cual permite caracterizar las comunidades de endófitos del estudio con mayor precisión. Anteriormente, se descubrió que en la especie de *P. sylvestris* fueron 43 taxones, los cuales fueron descubiertos mediante PCR seguida de secuenciación SANGER (Sanz-Ros et al., 2015), frente a los 166 taxones de hongos endófitos que acaban de ser encontrados mediante la técnica NGS. Lo cual evidencia la calidad de esta última y la necesidad de implantarla en futuros diagnósticos. Por el contrario, la presencia de una única espora por cuestiones de azar de un taxón no representativo o una contaminación despreciable en una PCR, puede mostrar un resultado influyente en un método de secuenciación masivo (Lindahl et al., 2013). Es por ello, que hay que tener cautela a la hora de comentar los datos. Pueden existir valores en las técnicas de secuenciación NGS como representativos o influyentes y no corresponderse con datos verídicos. Por tanto, valores despreciables o no influyentes pueden dejarse de tener en cuenta por posibles contaminaciones.

Cuando el esfuerzo del muestreo es suficiente las curvas de rarefacción tienden a ser asintóticas como ocurre con Martín-García et al., (2012). Los resultados de las curvas de rarefacción de este estudio mostraron una tendencia hacia un comportamiento asintótico. Esto es debido al bajo esfuerzo del número de muestreos realizados. Es por ello que es necesario adquirir una cautela a la hora de interpretar los resultados, debido a que la comunidad de hongos no ha llegado a ser descrita completamente.

La riqueza taxonómica endófitica que hay dentro de una especie hospedante puede variar en función de la calidad de estación y la edad, mostrando diferencias significativas, como ocurre en el caso de *Populus x euroamericana* (Martín-García et al., 2011). Las condiciones edafo-climáticas son influyentes y a la vez condicionantes para el desarrollo de la comunidad endófitica (Botella et al, 2010). Hay que prestar cuidado a la hora de interpretar los resultados de las riquezas taxonómicas en cada especie de pino. Todos los pinos se encuentran bajo unas mismas condiciones edafo-climáticas pero cada uno de ellos tiene su propia calidad de estación. El análisis ANOVA mostró que no hay diferencias significativas en riqueza taxonómica que se puedan atribuir tanto a la inoculación de *F. circinatum* como a la especie de pino entre las comunidades de endófitos entre las especies de pino *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. radiata* y *P. sylvestris*, así como en *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. uncinata*. Por tanto, se asegura que la riqueza taxonómica en comunidades endófitas si es dependiente de la especie cuando se comparan *P. radiata* y *P. sylvestris* con *P. uncinata*. Siendo la riqueza de *P. uncinata* mayor frente a la riqueza de *P. radiata* y *P. sylvestris*.

La comunidad endófitica con mayor índice de diversidad fue *P. pinaster* y *P. radiata*, con valores superiores a 3, por lo que se puede considerar un alto valor de diversidad. En otro estudio de diversidad endófitica atribuye el valor 3,25 a un valor de diversidad alta (Paris, 2016). Las otras tres especies de pinos restantes tienen un valor comprendido entre 2 y 3, lo cual se corresponde con un valor medio de diversidad, siguiendo los mismos criterios atribuidos por Paris (2016). Las especies con mayor equitatividad, entendiendo esta como el grado de igualdad de distribución de la abundancia relativa de cada uno de los taxones dentro de la comunidad endófitica, son *P. pinaster* y *P. radiata*. Esto puede ir relacionado con la dominancia encontrada en cada especie. Sin embargo, *P. uncinata*, presenta un valor de 0,52 en la equitatividad y un valor alto en la dominancia, lo cual puede ir asociado a la gran cantidad de taxones encontrados. La especie que más endófitos dominantes entre todas las muestras presentó fue *P. radiata*, con 15 taxones, teniendo a *P. sylvestris* en último lugar con 2 taxones.

Las variables climáticas más condicionantes al desarrollo de *P. sylvestris* son la precipitación y la radiación solar (Bogino et al., 2009; Guerrero-Campo et al., 1998). Las precipitaciones que tolera *P. sylvestris* se encuentran entre 600-1100 mm (Martínez García, 1999) y la exposición de la ladera es norte, por lo que no recibe insolación

directa. Por lo que las condiciones climáticas no son óptimas para el desarrollo de *P. sylvestris*, la precipitación se encuentra en el límite superior y no hay insolación directa. Por consecuencia, tampoco son las condiciones óptimas para la comunidad endófito. Esto puede explicar por que los valores de dominancia de taxones son bajos. En *P. pinaster*, el desarrollo influye en la densidad de la plantación, y las variables climáticas, además de las edáficas. Está ligado especialmente a las precipitaciones y las temperaturas (Bogino et al., 2009). Las condiciones edafo-climáticas son buenas para la especie *P. pinaster*, lo cual podría justificar los valores altos de diversidad taxonómica. En el caso de *P. nigra*, se corresponde con una calidad de estación IV, de las cuatro posibles que hay en zonas similares (Bautista et al, 2004). Sin embargo, no se encuentran valores bajos en los resultados de la comunidad endófito presente en *P. nigra*. Para *P. radiata*, la calidad de estación de la zona se corresponde con una calidad de estación I de las cuatro calidades posibles (Sanchez et al., 2003), lo cual explica que presente un mayor número de taxones dominantes. Para *P. uncinata* solo existe una curva de calidad realizada para los Pirineos (Calama et al.,2004) por lo que no se considera adecuado para realizar una comparación. Es posible que la calidad de estación para la especie hospedante pueda condicionar el número de taxones dominantes en la comunidad endófito.

Según el análisis ANOVA se puede asegurar que la forma en que están distribuidas los taxones dentro de la comunidad endófito si hay diferencias significativas entre la especie *P. radiata* y *P. uncinata*. Sin embargo, no se puede hablar de diferencias entre equitatividad dentro de la comunidad endófito entre el resto de combinaciones de especies de pino. Se puede apreciar que en *P. uncinata* el valor de equitatividad es bajo y el valor de dominancia alto respecto a los otros cuatro pinos mientras que con *P. radiata* ocurre de forma opuesta. Generalmente, la equitatividad es tiene valores bajos frente a valores altos de dominancia y viceversa. Sin embargo, en este estudio se puede apreciar que *P. pinaster* tiene valores altos en ambos campos respecto a las otras cuatro especies. Una situación similar se da en el estudio aportado por Sharma & Sumbali (2014) muestra en sus resultados unos valores de equitativos para unos valor de dominancia relativamente alto. Aunque generalmente se asocia alta dominancia a baja equitatividad o viceversa, no siempre se puede asegurar por lo que es necesario interpretar los datos con cuidado.

En cuanto a similitud de comunidades endófitas presentes en las especies de pino, los pinos que más similitudes presentaron fueron, según los índices de Jaccard y Sorensen, *P. uncinata* con *P. pinaster*, seguidos de *P. pinaster* junto con *P. radiata* y *P. radiata* con *P. uncinata*. La colonización foliar por endófitos fúngicos ocurre cuando se generan unas condiciones de humedad en la superficie del hospedante suficiente para el desarrollo de las hijas y las esporas (Koide et al., 2017). La ubicación de los hospedantes en el espacio juega un papel determinante, pues las especies situadas en los bordes sufren menos estrés hídrico (Anfodillo et al., 1998). Se puede observar que las tres especies presentan un grado de similitud elevado. Parte de la similitud puede estar explicada por las condiciones de humedad ambiental elevadas y cercanía entre individuos y masas forestales cercanas.

Con una dominancia del 100% en *Pinus sylvestris* están *Alternaria alternata* como se indica en otros estudios (Sanz-Ros et al., 2015) y el hongo *Meyerozyma guilliermondii*, asociado a levaduras en cereales y excrementos animales (Evers et al., 2018). Se verifica que hongos del orden Pleosporales como *Alternaria alternata* están habitualmente presentes en los individuos de *P. sylvestris*, tal y como se ha demostrado recientemente. Esto apoya la teoría de la variación de comunidades endófitas, dentro de cada especie de pino, en función de factores externos como la distribución geográfica y el clima, comparando con los resultados de otros estudios (Millberg et al., 2015). La transmisión horizontal existe, caso del muérdago (*Viscum album*) y *P. sylvestris*, compartiendo la presencia de endófitos presentes en este estudio en diferentes tejidos vegetales de ambos, los géneros son: *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Hypoxylon* sp., *Xylaria* sp., *Mycota* sp., Pleosporales y Sordariaceae. Sumando a los factores externos también se hallan diferencias entre distintas estaciones de calidad (Cullings, Raleigh, & Vogler, 2005; Millberg et al., 2015; Peršoh, Melcher, Flessa, & Rambold, 2010; Zamora et al., 2008), como ya se ha mencionado. Es importante destacar que la variación de la riqueza taxonómica puede ser alterada en función de la época del año en que se realice el muestreo (Zamora et al., 2008).

Se ha observado que hay asociaciones de ciertos hongos endófitos frente a la especie del pino. Lo cual se puede interpretar de dos formas: La especie de hongo endófito es exclusiva de ese pino respecto a los 5 pinos estudiados; o la especie de hongo endófito se puede encontrar en los otros 4 pinos estudiados, pero de manera no significativa, si

teniendo un valor significativo en la especie de pino asociada. Cabe destacar que el resto de hongos endófitos pueden compartir más de un hospedante de pino de manera significativa. Estas asociaciones significativas son: para la especie de *P. uncinata* se asociaron los endófitos *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Pilidium concavum*, *Psathyrella candolleana*, *Cadophora luteo-olivacea*, *Cryptococcus terreus*, *Cryptococcus diffluens*, *Filobasidium floriforme*, *Pleospora herbarum* y *Stagonosporopsis dorenboschii*; para la especie de *P. radiata* se asociaron los endófitos *Alternaria alternata*, *Psathyrella candolleana* y *Cadophora luteo-olivacea*; para la especie *P. sylvestris* el endófito *Aureobasidium pullulans*, *Lachnum virgineum*, *Nakazawaea ishiwadae*, *Uncinula necator*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Peyronellaea calorpreferens* y *Meyerozyma guilliermondii*; para la especie *P. pinaster* se asociaron los endófitos *Cryptococcus aerius*, *Malassezia restricta*, *Nakazawaea ishiwadae*, *Uncinula necator*, *Lecythophora fasciculata*, *Meyerozyma guilliermondii* y *Epicoccum nigrum*; y para *P. nigra* son *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Cryptococcus terreus*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Pleospora herbarum*, *Pichia kluyveri* y *Stagonosporopsis dorenboschii*.

De los taxones más representativos: *Alternaria alternata*, *Pleospora herbarum*, *Cryptococcus terreus* y *Cladosporium sphaerospermum* son las especies que más valores de abundancia relativa se han encontrado en todas las especies de pinos analizadas en este estudio. Se corresponden con especies de hongos endófitos de carácter cosmopolita, capaces de colonizar diversos hospedantes: *Pinus* spp., *Salix* spp., *Populus* spp., *Eucalyptus* spp., *Quercus* spp., etc. (Hocking et al., 1994; Ingraham et al., 1998; Zalar et al., 2007; Martín-García et al., 2011), incluyendo estas cinco especies de pino. Todos con valores elevados de abundancia relativa respecto a los demás hongos endófitos. *Alternaria alternata* es la especie dominante en los cinco pinos, coincidiendo también ser el endófito dominante en *P. halepensis* (Botella et al., 2010), lo cual indica que *Alternaria alternata* puede ser un endófito con carácter dominante en otras especies de pinos. Se indicó que no había diferencia importante en la riqueza taxonómica de las comunidades de hongos que habitaban en los pinos (Zamora et al., 2008), sin embargo, con los resultados obtenidos en este estudio se obtuvieron diferencias en cuanto a riqueza de taxones. Las diferencias fueron halladas entre los cinco pinos estudiados, habiendo similitudes en las comunidades de hongos endófitos de *P. pinaster* y *P. radiata* y entre *P. pinaster* y *P. uncinata*. Entre el resto de especies,

la similitud de comunidades se hallaba valores cercanos a un 50%, lo cual indica que son comunidades con diferentes valores de riqueza taxonómica. La especie que más riqueza taxonómica presentó en nuestro estudio fueron *P. pinaster* y *P. radiata*, lo cual entra en conflicto con la gran diversidad taxonómica hallada en *P. uncinata*. Según el índice de Jaccar, *Pinus uncinata* también tendría una similitud considerable con *P. radiata*, mientras la especie *P. sylvestris* sería la especie con menos similitud en la comunidad endófito con el resto de especies de pino.

En un estudio anterior, se investigó la composición fúngica de acículas de pino y ramas en el norte de España en 4 especies de pino: *P. pinaster*, *P. nigra*, *P. uncinata* y *P. sylvestris*, coincidiendo con 4 especies de pino de este estudio. Se hallaron un total de 45 especies de hongos entre las 4 especies de pino, en comparación con los 520 taxones que se hallaron mediante la técnica NGS frente a una identificación morfológica (Zamora et al., 2008), esto indica que el método NGS es más preciso y sensible que el cultivo tradicional, a través de medios de cultivos para su posterior identificación morfológica. Son métodos que pueden ser complementarios entre si. Los taxones endófitos más representativos fueron *Alternaria alternata*, *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Epicoccum nigrum*, *Leptostroma pinastri*, *Lophodermium pinastri*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium* sp., *Naemacyclus niveus*, *Phoma* sp., *Trichoderma* sp. y *Trichotecium* sp. (Zamora et al., 2008). Los escasos taxones encontrados por Zamora et al., 2008, que no se hallan en el estudio pueden atribuirse a la variación de climas y calidades de estación. Sin embargo, la similitud de los taxones en los pinos puede ser atribuida a la cercanía latitudinal de un experimento a otro (Millberg et al., 2015). Los cuales coinciden todos con este estudio salvo a excepción de *Lophodermium pinastri* y *Trichotecium* sp. Sin embargo, *Lophodermium pinastri* solo se halló en acículas caídas y secas, por lo que no son endófitos de estas especies de pinos (Zamora et al., 2008). El taxón *Leptostroma pinastri* está asociado a condiciones lumínicas de alta intensidad, algo que no se da en la exposición norte de la parcela, sin embargo, los endófitos son capaces de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, además de poder ocupar otros roles como saprófitos (Zamora et al., 2008; Botella et al., 2010).

Se encontraron especies que pueden considerarse patógenos en otras especies vegetales según Nally et al. (2012), como es el caso de *Botrytis cinerea*, endófito presente en los pinos pero patógeno de la vid (*Vitis vinifera*), siendo su antagonismo las

levaduras; el género *Melanospora* o *Venturia* sp. en chopos (*Populus* spp.). Algunos autores incluyen en la definición de endófitos a los hongos patogénicos que se encuentran de manera latente sin todavía mostrar sintomatología (Osono, 2006; Saikkonen, 2007), lo cual puede coincidir con hongos de carácter patogénico que hay presentes en la comunidad de endófitos analizada y no muestran sintomatología, pero se consideran endófitos debido a que ocupan un espacio que podría ser ocupado por otro patógeno. Por ejemplo, es el caso de los taxones encontrados de *Mycosphaerella dearnessii*. Sin embargo, al no haber hecho una comparativa respecto al estado fitosanitario no se puede extraer conclusiones de este estudio. Según Martín-García et al. (2010), la presencia de endófitos dentro de un hospedante puede utilizarse como índice de salud del individuo hospedador o de la masa forestal. Por tanto, asociar la presencia de estos endófitos a las condiciones de salud en dicha calidad de estación puede llegar a convertirse en un indicador de sanidad forestal para cada especie hospedadora.

El marcador genético empleado para el diagnóstico, ITS, no es capaz de discriminar con precisión entre especies del género *Fusarium*, de ahí que la presencia de *F. circinatum* halla sido nula. Respecto a hongos del género *Fusarium*, se encontraron *F. acutatum*, *F. delphinoides*, *F. keratosplasticum*, *F. oxysporum*, *F. pseudensiforme* y género *Fusarium* sp., que se atribuye a las inoculaciones de *F. circinatum* en las cinco especies de pino. El marcador genético usado en el diagnóstico ITS no discrimina con precisión los taxones del género *Fusarium*. No se descarta que los *Fusarium* nombrados anteriormente puedan ser *F. circinatum* mal identificados por el marcador ITS. Por tanto, no se descarta la presencia de *F. circinatum* en las especies de pino, debido a la limitación que el método impone en este grupo taxonómico.

Por último, la riqueza y diversidad taxonómica de las comunidades endófitas es mayor en aquellos huéspedes que están afectados por un hongo patógeno, frente a los huéspedes sanos (Millberg et al., 2015). La inoculación del patógeno *F. circinatum* ha podido influir de manera positiva en los valores altos de diversidad de *P. pinaster* y *P. radiata*, principales afectados de los cinco pinos usados en este estudio. Sin embargo, las comunidades endófitas cambian con la localización y las condiciones edafoclimáticas de dicha localización (Millberg et al., 2015). Por este motivo, una comunidad endófitas en una masa infectada por *F. circinatum* en una ubicación puede presentar una

comunidad endófito distinta frente a otra misma masa en el mismo nivel de desarrollo e infestación ubicada en otra localización con características edafo-climáticas distintas.



## 6. Conclusiones

Las conclusiones extraídas del siguiente estudio son:

- 1) *Alternaria alternata*, *Pleospora herbarum*, *Cryptococcus terreus* y *Cladosporium sphaerospermum* se pueden encontrar de manera habitual en *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. radiata*, *P. sylvestris* y *P. uncinata* inoculados de *F. circinatum*. De estas especies, en las cinco especies hospedantes del estudio inoculadas con *F. circinatum*, *A. alternata* resultó siempre el taxón dominante con mayor abundancia relativa en todas las especies. Además, se ha asociado los siguientes hongos endófitos a las siguientes especies de pino inoculadas con *F. circinatum*: para la especie de *P. uncinata* se asociaron los endófitos *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Pilidium concavum*, *Psathyrella candolleana*, *Cadophora luteo-olivacea*, *Cryptococcus terreus*, *Cryptococcus diffluens*, *Filobasidium floriforme*, *Pleospora herbarum* y *Stagonosporopsis dorenboschii*; para la especie de *P. radiata* se asociaron los endófitos *Alternaria alternata*, *Psathyrella candolleana* y *Cadophora luteo-olivacea*; para la especie *P. sylvestris* el endófito *Aureobasidium pullulans*, *Lachnum virgineum*, *Nakazawaea ishiwadae*, *Uncinula necátor*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Peyronellaea calorpreferens* y *Meyerozyma guilliermondii*; para la especie *P. pinaster* se asociaron los endófitos *Criptococcus aerius*, *Malassezia restricta*, *Nakazawaea ishiwadae*, *Uncinula necátor*, *Lecythophora fasciculata*, *Meyerozyma guilliermondii* y *Epicoccum nigrum*; y para *P. nigra* son *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Cryptococcus terreus*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Pleospora herbarum*, *Pichia kluyveri* y *Stagonosporopsis dorenboschii*. En relación a las comunidades endófitas se encontró que:
  - a) Existe una relación inversa entre el nivel de dominancia dentro de la comunidad endófito y la equitatividad de dicha comunidad endófito en la especie de *P. uncinata*. Se encontró una heterogeneidad en el número de dominancias por hongos endófitos diferentes presentes en las comunidades endófitas entre cada especie de pino inoculada con *F. circinatum*.
  - b) Las especies de *P. pinaster* y *P. radiata* inoculadas de *F. circinatum* presentaron un nivel alto de diversidad taxonómica. Ambas especies susceptibles de patogenicidad por el hongo *F. circinatum*. No se puede asegurar que el valor alto

- se asocia a la especie de pino hospedante, pero si puede tener relación positiva la presencia de un hongo patógeno, como es el caso de *F. circinatum*.
- c) Se encontraron diferencias significativas entre la equitatividad taxonómica presente en la especie *P. radiata* y *P. uncinata*, ambas inoculadas con *F. circinatum*, donde los valores de dominancia son opuestos. Se puede asegurar que la equitatividad de las comunidades endófitas en ambas especies son distintas.
  - d) Se encontró diferencias significativas entre la riqueza taxonómica en las especies *P. radiata* y *P. sylvestris* frente a *P. uncinata*, todas inoculadas con *F. circinatum*. Se puede asegurar que la riqueza taxonómica siempre será menor en *P. radiata* y *P. sylvestris* que en *P. uncinata*.
  - e) Sería interesante, en un futuro, realizar un índice capaz de asociar estos conceptos para una evaluación de la salud forestal de especies vegetales y masas forestales. Otra línea interesante de investigación a raíz de estos resultados es determinar si la inoculación con un patógeno como *F. circinatum* ha alterado los resultados obtenidos de cada comunidad endófitas.
- 2) No fue posible detectar la presencia de *Fusarium circinatum*. Sin embargo, si se identificaron varias especies de *Fusarium* además de otra sin identificar. Esto es debido a que el marcador ITS seleccionado no tiene la precisión suficiente para identificar todas las especies de *Fusarium*. No se puede descartar la idea de que *F. circinatum* ha conseguido desarrollarse en todos los individuos.
  - 3) La secuenciación NGS aumenta el nivel de detalle al que se puede trabajar al tener una sensibilidad para detectar taxones mucho mayor que el método por secuenciación SANGER y comparación con base de datos. Por lo que es interesante, en un futuro utilizar ambas técnicas, debido a que se complementan, para obtener resultados con mayor precisión.

## 7. Bibliografía

- Abello, J. F., & Kelemu, S. (2006). Hongos endófitos: ventajas adaptativas que habitan en el interior de las plantas. *Revista Carpaica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 55–57.
- Ahmad, S., Khan, Z., Hagen, F., & Meis, J. F. (2014). Occurrence of triazole-resistant *Aspergillus fumigatus* with TR34/L98H mutations in outdoor and hospital environment in Kuwait. *Environmental Research*, 133, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.05.009>
- Anfodillo, T., Rento, S., Carraro, V., Furlanetto, L., Urbinati, C., & Carrer, M. (1998). Tree water relations and climatic variations at the alpine timberline : seasonal changes of sap flux and xylem water potential in *Larix decidua* Miller, *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus cembra* L. *Ann. Sci. For.*, 55, 159–172. <https://doi.org/10.1051/forest:19980110>
- Arnold, A. E., & Lutzoni, F. (2007). Diversity and host range of foliar fungal endophytes: are tropical leaves biodiversity hotspots? *Ecology*, 88(3), 541–549. <https://doi.org/10.1890/05-1459>
- Asturnatura.com. (n.d.). *Pleospora herbarum* (Pers.) Rabenh. Retrieved 1 July 2018, from <https://www.asturnatura.com/especie/pleospora-herbarum.html>
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2000). Evolutionary considerations of claims for physical dormancy-break by microbial action and abrasion by soil particles. *Seed Science Research*, 10(04), 409–413. <https://doi.org/10.1017/S0960258500000453>
- Bautista, R., Alonso, A., Grau, J. M., & Gómez, J. A. (n.d.). Tablas de producción de selvicultura media para las masas de *Pinus nigra* arn. de la sierra de cazorla, segura y las villas. Madrid: Departamento de Selvicultura CIFOR-INIA. Retrieved from <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/viewFile/6210/6137>
- Becerril, O. S., Sánchez, L. B., Pajares, J. A., Díez, J. J., Ingeniería, D. De, Universidad, F., & Ctra, D. E. (2008). Distribución de *Gremmeniella abietina* en noroeste de España y micoflora asociada. *Cuaderno Sociedad Española Ciencias Forestales*, 148, 143–148.
- Bezós, D., Martínez-Álvarez, P., Díez, J., & Fernández, M. (2015). The pine shoot beetle *Tomicus piniperda* as a plausible vector of *Fusarium circinatum* in northern Spain. *Annals of Forest Science*, 72, 1079–1088. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0515-4>

- Bezós García, D., Javier Díez Casero, J., & Fernández Fernández, M. (2015). Fungi and insects diversity associated to pitch canker disease in *Pinus radiata* in northern Spain. *MSc in Conservation and Sustainable Use of Forest System*. Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/3884/1/TFM-L56.pdf>
- Billingsley Tobias, T., Farrer, E. C., Rosales, A., Sinsabaugh, R. L., Suding, K. N., & Porrás-Alfaro, A. (2017). Seed-associated fungi in the alpine tundra: Both mutualists and pathogens could impact plant recruitment. *Fungal Ecology*, 30, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.08.001>
- Bloomberg, W. (1971). Diseases of Douglas-fir seedlings caused by *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*. Retrieved from [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1971Articles/Phyto61n05\\_467.pdf?origin=publication\\_detail](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1971Articles/Phyto61n05_467.pdf?origin=publication_detail)
- Bogino, S., Bravo, F., & Fernández Nieto, M. J. (2009). Clima y crecimiento forestal en ambientes mediterráneos: *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris* en España. *5º Congreso Forestal Español*, 1–9.
- Botella, L., Santamaría, O., & Díez, J. J. (2010). Fungi associated with the decline of *Pinus halepensis* in Spain. *Fungal Diversity*, 40(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13225-010-0025-5>
- Calama, R., Del Río, M., Coquillas, V., Cañellas, I., & Montero, G. (2004). Modelos de calidad de estación y de perfil de fuste para masas de *Pinus uncinata* Ram. en el Pirineo español. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de s*, 179–190. Retrieved from [http://www.inia.es/gcontrec/pub/176-190-\(12\)-%E8delos\\_de\\_cali\\_1162210532593.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/176-190-(12)-%E8delos_de_cali_1162210532593.pdf)
- Camargo, J. A. (1993). Must dominance increase with the number of subordinate species in competitive interactions? *Theory Biology*, 161, 537–542.
- Carrasco, A., Sanfuentes, E., Duran, A., & Valenzuela, S. (2016). Pitch canker, a potential threat to *Pinus radiata* plantations in Chile? *Cancro Resinoso Del Pino: Inverted-?Una Amenaza Potencial Para Las Plantaciones de Pinus Radiata En Chile?*, 73(2), 369–380. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432016000200369>
- Colwell, R. ., Mao, C. ., & Chang, J. (2005). Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia. *Sobre Diversidad Biológica: El*

Significado de Las Diversidades Alfa, Beta y Gamma, 73–84.  
<https://doi.org/84-932807-7-1>

- Cullings, K., Raleigh, C., & Vogler, D. R. (2005). Effects of severe dwarf mistletoe infection on the ectomycorrhizal community of a *Pinus contorta* stand in Yellowstone Park. *Canadian Journal of Botany*, 83(9), 1174–1180. <https://doi.org/10.1139/b05-100>
- Delgado, L. D. (2012). Guía para la elaboración de curvas de rarefacción utilizando el programa Estimates. *Guía Para La Elaboración de Curvas de Rarefacción Utilizando El Programa Estimates*.
- Evers, C. R., Wardropper, C. B., Branoff, B., Granek, E. F., Hirsch, S. L., Link, T. E., ... Wilson, C. (2018). The ecosystem services and biodiversity of novel ecosystems: A literature review. *Global Ecology and Conservation*, 13, e00362. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.e00362>
- Faeth, S. H., & Hammon, K. E. (1997). Fungal endophytes in oak trees: long-term patterns of abundance and associations with leafminers. *Ecology*, 78(3), 810–819. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[0810:FEIOTL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[0810:FEIOTL]2.0.CO;2)
- Feng, J., Zhu, L., & Wang, H. (2010). Stability of ecosystem induced by mutual interference between predators. *Procedia Environmental Sciences*, 2(5), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.007>
- Fernández-Rodríguez, S., Sadyś, M., Smith, M., Tormo-Molina, R., Skjøth, C. A., Maya-Manzano, J. M., ... Gonzalo-Garijo, Á. (2015). Potential sources of airborne *Alternaria* spp. spores in South-west Spain. *Science of the Total Environment*, 533, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.031>
- Gordon, T. R., Swett, C. L., & Wingfield, M. J. (2015). Management of *Fusarium* diseases affecting conifers. *Crop Protection*, 73, 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.018>
- Guerrero-Campo, J., Camarero, J. J., & Gutiérrez, E. (1998). Crecimiento estacional y caída de acículas en *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata*. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 7(1–2), 155–172. Retrieved from <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2809/2172>
- Hernandez-Escribano, L., Iturrutxa, E., Elvira-Recuenco, M., Berbegal, M., Campos, J. A., Renobales, G., ... Raposo, R. (2018). Herbaceous plants in the understory of a pitch canker-affected *Pinus radiata* plantation are endophytically infected with *Fusarium circinatum*.

*Fungal Ecology*, 32, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.12.001>

Heydari, A., & Pessarakli, M. (2010). A review on biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists. *Journal of Biological Sciences*, 10(4), 273–290. <https://doi.org/10.3923/jbs.2010.273.290>

Hocking, A. D., Miscamble, B. F., & Pitt, J. I. (1994). Water relations of *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Curvularia lunata* and *Curvularia pallescens*. *Mycological Research*, 98(1), 91–94. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80344-4](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80344-4)

Ingraham, J. L., Ingraham, C. A., Prentiss, H., Nieto, J. J., Quesada, E., & Ventosa, A. (1998). *Introducción a la microbiología*. Reverté. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=dUEZSXaz2UC&pg=PA623&dq=Cryptococcus+es&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj68du6gMrVAhVCKFAKHU4YAbk4ChDoAQhDMAQ#v=onepage&q=Cryptococcus+es&f=false>

Iturrutxa, E., Ganley, R. J., Wright, J., Heppe, E., Steenkamp, E. T., Gordon, T. R., & Wingfield, M. J. (2011). A genetically homogenous population of *Fusarium circinatum* causes pitch canker of *Pinus radiata* in the Basque Country, Spain. *Fungal Biology*, 115(3), 288–295. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2010.12.014>

Izquierdo, R., Alarcón, M., Mazón, J., Pino, D., De Linares, C., Aguinagalde, X., & Belmonte, J. (2017). Are the Pyrenees a barrier for the transport of birch (*Betula*) pollen from Central Europe to the Iberian Peninsula? *Science of the Total Environment*, 575, 1183–1196. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.192>

Jacobs, A., Coutinho, T. A., Wingfield, M. J., Ahumada, R., & Wingfield, B. D. (2007). Characterization of the pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*, from Chile. *South African Journal of Science*, 103(5–6), 253–257. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)31190-X](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)31190-X)

Jalgaonwala, R. E., Mohite, B. V., & Mahajan, R. T. (2011). A review : Natural products from plant associated endophytic fungi. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 1(2), 21–32.

Kazartsev, I., Shorohova, E., Kapitsa, E., & Kushnevskaia, H. (2018). Decaying *Picea abies* log bark hosts diverse fungal communities. *Fungal Ecology*, 33, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.12.005>

Kohout, P., Bahram, M., Pölme, S., & Tedersoo, L. (2017). Elevation, space and host plant

- species structure *Ericaceae* root-associated fungal communities in Papua New Guinea. *Fungal Ecology*, 30, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.09.004>
- Koide, R. T., Ricks, K. D., & Davis, E. R. (2017). Climate and dispersal influence the structure of leaf fungal endophyte communities of *Quercus gambelii* in the eastern Great Basin, USA. *Fungal Ecology*, 30, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.08.002>
- Lehtonen, P. T., Helander, M., Siddiqui, S. A., Lehto, K., & Saikkonen, K. (2006). Endophytic fungus decreases plant virus infections in meadow ryegrass (*Lolium pratense*). *Biology Letters*, 2(4), 620–3. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0499>
- Lindahl, B. D., Nilsson, R. H., Tedersoo, L., Abarenkov, K., Carlsen, T., Kjølner, R., ... Kauterud, H. (2013). Fungal community analysis by high-throughput sequencing of amplified markers—a user's guide. *The New Phytologist*, 199(1), 288–99. <https://doi.org/10.1111/nph.12243>
- Martín-García, J., Espiga, E., Pando, V., & Diez, J. J. (2011). Factors influencing endophytic communities in poplar plantations. *Silva Fennica*, 45(2), 169–180. <https://doi.org/10.14214/sf.40>
- Martín-García, J., Müller, M. M., & Diez, J. J. (2012). ITS-based comparison of endophytic mycota in twigs of native *Populus nigra* and cultivated *P. X euramericana* (cv. I-214) stands in Northern Spain. *Annals of Forest Science*, 69(1), 49–57. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0129-4>
- Martínez-Álvarez, P., Fernández-González, R. A., Sanz-Ros, A. V., Pando, V., & Diez, J. J. (2016). Two fungal endophytes reduce the severity of pitch canker disease in *Pinus radiata* seedlings. *Biological Control*, 94, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.11.011>
- Martínez-Álvarez, P., Pando, V., & Diez, J. J. (2014). Alternative species to replace Monterey pine plantations affected by pitch canker caused by *Fusarium circinatum* in northern Spain. *Plant Pathology*, 63(5), 1086–1094. <https://doi.org/10.1111/ppa.12187>
- Martínez García, F. (1999). Los bosques de *Pinus sylvestris* L. del sistema central español. Distribución, hisotria, composición florística y tipología. Universidad complutense de Madrid. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/19708848.pdf>
- McMullin, D. R., Nguyen, H. D. T., Daly, G. J., Menard, B. S., & Miller, J. D. (2018). Detection of foliar endophytes and their metabolites in *Picea* and *Pinus* seedling needles. *Fungal Ecology*, 31, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.09.003>

- Millberg, H., Boberg, J., & Stenlid, J. (2015). Changes in fungal community of Scots pine (*Pinus sylvestris*) needles along a latitudinal gradient in Sweden. *Fungal Ecology*, *17*, 126–139. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.05.012>
- Möykkynen, T., Capretti, P., & Pukkala, T. (2015). Modelling the potential spread of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker in Europe. *Annals of Forest Science*, *72*(2), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0412-2>
- Muñoz-Adalia, E. J., Flores-Pacheco, J. A., Martínez-Álvarez, P., Martín-García, J., Fernández, M., & Diez, J. J. (2016). Effect of mycoviruses on the virulence of *Fusarium circinatum* and laccase activity. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *94*, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.03.002>
- Muñoz-Adalia, Sanz-Ros, Flores-Pacheco, Hantula, Vainio, E. J., & Fernández, Y. (2017). Diversidad ecológica y transmisión de micovirus en la flora fúngica asociada a *Tomicus piniperda* en pinares amenazados por *Fusarium circinatum*. In *7º Congreso forestal español* (pp. 1–13). Retrieved from <http://7cfe.congresoforestal.es/sites/default/files/actas/7CFE01-001.pdf>
- Nally, M. C., Pesce, V. M., Maturano, Y. P., Muñoz, C. J., Combina, M., Toro, M. E., ... Vazquez, F. (2012). Biocontrol of *Botrytis cinerea* in table grapes by non-pathogenic indigenous *Saccharomyces cerevisiae* yeasts isolated from viticultural environments in Argentina. *Postharvest Biology and Technology*, *64*(1), 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.09.009>
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Wagner, H. (2015). *Vegan: community ecology package*. R package *vegan*, version. 2.2-1 CRAN.
- Oliveira, J. A., González, E., Costal, L., & Castro, P. (2013). Persistencia, producción de materia seca y calidad nutritiva del raigrás inglés infectado con una cepa de hongo endofito en el cuarto año de ensayo en galicia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Osono, T. (2006). Role of phyllosphere fungi of forest trees in the development of decomposer fungal communities and decomposition processes of leaf litter. *Canadian Journal of Microbiology*, *52*(8), 701–716. <https://doi.org/10.1139/w06-023>
- Paris, M. (2016). *Diversidad y distribución de hongos endófitos en endemismos canarios departamento de botánica, ecología y fisiología vegetal de la facultad de ciencias sección*

---

Alumno: Esteban Torres Sánchez

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes



*biología e instituto de productos naturales (ipna csic)*. Retrieved from [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6750/Diversidad y distribucion de hongos endofitos en endemismos canarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6750/Diversidad_y_distribucion_de_hongos_endofitos_en_endemismos_canarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pérez-Sierra, A., Landeras, E., Len, M., Berbegal, M., Garc, J., Nez, A.-J., ... Griffith, G. W. (2007). Characterization of *Fusarium circinatum* from *Pinus* spp. in northern Spain. *Mycological Research*, (British Mycological Society), 832–839. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.05.009>

Pérez, A., Rojas Sierra, J., & Valen, H. (2009). Biología y perspectiva de microorganismos endófitos asociados a plantas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 1(2), 286–301. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3269742&info=resumen&idioma=ENG>

Peršoh, D., Melcher, M., Flessa, F., & Rambold, G. (2010). First fungal community analyses of endophytic ascomycetes associated with *Viscum album* ssp. *austriacum* and its host *Pinus sylvestris*. *Fungal Biology*, 114(7), 585–596. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2010.04.009>

Petrini, O. (1991). Fungal Endophytes of Tree Leaves. In J.H. Andrews et al. (eds) (Ed.), *Microbial Ecology of Leaves* (pp. 179–197). Springer-Verlag, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3168-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3168-4_9)

Porter, B., Wingfield, M. J., & Coutinho, T. A. (2009). Susceptibility of South African native conifers to the pitch canker pathogen, *Fusarium circinatum*. *South African Journal of Botany*, 75(2), 380–382. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.11.003>

Raposo, R. (2006). La enfermedad del chancro resinoso de los pinos. *Boleín de Información Técnica*, 242, 38–39.

Rodríguez-Rajo, F. J., Iglesias, I., & Jato, V. (2005). Variation assessment of airborne *Alternaria* and *Cladosporium* spores at different bioclimatical conditions. *Mycological Research*, 109(4), 497–507. <https://doi.org/10.1017/S0953756204001777>

Rodríguez-Santiago, B., & Armengol, L. (2012). Tecnologías de secuenciación de nueva generación en diagnóstico genético pre- y postnatal. *Diagnóstico Prenatal*, 23(2), 56–66. <https://doi.org/10.1016/J.DIAPRE.2012.02.001>

- Romão, D., Staley, C., Ferreira, F., Rodrigues, R., Sabino, R., Veríssimo, C., ... Brandão, J. (2017). Next-generation sequencing and culture-based techniques offer complementary insights into fungi and prokaryotes in beach sands. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 351–358. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.04.036>
- Romón, P., Iturrondobeitia, J. C., Gibson, K., Lindgren, B. S., & Goldarazena, A. (2007). Quantitative association of bark beetles with pitch canker fungus and effects of verbenone on their semiochemical communication in monterey pine forests in northern Spain. *Environ. Entomol* (Vol. 36). Retrieved from <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/36/4/743/465234>
- Romón, P., Troya, M., Fernández de Gamarra, M. E., Eguzkitza, A., Iturrondobeitia, J. C., & Goldarazena, A. (2008). Fungal communities associated with pitch canker disease of *Pinus radiata* caused by *Fusarium circinatum* in northern Spain: association with insects and pathogen-saprophyte antagonistic interactions. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 30(2), 241–253. <https://doi.org/10.1080/07060661.2008.10540539>
- Saikkonen, K. (2007). Forest structure and fungal endophytes. *Fungal Biology Reviews*, 21(2–3), 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.05.001>
- Saikkonen, K., Young, C. A., Helander, M., & Schardl, C. L. (2016). Endophytic Epichloë species and their grass hosts: from evolution to applications. *Plant Molecular Biology*, 90(6), 665–675. <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0399-6>
- Sánchez-Rodríguez, A. R., Raya-Díaz, S., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M., del Campillo, M. C., & Quesada-Moraga, E. (2018). An endophytic *Beauveria bassiana* strain increases spike production in bread and durum wheat plants and effectively controls cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) larvae. *Biological Control*, 116, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.012>
- Sanchez, F., Rodriguez, R., Rojo, A., Alvarez, J. G., Lopez, C., Gorgoso, J., & Castedo, F. (2003). Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Forest Systems*, 12(2), 65–83. Retrieved from <http://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2497>
- Sanz-Ros, A. V., Müller, M. M., San Martín, R., & Diez, J. J. (2015). Fungal endophytic communities on twigs of fast and slow growing Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Spain. *Fungal Biology*, 119(10), 870–883. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.06.008>
- Schmit, J. P., & Mueller, G. M. (2007). An estimate of the lower limit of global fungal diversity.

---

Alumno: Esteban Torres Sánchez

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Máster en Ingeniería de Montes

- Biodiversity and Conservation*, 16(1), 99–111. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9129-3>
- Schulz, B., & Boyle, C. (2005). The endophytic continuum. *Mycological Research*, 109(6), 661–686. <https://doi.org/10.1017/S095375620500273X>
- Sharma, R., & Sumbali, G. (2014). Fungal diversity associated with the commercial grades of walnut kernels sold in the markets of Jammu and Kashmir State (India). *Ijpsi.Org*, 3(6), 50–57. Retrieved from [http://www.ijpsi.org/Papers/Vol3\(6\)/IO361050057.pdf](http://www.ijpsi.org/Papers/Vol3(6)/IO361050057.pdf)
- Shin, J. M., Luo, T., Lee, K. H., Guerreiro, D., Botero, T. M., McDonald, N. J., & Rickard, A. H. (2018). Deciphering Endodontic Microbial Communities by Next-generation Sequencing. *Journal of Endodontics*. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2018.04.003>
- Sieber, T. N. (2007). Endophytic fungi in forest trees: are they mutualists? *Fungal Biology Reviews*, 21(2–3), 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.05.004>
- Steenkamp, E. T., Makhari, O. M., Coutinho, T. A., Wingfield, B. D., & Wingfield, M. J. (2014). Evidence for a new introduction of the pitch canker fungus *Fusarium circinatum* in South Africa. *Plant Pathology*, 63(3), 530–538. <https://doi.org/10.1111/ppa.12136>
- Tayung, K., & Jha, D. K. (2010). Antimicrobial endophytic fungal assemblages inhabiting bark of *Taxus baccata* L. of Indo-Burma mega biodiversity hotspot. *Indian Journal of Microbiology*, 50(S1), 74–81. <https://doi.org/10.1007/s12088-010-0056-3>
- Traveset, A. (1999). La importancia de los mutualismos para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas insulares. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72, 527–538.
- Verweij, P. E., Snelders, E., Kema, G. H., Mellado, E., & Melchers, W. J. (2009). Azole resistance in *Aspergillus fumigatus*: a side-effect of environmental fungicide use? *The Lancet Infectious Diseases*, 9(12), 789–795. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(09\)70265-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(09)70265-8)
- Wadud Abdullah, I., Casero Díez, J. J., Martín García, J., & Martínez Álvarez, P. (2017). Susceptibility of broadleaved and crop species to *Fusarium circinatum* and application of endophytes, chitosan and propolis to reduce the severity of the pitch canker disease. Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/26391/1/TFM-L325.pdf>
- Welbergen, J. A., Klose, S. M., Markus, N., & Eby, P. (2008). Climate change and the effects of temperature extremes on Australian flying-foxes. *Proceedings. Biological Sciences*, 275(1633), 419–25. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1385>

- Wiedmann, M., & Carroll, L. M. (2018). Next-Generation Sequencing. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21792-7>
- Wikler, K., Storer, A. J., Newman, W., Gordon, T. R., & Wood, D. L. (2003). The dynamics of an introduced pathogen in a native Monterey pine (*Pinus radiata*) forest. *Forest Ecology and Management*, 179(1–3), 209–221. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00524-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00524-8)
- Wilson, D. (1995). Endophyte: The Evolution of a Term, and Clarification of Its Use and Definition. *Oikos*, 73(2), 274. <https://doi.org/10.2307/3545919>
- Wingfield, M. J., Hammerbacher, A., Ganley, R. J., Steenkamp, E. T., Gordon, T. R., Wingfield, B. D., & Coutinho, T. A. (2008). Pitch canker caused by *Fusarium circinatum* - A growing threat to pine plantations and forests worldwide. *Australasian Plant Pathology*, 37(4), 319–334. <https://doi.org/10.1071/AP08036>
- Wingfield, M. J., Jacobs, A., Coutinho, T. A., Ahumada, R., & Wingfield, B. D. (2002). First report of the pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*, on pines in Chile. *Plant Pathology*, 51(3), 397–397.
- Zabalgoeazcoa, I. (2008). Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6, 138–146. Retrieved from [www.inia.es/sjar](http://www.inia.es/sjar)
- Zak, J., & Willig, M. (2004). Fungal biodiversity patterns. *Fungal Biodiversity Patterns*.
- Zalar, P., de Hoog, G. S., Schroers, H.-J., Crous, P. W., Groenewald, J. Z., & Gunde-Cimerman, N. (2007). Phylogeny and ecology of the ubiquitous saprobe *Cladosporium sphaerospermum*, with descriptions of seven new species from hypersaline environments. *Studies in Mycology*, 58, 157–183. <https://doi.org/10.3114/SIM.2007.58.06>
- Zamora, P., Martínez-Ruiz, C., & Diez, J. J. (2008). Fungi in needles and twigs of pine plantations from northern Spain. Retrieved from [http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/30\\_11.pdf](http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/30_11.pdf)



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
Máster en Ingeniería de Montes**

**“Estudio de la diversidad fúngica en  
cinco especies de pino inoculadas  
con *Fusarium circinatum*”**

**ANEJO: TABLAS Y  
GRÁFICOS**

Tabla 1. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS.

Taxón	Código	Taxón	Código
Absidia spinosa	Absinosa	Melanospora tiffanii	Melaanii
Acremonium alternatum	Acreatum	Metacordyceps chlamydosporia	Metaoria
Acremonium chrysogenum	Acreenum	Metarhizium anisopliae	Metaliae
Acremonium implicatum	Acrentum	Metarhizium flavoviride	Metaride
Acremonium persicinum	Acreinum	Metschnikowia chrysoperlae	Metsrlae
Acremonium sp.	Acre sp.	Metschnikowia pulcherrima	Metsrima
Acrostalagmus luteoalbus	Acrolbus	Metschnikowia sp.	Mets sp.
Agrocybe pediades	Agroades	Meyerozyma guilliermondii	Meyendii
Alternaria alternata	Altenata	Microascus sp.	Micr sp.
Alternaria cinerariae	Alteriae	Microcyclospora quercina	Micrcina
Alternaria leptinellae	Altellae	Microcyclospora tardicrescens	Micrcens
Alternaria soliaridae	Alteidae	Microdiplodia sp.	Microdp.
Amauroascus albicans	Amaucans	Monochaetia monochaeta	Monoaeta
Amaurodon mustialaensis	Amaunsis	Monographella cucumerina	Monorina
Arachnopeziza aurata	Aracrata	Mortierella ambigua	Mortigua
Archaeorhizomyces sp.	Arch sp.	Mortierella amoeboides	Mortidea
Armillaria mellea	Armillia	Mortierella bainieri	Mortieri
Arthrinium kogelbergense	Arthense	Mortierella clonocystis	Mortstis
Arthrobotrys brochopaga	Arthpaga	Mortierella elongata	Mortgata
Arthrobotrys foliicola	Arthcola	Mortierella exigua	Mortigua
Arthrographis sp.	Arth sp.	Mortierella humilis	Mortilis
Arthrospira hispanica	Arthnica	Mortierella oligospora	Mortpora
Articulospora sp.	Arti sp.	Mortierella sp.	Mort sp.
Ascobolus sp.	Asco sp.	Mortierella turficola	Mortcola
Ascochyta manawaorae	Ascoorae	Mucor bainieri	Mucoieri
Aspergillus amstelodami	Aspedami	Mucor brunneogriseus	Mucoseus
Aspergillus brasiliensis	Aspersis	Mucor circinelloides	Mucoides
Aspergillus felis	Aspeelis	Mucor laxorhizus	Mucoizus
Aspergillus frequens	Aspeuens	Mycena sp.	Myce sp.
Aspergillus fumigatus	Aspeatus	Mycocarthritis corallina	Mycolina
Aspergillus kanagawaensis	Aspensis	Mycosphaerella dearnessii	Mycossii
Aspergillus lanosus	Aspeosus	Mycosphaerella intermedia	Mycoedia
Aspergillus luppii	Aspepii	Myriangium sp.	Myri sp.
Aspergillus melleus	Aspeleus	Myrothecium sp.	Myro sp.
Aspergillus niger	Aspeiger	Myxotrichum sp.	Myxo sp.
Aspergillus ochraceus	Aspeceus	Nakazawaea ernobii	Nakaobii

Tabla 2. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS (Cont. I).

Taxón	Código	Taxón	Código
Aspergillus piperis	Aspeeris	Nakazawaea ishiwadae	Nakaadae
Aspergillus sclerotiorum	Aspeorum	Nectria bactridioides	Nectides
Aspergillus sydowii	Aspeowii	Nectria cinnabarina	Nectrina
Aspergillus terreus	Aspereus	Neobulgaria sp.	Neob sp.
Aspergillus wentii	Aspentii	Neonectria sp.	Neon sp.
Athelia sp.	Athe sp.	Neosartorya sp.	Neoa sp.
Aureobasidium pullulans	Aurelans	Neosetophoma sp.	Neos sp.
Aureobasidium sp.	Aure sp.	Neostagonospora caricis	Neosicis
Auricularia sp.	Auri sp.	Obba valdiviana	Obbaiana
Auxarthron umbrinum	Auxainum	Occultifur sp.	Occu sp.
Bacidia chlorotricula	Bacicula	Ochrocladosporium sp.	Ochr sp.
Bartalinea robillardoides	Bartides	Ochroconis tshawytschae	Ochrchae
Beauveria amorpha	Beaurpha	Oidiodendron rhodogenum	Oidienum
Bionectria ralfsii	Bionsfii	Oliveonia pauxilla	Olivilla
Bipolaris iridis	Bipoidis	Omphalotus illudens	Omphdens
Bjerkandera sp.	Bjer sp.	Pachylepyrium nubicola	Pachcola
Boeremia exigua	Boerigua	Paecilomyces lilacinus	Paecinus
Botrytis cinerea	Botrerea	Paecilomyces marquandii	Paecndii
Brachyphoris oviparasitica	Bractica	Paecilomyces niveus	Paecveus
Brettanomyces bruxellensis	Bretnsis	Paraconiothyrium africanum	Paraanum
Bullera dendrophila	Bullhila	Paraconiothyrium variabile	Parabile
Bullera globospora	Bullpora	Paraglomus sp.	Paraglp.
Byssosclamyces zollerniae	Byssniae	Paraphaeosphaeria pilleata	Paraeata
Cadophora luteo-olivacea	Cadoacea	Paraphaeosphaeria sp.	Paraphp.
Cadophora sp.	Cado sp.	Paraphoma chrysanthemicola	Paracola
Calostoma sp.	Calo sp.	Paraphoma sp.	Para sp.
Calycina claroflava	Calylava	Peltaster fructicola	Peltcola
Camarosporium sp.	Cama sp.	Penicillium abidjanum	Penjanum
Candida parapsilosis	Candosis	Penicillium adametzii	Penitzii
Candida railenensis	Candnsis	Penicillium adametzioides	Peniides
Candida sp.	Cand sp.	Penicillium alexiae	Penixiae
Candida stellata	Candata	Penicillium bialowiezense	Peniense
Candida subhashii	Candshii	Penicillium bilaiae	Peniaiae
Candida vini	Candvini	Penicillium boreae	Penireae
Capnodium sp.	Capn sp.	Penicillium brevicompactum	Penictum
Capronia semi-immersa	Caprersa	Penicillium charlesii	Peniesii

Tabla 3. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS (Cont. II).

Taxón	Código	Taxón	Código
Capronia sp.	Capr sp.	Penicillium citrinum	Peniinum
Catenulostroma hermanusense	Cateense	Penicillium corylophilum	Peniilum
Catenulostroma protearum	Catearum	Penicillium decumbens	Penibens
Cephalosporium serrae	Cephrae	Penicillium donkii	Peninkii
Cephalotheca sulfurea	Cephurea	Penicillium expansum	Peninum
Ceratobasidium sp.	Cera sp.	Penicillium implicatum	Penicum
Ceriporia lacerata	Cerirata	Penicillium lapidosum	Peniosum
Chaetomium sp.	Chae sp.	Penicillium madriti	Peniriti
Chaetosphaeria inaequalis	Chaealis	Penicillium menonorum	Peniorum
Chaetosphaeronema sp.	Chae sp.	Penicillium meridianum	Penianum
Chalara sp.	Chal sp.	Penicillium olsonii	Penionii
Chalara vaccinii	Chalinii	Penicillium onobense	Penicnse
Chromelosporium sp.	Chro sp.	Penicillium paneum	Penineum
Chrysosporium carmichaelii	Chryelii	Penicillium polonicum	Penicum
Chrysosporium lobatum	Chryatum	Penicillium primulinum	Peniinum
Chrysosporium pilosum	Chryosum	Penicillium reticulisporum	Penicum
Chrysosporium sp.	Chry sp.	Penicillium roseopurpureum	Penireum
Ciboria sp.	Cibo sp.	Penicillium sizovae	Peniovae
Cistella sp.	Cist sp.	Penicillium sp.	Peni sp.
Cladophialophora sp.	Clad sp.	Penicillium spathulatum	Penlatum
Cladorrhinum bulbillosum	Cladosum	Penicillium steckii	Penickii
Cladosporium cladosporioides	Cladides	Penicillium tularense	Peniense
Cladosporium exasperatum	Cladatum	Penicillium virgatum	Peniatum
Cladosporium fusiforme	Cladorme	Penicillium westlingii	Peningii
Cladosporium halotolerans	Cladrans	Peniophora aurantiaca	Peniaca
Cladosporium herbarum	Cladarum	Peniophora sp.	Peni sp.
Cladosporium ramotenellum	Cladllum	Pestalotiopsis sp.	Pest sp.
Cladosporium sp.	Clados sp.	Pestalotiopsis verruculosa	Pestlosa
Cladosporium sphaerospermum	Cladrmum	Peterozyma xylosa	Petelosa
Cladosporium velox	Cladelox	Peyronellaea calorpreferens	Peyrens
Claroideoglosum sp.	Clar sp.	Peziza sp.	Pezi sp.
Clavaria sp.	Clav sp.	Phaeoacremonium hungaricum	Phaeicum
Clavisporea lusitaniae	Clavniae	Phaeoacremonium iranianum	Phaeinum
Clavulina castaneipes	Clavipes	Phaeococcomyces sp.	Phae sp.
Clitocybe sp.	Clit sp.	Phaeomoniella chlamydospora	Phaepora
Clitopilus hobsonii	Clitonii	Phaeomoniella niveniae	Phaeniae



Tabla 4. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS (Cont.III).

Taxón	Código	Taxón	Código
Clonostachys rosea	Clonosea	Phaeomoniella sp.	Phae sp.
Collophora paarla	Collarla	Phaeosclera dematioides	Phaeides
Coniochaeta cateniformis	Conirmis	Phaeosphaeria sp.	Phae sp.
Coniochaeta lignicola	Conicola	Phaeotheca sp.	Phaeosp.
Coniothyrium carteri	Coniteri	Phaeotheca triangularis	Phaearis
Coniothyrium sidae	Coniidae	Phaeothecoidea sp.	Phae sp.
Conlarium sp.	Conl sp.	Phialemoniopsis ocularis	Phiaaris
Conocybe dunensis	Cononsis	Phialemonium atrogriseum	Phiaseum
Coprinellus curtus	Coprtrtus	Phialocephala dimorphospora	Phiapora
Coprinellus sp.	Copr sp.	Phialocephala glacialis	Phiaalis
Coprinopsis calospora	Coprpora	Phialophora geniculata	Phialata
Coprinopsis nivea	Coprivea	Phialophora hyalina	Phialina
Cortinarius sp.	Cort sp.	Phialosimplex chlamydosporus	Phiaorus
Corynascus sp.	Cory sp.	Phoma bulgarica	Phomrica
Crocicreas sp.	Croc sp.	Phoma huancayensis	Phomnsis
Cryptococcus aerius	Cryprius	Phoma paspali	Phompali
Cryptococcus albidus	Crypidus	Phoma plurivora	Phomvora
Cryptococcus arrabidensis	Crypansis	Phoma puncteliae	Phomliae
Cryptococcus chernovii	Crypovii	Phoma sp.	Phom sp.
Cryptococcus diffluens	Crypuens	Phomopsis columnaris	Phomaris
Cryptococcus dimennae	Crypnae	Pichia fermentans	Pichtans
Cryptococcus friedmannii	Crypnnii	Pichia kluyveri	Pichveri
Cryptococcus heimaeyensis	Cryphnsis	Pichia manshurica	Pichrica
Cryptococcus huempii	Crypmpii	Pichia membranifaciens	Pichiens
Cryptococcus laurentii	Crypntii	Pilidium acerinum	Piliinum
Cryptococcus magnus	Crypgnus	Pilidium concavum	Piliavum
Cryptococcus oeirensis	Cryponsis	Piriformospora indica	Piridica
Cryptococcus phenolicus	Crypicus	Pisolithus arhizus	Pisoizus
Cryptococcus podzolicus	Crypticus	Pisolithus sp.	Piso sp.
Cryptococcus saitoi	Crypitoi	Pleospora herbarum	Pleoarum
Cryptococcus shivajii	Crypajii	Podospora communis	Podounis
Cryptococcus sp.	Cryp sp.	Podospora multipilosa	Podolosa
Cryptococcus terreus	Crypreus	Podospora sp.	Podo sp.
Cryptococcus terricola	Crypcola	Polycephalomyces sinensis	Polynsis
Cryptococcus uzbekistanensis	Crypnsis	Polyporus arcularius	Polyrius
Cryptococcus victoriae	Crypriae	Preussia antarctica	Preutica

Tabla 5. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS (Cont. IV).

Taxón	Código	Taxón	Código
Cryptococcus wieringae	Crypngae	Preussia flanaganii	Preuanii
Curvibasidium cygneicollum	Curvllum	Preussia sp.	Preu sp.
Curvularia inaequalis	Curvalis	Proliferodiscus sp.	Prol sp.
Cylindrocarpon sp.	Cyli sp.	Psathyrella candolleana	Psateana
Cylindrocladiella parva	Cyliarva	Psathyrella sphaerocystis	Psatstis
Cyphellophora vermispora	Cyphpora	Pseudeurotium hygrophilum	Pseuillum
Cystobasidium slooffiae	Cystfiae	Pseudogymnoascus verrucosus	Pseuosus
Cystofilobasidium capitatum	Cystatum	Pseudoramichloridium henryi	Pseunryi
Cystofilobasidium infirmominiatum	Cystatum	Pterula sp.	Pter sp.
Cystofilobasidium macerans	Cystrans	Purpureocillium lavendulum	Purpulum
Cytospora austromontana	Cytotana	Purpureocillium lilacinum	Purpinum
Dactylella oxyspora	Dactpora	Pyrenochaeta keratinophila	Pyrehila
Dactylonectria alcacerensis	Dactnsis	Pyrenochaeta sp.	Pyre sp.
Debaryomyces hansenii	Debaenii	Pyrenochaetopsis leptospora	Pyrepora
Devriesia sp.	Devr sp.	Pyrenochaetopsis pratorum	Pyeorum
Diaporthe australafricana	Diapcana	Pyrenochaetopsis sp.	Pyrensp.
Didymella exigua	Didyigua	Pyrenophora avenae	Pyreenae
Didymella urticicola	Didycola	Rasamsonia emersonii	Rasaonii
Dioszegia catarinonii	Diosonii	Resinicium furfuraceum	Resiceum
Dioszegia hungarica	Diosrica	Rhinocladiella similis	Rhinilis
Dioszegia takashimae	Diosimae	Rhinocladiella sp.	Rhin sp.
Drechslera sp.	Drec sp.	Rhizopogon verii	Rhizerii
Duddingtonia flagrans	Duddrans	Rhizopycnis vagum	Rhizagum
Endoconidioma populi	Endopuli	Rhizoscyphus sp.	Rhiz sp.
Endosporium sp.	Endo sp.	Rhodosporidium babjevae	Rhodevae
Entrophospora sp.	Entr sp.	Rhodosporidium kratochvilovae	Rhodovae
Epicoccum nigrum	Epicgrum	Rhodosporidium lusitaniae	Rhodniae
Erythrobasidium hasegawianum	Erytanum	Rhodosporidium sp.	Rhod sp.
Eucasphaeria capensis	Eucansis	Rhodotorula aurantiaca	Rhodiaca
Exidia sp.	Exid sp.	Rhodotorula eucalyptica	Rhodtica
Exophiala crusticola	Exopcola	Rhodotorula ferulica	Rhodlica
Exophiala equina	Exopuina	Rhodotorula lamellibrachiae	Rhodhae
Exophiala eucalyptorum	Exoporum	Rhodotorula laryngis	Rhodngis
Exophiala lacus	Exopacus	Rhodotorula mucilaginosa	Rhodnosa
Exophiala opportunistica	Exoptica	Rhodotorula nothofagi	Rhodfagi
Exophiala salmonis	Exoponis	Rosellinia necatrix	Rosetrix

Tabla 6. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS (Cont. V).

Taxón	Código	Taxón	Código
Exophiala sideris	Exoperis	Saccharomyces cerevisiae	Saccsiae
Exophiala xenobiotica	Exophica	Sagenomella diversispora	Sagepora
Fibulobasidium inconspicuum	Fibuicum	Sagenomella sp.	Sage sp.
Filobasidium floriforme	Filoorme	Sakaguchia sp.	Saka sp.
Fimetariella rabenhorstii	Fimestii	Sarea sp.	Sare sp.
Fusarium acutatum	Fusaatum	Sarocladium strictum	Saroctum
Fusarium delphinoides	Fusaides	Scedosporium prolificans	Scedcans
Fusarium keratoplasticum	Fusaicum	Schizothecium carpinicola	Schicola
Fusarium oxysporum	Fusaorum	Schizothecium glutinans	Schinans
Fusarium pseudensiforme	Fusaorme	Scleroderma cepa	Sclecepa
Fusarium sp.	Fusa sp.	Sclerostagonospora sp.	Scle sp.
Ganoderma lucidum	Ganoidum	Sclerotinia sclerotiorum	Scleorum
Geastrum saccatum	Geasatum	Scolecobasidium excentricum	Scolicum
Geminibasidium sp.	Gemi sp.	Scolecobasidium sp.	Scol sp.
Geomyces auratus	Geomatus	Scutellinia sp.	Scut sp.
Geomyces sp.	Geom sp.	Sebacina sp.	Seba sp.
Geopyxis sp.	Geop sp.	Seimatosporium vitis	Seimitis
Gibberella intricans	Gibbcans	Serendipita sp.	Sere sp.
Gibellulopsis sp.	Gibe sp.	Serendipita vermifera	Serefera
Glomerella tucumanensis	Glomnsis	Setophaeosphaeria sp.	Seto sp.
Glomus sp.	Glom sp.	Sistotrema brinkmannii	Sistnii
Gongronella butleri	Gongleri	Sistotrema sp.	Sist sp.
Guehomyces pullulans	Guehlans	Spiromastix warcupii	Spirupii
Gymnascella aurantiaca	Gymniaca	Sporidiobolus johnsonii	Sporonii
Gymnopilus sp.	Gymn sp.	Sporobolomyces poonsookiae	Sporkiae
Haematonectria haematococca	Haemocca	Sporobolomyces ruberrimus	Sporimus
Hannaella surugaensis	Hannnsis	Sporobolomyces sp.	Spor sp.
Heterobasidion annosum	Heteosum	Sporobolomyces symmetricus	Sporicus
Hispidiconidioma sp.	Hisp sp.	Sporormia sp.	Spor sp.
Holocotylon brandegeeanum	Holoanum	Sporormiella pulchella	Sporella
Holtermannia corniformis	Holtrmis	Stachybotrys chartarum	Stacarum
Hormonema sp.	Horm sp.	Stachybotrys echinata	Stacnata
Hortaea thailandica	Hortdica	Stachybotrys sp.	Stac sp.
Humicola grisea	Humiisea	Stagonosporopsis dorenboschii	Stagchii
Humicola sp.	Humi sp.	Steccherinum oreophilum	Stecilum
Hyaloscypha sp.	Hyal sp.	Stemphylium loti	Stemloti

Tabla 7. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS (Cont. VI).

Taxón	Código	Taxón	Código
Hydropisphaera erubescens	Hydcens	Stephanonectria sp.	Step sp.
Hygrocybe conica	Hygrnica	Sydowia sp.	Sydo sp.
Hyphodermella rosae	Hyphosae	Talaromyces radicus	Talaicus
Hyphodontia quercina	Hyphcina	Talaromyces stollii	Talallii
Hyphodontia radula	Hyphdula	Teratosphaeria mexicana	Teracana
Hypholoma fasciculare	Hyphlare	Terfezia sp.	Terf sp.
Hypocrea atroviridis	Hypoidis	Tetracladium marchalianum	Tetranum
Idriella rara	Idrirara	Tetracladium maxilliforme	Tetrome
Immersidiscosia eucalypti	Immeypti	Tetracladium sp.	Tetr sp.
Inocybe curvipes	Inocipes	Tetraplophaeria sasicola	Tetrcola
Isaria cateniannulata	Isarlata	Torula sp.	Toru sp.
Issatchenka terricola	Issacola	Torulaspora delbrueckii	Toruckii
Kabatiella sp.	Kaba sp.	Trechispora cohaerens	Trecrens
Kazachstania bulderi	Kazaderi	Trechispora sp.	Trec sp.
Kazachstania servazzii	Kazazzii	Tremella sp.	Trem sp.
Kondoa aerea	Konderia	Trichoderma rossicum	Tricicum
Kuraishia sp.	Kura sp.	Trimmatostroma cordae	Trimrdae
Laccaria sp.	Lacc sp.	Truncatella angustata	Truntata
Lachancea thermotolerans	Lachrans	Truncatella helichrysi	Trunrysi
Lachnellula resinaria	Lacharia	Tylospora sp.	Tylo sp.
Lachnum virgineum	Lachneum	Typhula sp.	Typh sp.
Laetisaria arvalis	Laetalis	Ulocladium chartarum	Ulocarum
Lalaria carpini	Lalapini	Umbelopsis angularis	Umbearis
Lecythophora fasciculata	Lecylata	Umbelopsis dimorpha	Umberpha
Lecythophora sp.	Lecy sp.	Umbelopsis sp.	Umbe sp.
Leohumicola minima	Leohnima	Uncinula necator	Unciator
Leptodiscella sp.	Lept sp.	Uncobasidium sp.	Unco sp.
Leptosphaeria sp.	Lept sp.	Venturia sp.	Vent sp.
Lewia infectoria	Lewioria	Vermispora fusarina	Vermrina
Lindtneria trachyspora	Lindpora	Vermispora spermatophaga	Vermhaga
Lipomyces chichibuensis	Liponsis	Veronaeopsis simplex	Veroplex
Lipomyces lipofer	Lipoofer	Verticillium dahliae	Vertliae
Lopadostoma dryophilum	Lopailum	Verticillium sp.	Vert sp.
Lophiostoma sp.	Loph sp.	Volutella sp.	Volu sp.
Luellia recondita	Lueldita	Wallemia sebi	Wallsebi
Lycoperdon pratense	Lycoense	Wardomyces humicola	Wardcola

Tabla 8. Tabla resumen de los códigos correspondientes a cada taxón encontrado en la técnica NGS (Cont. VII).

Taxón	Código	Taxón	Código
Lyomyces sp.	Lyom sp.	Westerdykella multispora	Westpora
Lysurus cruciatus	Lysuatus	Wickerhamomyces anomalus	Wickalus
Macrophomina phaseolina	Macrlina	Xenomeris juniperi	Xenoperi
Malassezia globosa	Malabosa	Xenopolyscytalum pinea	Xenoinea
Malassezia restricta	Malaicta	Xylaria sp.	Xyla sp.
Malassezia sp.	Mala sp.	Zalerion arboricola	Zalecola
Malassezia sympodialis	Malaalis	Zasmidium cellare	Zasmlare
Mastigobasidium intermedium	Mastdium	Zygosaccharomyces bailii	Zygoilii

Tabla 2. Abundancia relativa en porcentaje de los taxones más repetidos y representativos por especie de pino junto con su desviación estándar. Los valores “-” responden a que no se ha hallado el taxón en la especie de pino correspondiente. Los valores “0.00” hacen alusión a un valor en porcentaje inferior a 0,01. S Na: Desviación estándar de Pinus nigra; S Pa: desviación estándar de Pinus pinaster; S Ra: desviación estándar de Pinus radiata; S Sa: desviación estándar de Pinus sylvestris; S Ua: desviación estándar de Pinus uncinata.

Código	Pinus nigra	S Na	Pinus pinaster	S Pa	Pinus radiata	S Ra	Pinus sylvestris	S Sa	Pinus uncinata	S Ua
Altenata	15,58	±1,19	6,01	±0,89	13,72	±0,97	1,65	±0,41	7,91	±1,83
Pleoarum	7,41	±1,72	3,18	±0,65	8,87	±2,23	7,54	±1,92	3,75	±1,43
Crypreus	10,97	±3,92	2,50	±0,45	6,26	±0,40	0,91	±0,43	0,84	±0,24
Cladrum	8,82	±1,33	0,67	±0,16	0,87	±0,12	5,70	±1,11	1,41	±0,59
Myce sp.	0,00	±0,00	--	--	0,00	±0,00	--	--	13,75	±6,85
Crypuens	--	--	0,00	±0,00	--	--	6,10	±0,00	5,73	±2,86
Piliavum	0,00	±0,00	--	--	0,00	±0,00	--	--	10,72	±3,38
Botrearea	1,80	±0,41	4,92	±1,48	0,70	±0,08	1,37	±0,59	1,85	±0,75
Cryprius	1,13	±0,49	2,92	±0,48	4,18	±1,15	1,18	±0,29	0,87	±0,30
Psateana	--	--	3,51	±1,75	4,37	±0,00	0,00	±0,00	2,37	±1,18
Epicgrum	0,05	±0,02	6,75	±2,31	1,71	±0,66	0,00	±0,00	1,50	±0,50
Cladrans	4,55	±1,29	1,11	±0,22	0,70	±0,13	2,00	±0,54	1,47	±0,62
Lachneum	0,01	±0,00	0,00	±0,00	0,00	±0,00	9,37	±0,00	0,00	±0,00
Malaicta	0,85	±0,00	0,46	±0,23	0,92	±0,37	6,72	±2,86	0,04	±0,01
Stagchii	3,93	±1,22	3,06	±0,43	1,64	±0,45	0,00	±0,00	0,07	±0,01
Filoorme	0,07	±0,04	0,13	±0,06	0,48	±0,00	3,78	±1,89	3,63	±1,56
Meyendii	2,22	±0,51	2,34	±0,83	0,51	±0,05	2,16	±0,54	0,02	±0,01
Crypriae	0,00	±0,00	0,00	±0,00	0,00	±0,00	2,86	±0,00	3,91	±1,69

Tabla 2. Abundancia relativa en porcentaje de los taxones más repetidos y representativos por especie de pino junto con su desviación estándar. Los valores “--” responden a que no se ha hallado el taxón en la especie de pino correspondiente. Los valores “0.00” hacen alusión a un valor en porcentaje inferior a 0,01. S Na: Desviación estándar de *Pinus nigra*; S Pa: desviación estándar de *Pinus pinaster*; S Ra: desviación estándar de *Pinus radiata*; S Sa: desviación estándar de *Pinus sylvestris*; S Ua: desviación estándar de *Pinus uncinata*. (Cont. I)

Código	<i>Pinus nigra</i>	S Na	<i>Pinus pinaster</i>	S Pa	<i>Pinus radiata</i>	S Ra	<i>Pinus sylvestris</i>	S Sa	<i>Pinus uncinata</i>	S Ua
Aurelans	0,13	±0,06	0,89	±0,18	1,27	±0,35	3,74	±0,86	±0,56	±0,10
Peyrrens	0,00	±0,00	1,30	±0,25	0,99	±0,22	4,06	±1,01	±0,00	±0,00
Pichveri	5,53	±0,95	0,00	±0,00	--	--	0,71	±0,34	0,02	±0,00
Mort sp.	0,59	±0,30	0,80	±0,19	1,66	±0,46	2,30	±0,58	0,56	±0,22
Lept sp.	0,00	±0,00	1,30	±0,65	2,52	±0,00	0,00	±0,00	1,63	±0,82
Vent sp.	--	--	0,23	±0,00	--	--	4,66	±1,65	0,37	±0,13
Cadoacea	0,00	±0,00	1,18	±0,59	1,94	±0,97	0,00	±0,00	2,04	±0,64
Peniosum	0,88	±0,28	2,93	±0,71	1,26	±0,22	0,06	±0,03	0,05	±0,01
Crypticus	0,00	±0,00	2,42	±0,48	2,69	±0,30	0,00	±0,00	0,05	±0,01
Nakaadae	--	--	2,43	±0,00	0,00	±0,00	2,71	±0,17	0,00	±0,00
Unciator	0,00	±0,00	1,10	±0,30	0,88	±0,18	3,13	±1,57	0,02	±0,00
Lecylata	1,31	±0,62	3,66	±1,09	0,00	±0,00	0,00	±0,00	0,02	±0,00

Tabla 9. Diversidad taxonómica por especies de pinos. Pinnig: *Pinus nigra*; Pinpin: *Pinus pinaster*; Pinrad: *Pinus radiata*; Pinsyl: *Pinus sylvestris*; Pinunc: *Pinus uncinata*.

	Promedio	Desviación Estándar
Pinnig	2,73	0,128905
Pinpin	3,12	0,260688
Pinrad	3,10	0,174021
Pinsyl	2,43	0,187544
Pinunc	2,62	0,253553

Tabla 10. Riqueza taxonómica por especies de pinos. Pinnig: *Pinus nigra*; Pinpin: *Pinus pinaster*; Pinrad: *Pinus radiata*; Pinsyl: *Pinus sylvestris*; Pinunc: *Pinus uncinata*.

	Promedio	Desviación estándar
Pinnig	82,75	2,322893
Pinpin	91	13,3981462
Pinrad	73,25	16,658788
Pinsyl	67	9,981462
Pinunc	173,25	33,951865

Tabla 11. Equitatividad taxonómica por especies de pinos. Pinnig: *Pinus nigra*; Pinpin: *Pinus pinaster*; Pinrad: *Pinus radiata*; Pinsyl: *Pinus sylvestris*; Pinunc: *Pinus uncinata*.

	Promedio	Desviación Estándar
Pinnig	0,6175	0,02780138
Pinpin	0,6975	0,04269563
Pinrad	0,73	0,01080123
Pinsyl	0,585	0,06130525
Pinunc	0,5225	0,06562202

Tabla 12. Índices de similitud entre comunidades de hongos endófitos según los índices de Sorensen y Jaccard. Na: *Pinus nigra*; Ua: *Pinus uncinata*; Ra: *Pinus radiata*; Sa: *Pinus sylvestris*

Sorensen	Na	Ua	Ra	Sa
Na				
Ua	0,47			
Ra	0,54	0,52		
Sa	0,47	0,47	0,63	
Pa	0,54	0,76	0,59	0,57
Jaccard	Na	Ua	Ra	Sa
Na				
Ua	0,50			
Ra	0,35	0,71		
Sa	0,27	0,31	0,39	
Pa	0,37	0,62	0,71	0,39

Tabla 13. Valores de diversidad y equitatividad según el índice de Shannon

	<i>P. nigra</i>	<i>P. pinaster</i>	<i>P. radiata</i>	<i>P. sylvestris</i>	<i>P. uncinata</i>
Valor medio de diversidad de Shannon	2,72	3,12	3,10	2,43	2,62
Valor medio de equitatividad de Shannon	0,61	0,69	0,73	0,58	0,52
Dominancia media por especie	17,75	23	18,25	13,75	20
Suma de dominantes	71	92	73	55	80
Suma de muestras	331	364	293	268	691

Tabla 14. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	MuestraU 3a	Muestra U4a	Total general
Absinosa		1			1
Acre sp.		1	1	0	2
Acreatum	1	1		0	2
Acreenum	0				0
Acreillum		1	1	1	3
Acreinum				1	1
Acremtum		1			1
Acrolbus		1			1
Alteidae		1		0	1
Altellae				0	0
Altenata	1	1	1	1	4
Alteriae		1	1	1	3
Amaucans		1		1	2
Aracrata	1		1		2
Armillea		1		0	1
Arth sp.		1		0	1
Arthcola			1		1
Arthense	0				0
Arthnica	0				0
Ascoorae		0			0
Aspeatus		1		0	1
Aspeceus		1	1	1	3
Aspedami		1			1
Aspeelis				0	0



Tabla 15. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. I)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Aspeeris	1				1
Aspeiger		1		1	2
Aspeleus		1		0	1
Aspentii	0	1		1	2
Aspeorum	0	1		1	2
Aspeowii	0				0
Aure sp.		0			0
Aurelans	1	1	1	1	4
Auri sp.		1			1
Auxainum			0		0
Bacicula		1			1
Bartides		1		1	2
Bionfsii	0				0
Bipoidis	1			0	1
Boerigua		1		1	2
Botrerea	1	1	1	1	4
Bractica	1				1
Bretnsis	1	1		1	3
Bullhila		1		1	2
Bullpora		0			0
Cadoacea	1	1		1	3
Calylava	0				0
Cama sp.	0				0
Cand sp.	1				1
Candlata	0	1	1		2
Candnsis	0				0
Candosis	0				0
Candvini	1	1		1	3
Capn sp.			0		0
Caprersa	1				1
Cateense	1				1
Cephrrae	0	1		0	1
Cephurea		1			1
Cera sp.		0			0
Chae sp.	1	1		1	3
Chal sp.		1		1	2

Tabla 16. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.  
(Cont. II)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Chro sp.		0			0
Chry sp.	0	1			1
Chryatum	1	1		1	3
Chryosum		0			0
Cibo sp.		1			1
Cist sp.		0			0
Clad sp.	0		0	1	1
Cladarum	1	1		1	3
Cladelox		1			1
Cladides	1	1	1	1	4
Cladillum		1	0	1	2
Cladorme		1			1
Clados sp.		1			1
Cladosum	0				0
Cladrans	1	1	1	1	4
Cladrmum	1	1	1	1	4
Clav sp.	0	1		0	1
Clavniae		1		0	1
Clitonii	0				0
Clonosea	1	1			2
Collarla		1			1
Conicola	0		1	0	1
Coniidae	1	1	1	0	3
Conirmis	1				1
Coniteri		0		0	0
Cononsis	0				0
Coprrtus		1		1	2
Cort sp.	1	1		1	3
Cory sp.			1		1
Croc sp.		0		0	0
Cryp sp.	1	1		1	3
Crypajii		0			0
Crypansis		1		0	1
Crypcola		1	0		1
Crypgnus	1	1		1	3
Cryphnsis		1		1	2

Tabla 17. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. III)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Crypicus	1	1	0	0	3
Crypidus	0	1	1	1	3
Cryptoi	1	1		1	3
Crypmpii		0			0
Crypngae		1		0	1
Crypnae		1		1	2
Crypnnii	1	1		1	3
Crypnsis	1	1		0	2
Cryptii		1		0	1
Cryptoensis				0	0
Cryponsis		1			1
Crypovii	1	1		1	3
Crypreus	1	1	1	1	4
Crypriae	1	1		1	3
Cryprius	1	1	1	1	4
Crypuens	1	1			2
Curvalis		1		1	2
Curvllum		1		1	2
Cyli sp.	1				1
Cyphpora		1			1
Cystatum		1		1	2
Cystfae		0		0	0
Cystrans		1		1	2
Cytotana		1		1	2
Dactnsis	1	1		0	2
Debaenii				0	0
Devr sp.	1		1		2
Diapcana		1			1
Didycola		1			1
Didyigua		0			0
Diosrica		1		0	1
Endo sp.				0	0
Endopuli		1		1	2
Entr sp.			1		1
Epicgrum	1	1	0	1	3
Erytanum	1	0		1	2

Tabla 18. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. IV)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Eucansis		0		0	0
Exopacus		0			0
Exopcola		0			0
Exoperis			1		1
Exopuina	1	1		0	2
Fibucuum		0			0
Filoorme	1	1	0	1	3
Fimestii		1		0	1
Fusaatum		1	0	0	1
Fusaicum	1	0	0	0	1
Fusaides	1	1		0	2
Fusaorme	1				1
Fusaorum	0	1		1	2
Ganoidum		1			1
Geasatum			0		0
Geom sp.	1				1
Geop sp.		0			0
Gibbcans	1	1	0	1	3
Gibe sp.	0				0
Glom sp.		0			0
Glomnsis	1				1
Guehlans	0	1		1	2
Haemocca		1	1	0	2
Hannnsis		0			0
Heteosum		1		1	2
Hisp sp.	0			0	0
Holtrmis		1		0	1
Horm sp.		1		0	1
Hortdica	1			0	1
Humi sp.	0	1		0	1
Humiisea	0				0
Hyphdula	1				1
Immeypti		1		1	2
Inocipes				0	0
Issacola	0			0	0
Kaba sp.		1		0	1

Tabla 19. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.  
(Cont. V)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Kazaderi	0	1		0	1
Kazazzii	0	1	1	0	2
Konderia				0	0
Kura sp.				0	0
Lacc sp.	0				0
Lacharia				1	1
Lachneum	0				0
Lachrans	1	1	1	1	4
Lecy sp.		0		0	0
Lecylata	1	1		0	2
Leohnima		1			1
Lept sp.	1			0	1
Lewioria	1	1		1	3
Lindpora	1				1
Liponsis			0	0	0
Loph sp.	1	1		0	2
Lueldita	1				1
Lycoense	1				1
Lysuatus		1			1
Mala sp.	0				0
Malaalis	0				0
Malaicta	1	1		0	2
Melaanii		1			1
Metaliae	1	0	1		2
Metaride			0		0
Mets sp.	1	1		0	2
Metsrima	1	1		1	3
Metsrlae	0	1			1
Meyendii	1	1			2
Monoaeta		1		0	1
Monorina		1		1	2
Mort sp.	1	1	0	1	3
Mortgata	1	1			2
Mortidea	0				0
Mortigua	0	1	0	0	1
Mortilis				0	0

Tabla 20. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. VI)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Mortstis	1				1
Mucoieri	0				0
Myce sp.		1		1	2
Mycolina		1		1	2
Mycossii	0				0
Myri sp.			1		1
Myro sp.	0				0
Myxo sp.	0	1		1	2
Nakaadae		0			0
Nakaobii	1	1		1	3
Nectrina	0				0
Neob sp.	0				0
Neos sp.			0		0
Neosicis		1		1	2
Obbaiana				0	0
Occu sp.		0			0
Ochr sp.		1		0	1
Ochrchae	1				1
Oidienum		1			1
Olivilla		1		0	1
Omphdens			0		0
Pachcola	0				0
Paecndii			1		1
Para sp.	1	1		0	2
Paraanum		1		1	2
Parabile	0		0		0
Paracola		1			1
Paraeata	0				0
Peni sp.		1	0	1	2
Peniaiae	0	1		1	2
Peniatum		1			1
Penicium		1			1
Penicrum				0	0
Penictum	1	1		1	3
Peniense	0		0		0
Peniesii	0				0

Tabla 21. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. VII)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Peniaca		1		1	2
Peniilum		1		1	2
Peniinum	1	0	1		2
Penineum	1	1		1	3
Peningii		1			1
Peninkii			1		1
Peninum	1	1		1	3
Penionii	0	0			0
Peniorum		1		1	2
Peniosum	1	1		1	3
Peniovae		1		0	1
Penireum		1	0		1
Peniriti	0				0
Penitzii	0		0		0
Penixiae	0				0
Penlatum				0	0
Pest sp.		1		0	1
Pestlosa	1	0		1	2
Petelosa		0		0	0
Peyrens	0	0			0
Phae sp.		1		1	2
Phaeinum	1				1
Phaearis	1		0	0	1
Phaeides				0	0
Phaeniae		1			1
Phiaaris		1		0	1
Phialata	0		0		0
Phialina	1		0		1
Phiaorus	1	1		0	2
Phiapora	0				0
Phiaseum		0		0	0
Phomaris			0		0
Phomliae	0				0
Phomnsis	1				1
Phompali	0				0
Phomvora		0			0

Tabla 22. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. VIII)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Pichiens	1	1		1	3
Pichrica	1	1	1		3
Pichtans	1	1		1	3
Pichveri	1	1		1	3
Piliavum	1	1		1	3
Piliinum		1		1	2
Piridica			0		0
Piso sp.		1		1	2
Pleoarum	1	1	1	1	4
Podo sp.		1			1
Podolosa		1			1
Podounis	0				0
Preu sp.	0	1			1
Preuanii		1			1
Psateana	1	1			2
Pseuilum	1		0		1
Pseunryi	1				1
Pseuosus		0			0
Pter sp.	1				1
Pyre sp.	0	0	0		0
Pyrehila	1				1
Pyrensp.			0		0
Pyrepora	0	1	0	0	1
Rasaonii				0	0
Resiceum		1			1
Rhin sp.	0				0
Rhiz sp.				0	0
Rhizagum		0			0
Rhizerii			0		0
Rhodevae	1	1		1	3
Rhodfagi		1		1	2
Rhodiaca		1		1	2
Rhodngis	1				1
Rhodniae				0	0
Rhodovae	1				1
Rhodtica	1				1



Tabla 23. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. IX)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Saccsiae		1		1	2
Sage sp.			0	0	0
Sare sp.				1	1
Saroctum		0			0
Schinans		1		0	1
Scle sp.			0		0
Sclecepa				0	0
Scol sp.		0		1	1
Scolicum			1		1
Seba sp.		1		1	2
Seimitis		1		1	2
Sere sp.		1			1
Serefera		1	1		2
Seto sp.	0	0		0	0
Spirupii			0		0
Spor sp.	1	1		1	3
Sporimus		1		1	2
Sporkiae		1		1	2
Sporonii		1		0	1
Stacarum		1	0	0	1
Stacnata	0	1			1
Stagchii	1	1	0	1	3
Stecilum				0	0
Stemloti		1		1	2
Step sp.	1	1		1	3
Sydo sp.		1		1	2
Talaicus				0	0
Talallii		1			1
Tetr sp.		1		1	2
Tetranum				0	0
Tetrorme		1		1	2
Toruckii		1		1	2
Trec sp.			1		1
Trecrens	0	1		1	2
Trunrysi				0	0
Truntata		1	0	1	2

Tabla 24. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus uncinata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. X)

Código	Muestra U1a	Muestra U2a	Muestra U3a	Muestra U4a	Total general
Ulocarum	1	1	1	1	4
Umbe sp.			0		0
Umbearis	1				1
Unciator	1	1		0	2
Unco sp.		0			0
Vent sp.	1		1		2
Vert sp.		1			1
Vertliae	0				0
Volu sp.				0	0
Wallsebi	0	1	1	1	3
Wardcola		1			1
Wickalus	1	1		1	3
Xenoinea	1				1
Xenoperi	0			0	0
Xyla sp.	1				1
Zalecola	1				1

Tabla 25. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus nigra*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.

Código	Muestra N1a	Muestra N2a	Muestra N3a	Muestra N4a	Total general
Acre sp.	1	0		1	2
Acreatum	1	0		0	1
Altellae			1		1
Altenata	1	1	1	1	4
Alteriae	0				0
Arch sp.				0	0
Arth sp.		1	1		2
Arti sp.	0	0	1		1
Aspedami		0	1		1
Aspeiger			1		1
Aspereus				0	0
Aspeuens	0				0
Aurelans	0		1	0	1
Auxainum	0				0
Bipoidis	0			0	0

Tabla 26. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus nigra*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. I)

Código	Muestra N1a	Muestra N2a	Muestra N3a	Muestra N4a	Total general
Botrerea	1	1	1	1	4
Bretnsis			1	1	2
Cadoacea			0		0
Calo sp.			0		0
Calylava		0		0	0
Cama sp.	0			0	0
Candshii		0			0
Candvini	0	1	1		2
Cephræe		0	1		1
Chae sp.	0	0		0	0
Chryelii		0			0
Cladarum	0	1	1	1	3
Cladides	1	1	1	1	4
Cladllum	0	0	1	0	1
Cladrans	0	1	1	1	3
Cladmum	1	1	1	1	4
Clar sp.	0				0
Clav sp.			1		1
Clonosea		0	1		1
Cononsis	0				0
Copr sp.	0				0
Coprpora		1			1
Cort sp.			1	0	1
Cryp sp.	0	0			0
Crypcola	0	0		0	0
Crypgnus	0	0	1		1
Crypicus	0	0		0	0
Crypidus		1	1	1	3
Crypitoi			1		1
Crypnae	0	0	1		1
Crypnnii			1		1
Crypsis		0		1	1
Crypovii	1				1
Crypreus	0	1	1	0	2
Crypriae	0			0	0
Cryprius	0	0	1	0	1
Cyliarva	0				0

Tabla 27. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus nigra*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. II)

Código	Muestra N1a	Muestra N2a	Muestra N3a	Muestra N4a	Total general
Cytotana			0		0
Dactnsis			0		0
Devr sp.		0			0
Drec sp.	0				0
Epicgrum	0		1	0	1
Erytanum			1		1
Exopuina	0	0		0	0
Filoorme	0		1		1
Fusa sp.				0	0
Fusaatum		1	1	0	2
Fusaicum	1			1	2
Fusaorum	0		0		0
Geom sp.		1			1
Geomatus		0			0
Geop sp.			0		0
Gibbcans	1	1	1	1	4
Gibe sp.			1		1
Gongleri		0			0
Guehlans				0	0
Gymniaca		0			0
Haemocca	0				0
Holoanum				0	0
Holtrmis			1		1
Humi sp.				1	1
Humiisea		1		0	1
Hydcens				1	1
Hygrnica				1	1
Hyphosae			1		1
Hypoidis	0		1		1
Idrirara	0				0
Kazaderi				1	1
Kazazzii			1		1
Lacc sp.	0				0
Lachneum	1				1
Lachrans	0		1	0	1
Lecy sp.				0	0
Lecylata	0	1		0	1

Tabla 28. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus nigra*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. III)

Código	Muestra N1a	Muestra N2a	Muestra N3a	Muestra N4a	Total general
Lept sp.	0				0
Lewioria			1		1
Liponsis	0				0
Lipoofer	0				0
Loph sp.		0			0
Lyom sp.				0	0
Malaalis	1				1
Malaicta				1	1
Metaliae	0	0			0
Metaoria			1		1
Metaride		0			0
Metsrima	0		1		1
Meyendii	1	0	1	1	3
Mircens	0				0
Mircina	0				0
Microdp.			1		1
Monorina			1		1
Mort sp.	0		1	0	1
Mortgata			1		1
Mortidea		0		0	0
Mortigua		0		1	1
Mortstis		0		1	1
Mucoizus				0	0
Myce sp.			0		0
Mycoedia	0				0
Mycolina			0		0
Nectides		0			0
Neob sp.		0			0
Neon sp.			1		1
Neos sp.				0	0
Paecinus	0			0	0
Paecndii	0	0		0	0
Paecveus		1			1
Paraeata				0	0
Paraglp.			1		1
Peni sp.	0		0		0

Tabla 29. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus nigra*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. IV)

Código	Muestra N1a	Muestra N2a	Muestra N3a	Muestra N4a	Total general
Peniaiae	0				0
Penianum				0	0
Penictum		0			0
Peniense			1		1
Peniicum				0	0
Penineum	0				0
Peninum		0	1		1
Peniorum	0	0		1	1
Peniosum		1	1	0	2
Penjanum		0			0
Peyrens	0	0		0	0
Phae sp.	0				0
Phaeicum			0		0
Phialina	0	0	1	0	1
Phom sp.			1		1
Phomnsis				0	0
Pichiens	0		1		1
Pichrica				0	0
Pichtans		1	1		2
Pichveri	1	1		1	3
Piliavum			0		0
Pleoarum	1	1	1	1	4
Podo sp.	0	0			0
Podolosa				1	1
Podounis				0	0
Polynsis				0	0
Preu sp.		0		0	0
Preuanii				0	0
Preutica			1		1
Psatstis				0	0
Pseuilum	0	0		0	0
Pter sp.			1		1
Pyre sp.	0				0
Pyreenae			1		1
Pyrehila		0			0
Pyrepora	0	0		0	0

Tabla 30. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus nigra*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. V)

Código	Muestra N1a	Muestra N2a	Muestra N3a	Muestra N4a	Total general
Rhinilis		1			1
Rhodhiaie				1	1
Saccciae			1		1
Sage sp.			1		1
Sagepora		0			0
Saroctum				0	0
Schicola		0			0
Schinans			1		1
Scle sp.				0	0
Scleorum			1		1
Scol sp.				1	1
Scut sp.		0			0
Seba sp.		1	0	0	1
Sere sp.			0		0
Sporella				1	1
Stacarum		1		1	2
Stacnata				0	0
Stagchii	1	0	1	1	3
Step sp.	1		1	1	3
Tetr sp.	0		1		1
Tetranum			1		1
Tetrome			0		0
Toru sp.	0				0
Toruckii			1		1
Trecrens			1		1
Tricicum				0	0
Ulocarum			1		1
Umbe sp.	0	0			0
Umberpha				0	0
Unciator	0				0
Vermhaga		0			0
Veroplex			1		1
Vertliae		0			0
Volu sp.	1			1	2
Wallsebi		1	1	1	3
Westpora				0	0

Tabla 31. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus nigra*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. VI)

Código	Muestra N1a	Muestra N2a	Muestra N3a	Muestra N4a	Total general
Wickalus			1		1
Xyla sp.	1		1		2

Tabla 32. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus pinaster*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.

Código	Muestra P1a	Muestra P2a	Muestra P3a	Muestra P4a	Total general
Acre sp.			0	0	0
Acreatum	1			0	1
Acreilum				0	0
Acreinum		1			1
Agroades				0	0
Altenata	1	1	1	1	4
Alteriae		1			1
Amaunsis	0			1	1
Aracrata	0				0
Arthpaga				1	1
Arti sp.		1			1
Asco sp.				1	1
Aspedami	1				1
Aspeeris	1	1	1	1	4
Aspentii		1			1
Aspeorum			0		0
Aspeosus			0		0
Aspeppii		0			0
Aspersis		0			0
Aspeuens				0	0
Aurelans	1	1		1	3
Bionfsii		1			1
Bipoidis	1	1			2
Boerigua	1	1			2
Botrerea	1	1	1	1	4
Bretnsis	1	0		0	1
Byssniae	1	0		1	2
Cadoacea	0	1			1
Cand sp.	0				0



Tabla 33. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus pinaster*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. I)

Código	Muestra P1a	MuestraP 2a	MuestraP 3a	Muestra P4a	Total general
Candlata	1				1
Candnsis	1				1
Candvini	1	0	1		2
Capr sp.		1			1
Catearum			0		0
Cateense		0			0
Cephræe	0	1			1
Cephurea	1			1	2
Cerirata		1			1
Chae sp.	1	0	0	1	2
Chaealis	1				1
Chalinii	0				0
Chryatum	0	0			0
Cist sp.	1	0		1	2
Cladarum	1	1	0	1	3
Cladides	1	1	1	1	4
Cladllum	0			0	0
Cladrans	1	1	0	1	3
Cladmum	1	1	0	1	3
Clav sp.	1				1
Conicola	1		0	1	2
Conirmis	1				1
Cononsis				0	0
Copr sp.	1				1
Coprpora	0				0
Cort sp.	0	0	0		0
Cryp sp.	1	1	0	0	2
Crypcola	1				1
Crypgnus	1	0	0	1	2
Crypicus	1	1		0	2
Crypidus	1	1		1	3
Crypitoi	1	1			2
Crypnae	0	0			0
Crypnnii		1			1
Crypsis	1	0		0	1
Cryptii		1			1

Tabla 34. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus pinaster*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.  
(Cont. II)

Código	Muestra P1a	MuestraP2a	MuestraP3a	Muestra P4a	Total general
Crypovii				0	0
Cypreus	1	1	1	1	4
Crypriae	0				0
Cryprius	1	1	1	0	3
Crypticus	1	1	1	1	4
Crypuens	1				1
Cystrans		0			0
Dactnsis	0	1			1
Debaenii	1				1
Endopuli			0		0
Epicgrum	1	1	1		3
Erytanum	0	0	0		0
Exoponis				1	1
Exoporum			0		0
Filoorme	1		0	0	1
Fusaatum	1	0			1
Fusaides	0		1	0	1
Fusaorme	1				1
Fusaorum		1			1
Geom sp.	1			1	2
Gibbcans	0		0	0	0
Gibe sp.	1	1			2
Guehlans		1		1	2
Gymniaca		0			0
Haemocca		0			0
Holtrmis		1			1
Hortdica	1				1
Humiisea	0	1		1	2
Hyal sp.	1				1
Hygrnica				0	0
Lachneum	0				0
Lachrans	1	1			2
Laetalis		1			1
Lalapini			0		0
Lecylata	1	0	0	1	2
Lept sp.	0	1			1
Lewioria	1	1	1	1	4

Tabla 35. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus pinaster*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. III)

Código	Muestra P1a	MuestraP2a	MuestraP3a	Muestra P4a	Total general
Liponsis				0	0
Loph sp.		1		1	2
Macrlina		1			1
Mala sp.		0			0
Malaicta	1	0			1
Metaliae		1		1	2
Mets sp.	1	1	1		3
Metsrima	1	1	1	0	3
Meyendii	0	1	1	0	2
Micr sp.		0			0
Monorina	1				1
Mort sp.	1	1	1	1	4
Mortgata	0			1	1
Mortidea	1				1
Mortieri			0		0
Mortigua		1			1
Mortstis	1	1		1	3
Mucoides		1			1
Myri sp.			0		0
Myxo sp.	1			1	2
Nakaadae			1		1
Neoa sp.	1				1
Neon sp.		0			0
Neos sp.			0		0
Paecndii		0			0
Paecveus	1			1	2
Peni sp.	1			0	1
Peniaiae		1			1
Penibens				1	1
Penicnse		1			1
Penictum	1	1		1	3
Peniense	1			1	2
Peniaca	1				1
Peniides			0		0
Peniillum	1			1	2
Peniinum	0				0

Tabla 36. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus pinaster*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. IV)

Código	Muestra P1a	MuestraP2a	MuestraP3a	Muestra P4a	Total general
Penineum	1				1
Peninkii	1			1	2
Peninum	1				1
Peniorum			0	0	0
Peniosum	1	1	1	1	4
Penireae	1				1
Penireum	1				1
Penitzii				1	1
Peyrens	1	1	1	1	4
Pezi sp.	1				1
Phae sp.	0	1			1
Phaeanium		1			1
Phaepora				1	1
Phialata	0		0		0
Phialina	0			0	0
Phomnsis	1				1
Phomrica			0		0
Pichiens	1	0	1	1	3
Pichrica	1			0	1
Pichtans	1	1		1	3
Pichveri		0			0
Pleoarum	1	1	1	1	4
Podo sp.		1			1
Podolosa				0	0
Psateana	0	1			1
Pseuilum		1			1
Pter sp.		1	0		1
Purpinum	0				0
Pyre sp.		1			1
Pyrehila		1		1	2
Pyreorum		1			1
Pyrepora		1			1
Rhodnosa	1				1
Rosetrix		1			1
Saccsiae	1	1			2
Scol sp.			0		0

Tabla 37. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus pinaster*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. V)

Código	Muestra P1a	MuestraP2a	MuestraP3a	Muestra P4a	Total general
Seba sp.	1	1	0	1	3
Serefera	1		0	1	2
Sist sp.				1	1
Sistnnii	1				1
Spor sp.				0	0
Sporicus		1			1
Stac sp.		1			1
Stacarum		1		0	1
Stagchii	1	1	1	1	4
Step sp.		0		1	1
Teracana			0		0
Terf sp.	1				1
Trecrens	1		0		1
Trimrdae			0		0
Ulocarum	1	1	0		2
Unciator		1		1	2
Vent sp.				1	1
Vermrina		1			1
Vertliae	0				0
Volu sp.	0				0
Wallsebi	0	0	0	0	0
Wickalus	1			1	2
Xenoperi		1			1
Zasmlare	1				1
Zygoilii				1	1

Tabla 38. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus radiata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.

Código	Muestra R1a	Muestra R2a	Muestra R3a	Muestra R4a	Total general
Acre sp.				1	1
Acreatum			1	0	1
Altenata	1	1	1	1	4
Arth sp.	1				1
Asco sp.			0		0
Aspeatus	0				0

Tabla 39. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus radiata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente (Cont. I)

Código	Muestra R1a	Muestra R2a	Muestra R3a	Muestra R4a	Total general
Aspeceus		0	1		1
Aspeeris			1	1	2
Aspensis			1		1
Aspeorum	0				0
Aurelans	0	1	1	1	3
Auxainum				1	1
Bipoidis			0	0	0
Botrerea			1	1	2
Bretnsis	0	1	0		1
Byssniae			1		1
Cadoacea	0		1		1
Cama sp.			1		1
Candvini				1	1
Capn sp.		0			0
Capr sp.		0			0
Catearum				0	0
Chae sp.		1	1	1	3
Chryatum		1			1
Cist sp.		1	0		1
Cladarum	1	1	1	1	4
Cladides		1	1	1	3
Cladrans		1		1	2
Cladrnum		1	1	1	3
Clav sp.		0			0
Clavipes				1	1
Clit sp.		0			0
Clonosea			1		1
Conicola		1	1	1	3
Coniidae			1		1
Copr sp.			1	1	2
Coprivea			1		1
Cort sp.			1		1
Croc sp.	0				0
Cryp sp.	0	1	1	0	2
Crypgnus			0	0	0
Crypicus	1	0	2	2	5
Crypidus		1	1	0	2
Cryptoi		1	1	1	3

Tabla 40. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus radiata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente (Cont. II)

Código	Muestra R1a	Muestra R2a	Muestra R3a	Muestra R4a	Total general
Crypnae		1		1	2
Crypnnii				0	0
Crypsis		1	1		2
Crypntii	0			0	0
Crypovii				1	1
Crypreus	1	1	1	1	4
Crypriae				0	0
Cryprius	1	1	1	1	4
Cyli sp.			1		1
Dactnsis	0		1		1
Didycola				0	0
Diosimae				0	0
Diosonii				0	0
Endopuli				0	0
Epicgrum	0		1	1	2
Erytanum			1		1
Exid sp.		1			1
Exoptica	0		1		1
Exopuina	1		1		2
Filoorme		1			1
Fusaatum	0		1	0	1
Fusaicum				1	1
Fusaides			1		1
Fusaorum	1				1
Ganoidum	1				1
Gemi sp.			0		0
Geom sp.		1		0	1
Geop sp.	0				0
Gibbcans	1	0	1	1	3
Gibe sp.				1	1
Guehlans	0	1			1
Gymn sp.			1		1
Haemocca		0			0
Hisp sp.				0	0
Holtrmis		1			1
Hortdica		1		1	2
Humi sp.				1	1

Tabla 41. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus radiata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente (Cont. III)

Código	Muestra R1a	Muestra R2a	Muestra R3a	Muestra R4a	Total general
Hyphcina			1		1
Issacola			1		1
Kaba sp.				0	0
Kazaderi			0	0	0
Kazazzii			1		1
Konderia	0			0	0
Lachneum			1		1
Lachrans	1	0	1		2
Lecy sp.			1		1
Lecylata			0	0	0
Leohnima			1		1
Lept sp.			1		1
Lewioria	0		1	1	2
Liponsis			1		1
Loph sp.			1		1
Malaicta			1	1	2
Mastdium				0	0
Metaliae		1			1
Mets sp.			1	1	2
Metsrima	1	0	1	1	3
Meyendii			1	1	2
Mircens				0	0
Mort sp.	0	0	1	1	2
Mortgata			0	1	1
Mortieri			0		0
Mortigua	0		1		1
Mucoseus			0		0
Myce sp.	0				0
Mycolina	0				0
Nakaadae			0		0
Neon sp.			1		1
Paecndii			1		1
Para sp.			1		1
Peltcola			0		0
Peni sp.		1	0		1
Penianum			1		1



Tabla 42. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus radiata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente (Cont. IV)

Código	Muestra R1a	Muestra R2a	Muestra R3a	Muestra R4a	Total general
Peniatum			1		1
Penictum	1	1	1	1	4
Peniicum		0		1	1
Peniides				1	1
Peniilum			1	1	2
Peniinum		0			0
Penineum			0		0
Peninsum				1	1
Peniorum		1			1
Peniosum	1		1	1	3
Peniovae				0	0
Penitzii		0			0
Peyrrens			1	1	2
Phae sp.				1	1
Phaeantum			1		1
Phaearis				0	0
Phaeosp.			0		0
Phialina		0		1	1
Phomnsis			0		0
Phompali		0			0
Phomrica				0	0
Pichiens	1		1	1	3
Pichtans	1	1	1	1	4
Piliavum	0				0
Pisoizus	1				1
Pleoarum	1	1	1	1	4
Podo sp.			1		1
Polyrius		1			1
Psateana			1		1
Pseuilum		0	1		1
Pter sp.				1	1
Purpulum				0	0
Pyre sp.			1		1
Pyrehila			1	1	2
Pyrepora			1		1
Rhin sp.			1		1

Tabla 43. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus radiata*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente (Cont. V)

Código	Muestra R1a	Muestra R2a	Muestra R3a	Muestra R4a	Total general
Rhiz sp.	0				0
Rhodevae				0	0
Saccciae	1	1	1	1	4
Sage sp.			1		1
Sare sp.		1			1
Scedcans			0		0
Scol sp.			1		1
Seba sp.			1		1
Serefera		0		1	1
Sporicus		1			1
Stagchii	1	1	0	0	2
Tetr sp.	1				1
Tetrcola			1		1
Tetorme	0				0
Toru sp.				1	1
Trecrens		1		1	2
Typh sp.	0				0
Ulocarum			1	1	2
Umbe sp.			0		0
Umbearis				0	0
Unciator			1	1	2
Volu sp.	0		0		0
Wallsebi				1	1
Wickalus				1	1
Xenoperi		0	0		0
Zygoilii				1	1

Tabla 44. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus sylvestris*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.

Código	Muestra S1a	Muestra S2a	Muestra S3a	Muestra S4a	Total general
Acre sp.	0				0
Altenata	1	1	1	1	4
Alteriae			0		0
Asco sp.	0	0			0
Aspeceus			0		0

Tabla 45. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus sylvestris*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. I)

Código	Muestra S1a	Muestra S2a	Muestra S3a	Muestra S4a	Total general
Aspeeris				0	0
Aspeleus		0			0
Aspentii		1			1
Athe sp.	1				1
Aurelans	1	1	1	0	3
Beaurpha				0	0
Bipoidis	0		0	0	0
Bjer sp.			1		1
Botrerea	0	1	0	1	2
Bretnsis				0	0
Byssniae			1		1
Cado sp.			0		0
Cadoacea	0			0	0
Cama sp.				0	0
Candlata			0		0
Capn sp.			0		0
Cephrrae			0		0
Cephurea		0	1	0	1
Chae sp.				0	0
Chalinii				0	0
Chry sp.		0		0	0
Chryatum	0			0	0
Clad sp.	1				1
Cladarum	0	1		1	2
Cladatum				0	0
Cladides	0		1		1
Cladllum				1	1
Cladrans	1	0	1	1	3
Cladrmum	1	1	1	0	3
Conicola	0		0		0
Conl sp.				0	0
Coprivea	0				0
Cort sp.				0	0
Cryp sp.			0		0
Crypcola				0	0
Crypgnus		0	1	0	1
Crypicus	0	0		0	0

Tabla 46. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus sylvestris*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.  
(Cont. II)

Código	Muestra S1a	Muestra S2a	Muestra S3a	Muestra S4a	Total general
Crypidus		0		0	0
Cryptoi				0	0
Crypsis		1		0	1
Crypvii	0			1	1
Crypreus	1		0	0	1
Crypriae				1	1
Cryprius	0	1	1	0	2
Crypuens				1	1
Cystrans	1		1		2
Dactpora	0				0
Devr sp.	1	1			2
Duddrans				0	0
Epicgrum	0	0			0
Erytanum				1	1
Exophica				0	0
Filoorme	0			1	1
Fusaicum	0		0		0
Fusaides	0				0
Gibbcans	0	1			1
Guehlans			0		0
Haemocca				0	0
Horm sp.		1			1
Hortdica	0	0	0		0
Humiisea		0			0
Hyphlare				0	0
Isarlata			0		0
Lachneum	1				1
Lachrans	0	1			1
Laetalis		1			1
Lecy sp.		1			1
Lecylata	0				0
Lept sp.	0	0		0	0
Lewioria		1	0	0	1
Liponsis				0	0
Lopailum	0				0
Loph sp.				0	0

Tabla 47. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus sylvestris*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente.  
(Cont. III)

Código	Muestra S1a	Muestra S2a	Muestra S3a	Muestra S4a	Total general
Malaalis	0			1	1
Malabosa				1	1
Malaicta	1	0	0	1	2
Metaliae			0	0	0
Metsrima	1	1			2
Metsrlae		0			0
Meyendii	1	1	1	1	4
Micr sp.		0			0
Mort sp.	1	1	0	0	2
Mortcola	1				1
Mortgata	0				0
Mortigua				0	0
Mortpora	0				0
Mucoseus	0				0
Mycoedia	0				0
Myro sp.			0	0	0
Nakaadae	1	1			2
Neon sp.			0		0
Paecndii			0		0
Para sp.				0	0
Parabile				0	0
Paraphp.		1			1
Peltcola	0				0
Peni sp.			0		0
Peniaiae				0	0
Penickii				0	0
Penictum		0		0	0
Peniilum				0	0
Peningii		1			1
Peninkii			0		0
Peniorum				0	0
Peniosum	1			0	1
Peyrens	1		1	0	2
Phae sp.	1	0		0	1
Phaearis			1	0	1
Phiaalis			1		1

Tabla 48. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus sylvestris*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. IV)

Código	Muestra S1a	Muestra S2a	Muestra S3a	Muestra S4a	Total general
Phialata		0			0
Phialina				0	0
Phiaseum				0	0
Phomnsis				0	0
Phompali				0	0
Pichiens		0	0	0	0
Pichrica		0	0	0	0
Pichtans	0		0	0	0
Pichveri	0		1	0	1
Pleoarum	0	1	1	1	3
Podo sp.				0	0
Preu sp.			0	0	0
Prol sp.			1		1
Psateana				0	0
Pseuilum			0	0	0
Pter sp.			1		1
Pyre sp.		0		0	0
Pyrehila	0			0	0
Pyreorum				0	0
Pyrepora				0	0
Rhod sp.				0	0
Rhodevae				1	1
Rhodlica	1				1
Rhodnosa				0	0
Saccsiae		1		0	1
Saka sp.				0	0
Scedcans	0				0
Seba sp.	0	0			0
Seimitis		0			0
Spor sp.		0		1	1
Stacarum	0			0	0
Stacnata		0			0
Stagchii	0		0	0	0
Step sp.		0	1	0	1
Terf sp.	0	0			0
Tetr sp.			1		1

Tabla 49. Tabla de taxones dominantes en la especie hospedante *Pinus sylvestris*. Espacio en blanco: Taxón no encontrado; 1: Taxón encontrado y dominante en la muestra correspondiente; 0: Taxón encontrado pero no dominante en la muestra correspondiente. (Cont. V)

Código	Muestra S1a	Muestra S2a	Muestra S3a	Muestra S4a	Total general
Toru sp.		0			0
Trecrens		0		0	0
Trem sp.				0	0
Tylo sp.			1		1
Ulocarum	0		0	0	0
Umbe sp.	1				1
Unciator	0	1			1
Vent sp.	1		1		2
Wallsebi		0		0	0
Wickalus				0	0
Xenoinea			1		1
Zalecola	1				1
Zasmlare		0			0

Tabla 50. Evaluación de daños en copa en especies de *Pinus* inoculadas con *F. circinatum*.

EVALUACIÓN DE DAÑOS												
PARCELA:	Santibañez		FECHA:	1/6/2018								
ÁRBOL			AFECCIÓN EN COPA									
			DAÑO DE PUNTISECADO				RAMILLOS ROJOS			DEFOLIACIÓN	DECOLORACIÓN	OBSERVACIONES
FILA	COL.	Sp.	Localizado en				Localizados en					
			G	PS	PM	PI	PS	PM	PI			
1	1	Pinpin	0	0	0	1	0	0	1	20	10	
1	3	Pinrad	0	0	0	0	0	0	0	70	40	TOMICUS
1	4	Pinrad	0	0	0	1	0	0	0	75	40	
1	5	Pinpin	0	0	0	0	0	0	0	15	10	
1	9	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	30	5	
1	12	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	40	30	
2	2	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	30	10	
2	8	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	25	10	
2	9	Pinrad										MUERTA
3	2	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
3	5	Pinrad										MUERTA
3	6	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	5	5	
3	7	Pinrad										MUERTA
3	8	Pinsyl										MUERTA
4	2	Pinnig	0	0	0	0	0	0	1	35	10	
4	3	Pinpin	0	0	0	0	0	0	0	30	10	
4	6	Pinpin	0	0	0	1	0	2	0	20	10	
4	10	Pinrad	0	0	0	0	0	0	0	80	30	
4	12	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	35	20	
5	1	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	25	15	



Tabla 51. Evaluación de daños en copa en especies de *Pinus* inoculadas con *F. circinatum*. (Cont. I)

EVALUACIÓN DE DAÑOS												
PARCELA: Santibañez			FECHA:		1/6/2018							
ÁRBOL			AFECCIÓN EN COPA									
			DAÑO DE PUNTISECADO				RAMILLOS ROJOS			DEFOLIACIÓN	DECOLORACIÓN	OBSERVACIONES
			Localizado en				Localizados en					
FILA	COL.	Sp.	G	PS	PM	PI	PS	PM	PI			
5	3	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	40	30	
5	8	Pinrad										MUERTA
5	10	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	15	0	
6	2	Pinrad	0	0	0	0	0	0	0	60	40	
6	5	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	40	20	
6	7	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	10	0	
6	9	Pinpin	0	0	0	0	0	0	0	5	10	
6	10	Pinpin	0	0	0	1	0	0	0	25	20	
6	12	Pinpin										MUERTA
7	5	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	45	15	
7	7	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	40	10	
7	11	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
8	4	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	30	40	
8	6	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	15	5	
8	7	Pinpin	0	0	0	0	0	0	0	35	20	
8	8	Pinpin	0	0	0	0	0	1	0	20	35	
8	9	Pinunc	0	0	0	0	0	0	0	10	0	
8	10	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	40	30	
9	1	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	5	5	

Tabla 52. Evaluación de daños en copa en especies de *Pinus* inoculadas con *F. circinatum*. (Cont. II)

EVALUACIÓN DE DAÑOS												
PARCELA: Santibañez			FECHA:		1/6/2018							
ÁRBOL			AFECCIÓN EN COPA									
			DAÑO DE PUNTISECADO				RAMILLOS ROJOS			DEFOLIACIÓN	DECOLORACIÓN	OBSERVACIONES
			Localizado en				Localizados en					
FILA	COL.	Sp.	G	PS	PM	PI	PS	PM	PI			
9	2	Pinpin	0	0	0	0	0	0	0	35	25	
9	6	Pinrad										MUERTA
9	12	Pinrad										MUERTA
10	3	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	5	0	
10	4	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	10	5	
10	7	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	10	5	
10	11	Pinnig	0	0	0	0	0	0	0	50	35	
11	3	Pinunc										MUERTA
11	4	Pinpin	0	0	0	0	0	1	0	40	50	
11	6	Pinnig	0	0	0	2	0	0	0	35	15	
11	8	Pinunc	0	0	0	2	0	0	1	5	5	
11	9	Pinnig	0	0	0	3	0	0	0	70	30	
11	11	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	30	40	
12	1	Pinunc	1	1	0	6	0	0	0	60	30	
12	4	Pinunc										MUERTA
12	5	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	5	0	
12	10	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	25	40	
12	11	Pinrad	0	0	0	0	0	0	0	35	45	
12	12	Pinsyl	0	0	0	0	0	0	0	10	50	

Tabla 53. Evaluación de daños en copa en especies de *Pinus* inoculadas con *F. circinatum*. (Cont. III)

EVALUACIÓN DE DAÑOS												
PARCELA: Santibañez			FECHA:		1/6/2018							
ÁRBOL			AFECCIÓN EN COPA									
			DAÑO DE PUNTISECADO				RAMILLOS ROJOS			DEFOLIACIÓN	DECOLORACIÓN	OBSERVACIONES
			Localizado en				Localizados en					
G	PS	PM	PI	PS	PM	PI						
FILA	COL.	Sp.										
13	1	Pinrad										MUERTA
13	11	Pinpin	0	0	0	0	0	0	0	90	80	

Tabla 54. Leyenda de la tabla 13 de toma de datos

LEYENDA			
<b>DATOS GENERALES</b>	<b>Sp.</b>	Código de la especie	
	<b>Db</b>	Diámetro en la base del cuello de la raíz (cm)	
	<b>Dn</b>	Diámetro normal (cm)	
	<b>At</b>	Altura total (m)	
	<b>Av</b>	Altura a la primera rama viva (m)	
	<b>Ac</b>	Altura de copa (m) = At - Av	
<b>DAÑOS EN TRONCO</b>	<b>Debido al chancro</b>	<b>N°C</b>	Números de chancros encontrados
		<b>V</b>	Número de chancros localizados en verticilos
		<b>E</b>	Número de chancros localizados en entrenudos
		<b>Defor</b>	Número de chancros con deformación a través de la observación visual
		<b>Rf</b>	Número de chancros con resina fresca a través de la observación visual
		<b>Rs</b>	Número de chancros con resina seca a través de la observación visual
		<b>Perímetro afectado</b>	Porcentaje del perímetro del árbol que ocupa el chancro (usando cinta métrica o visualmente en caso de no poderse). Anotar tantos valores como chancros haya.
	<b>Fuera del chancro</b>	<b>Lagrimo</b>	Presencia característica de moteado de resina en el árbol (ligero, medio o abundante)
		<b>Insectos</b>	Indicios de la presencia en el árbol de un ataque de insectos (S/N)
		<b>Muerto</b>	Muerte completa del árbol (S/N)

Tabla 55. Leyenda de la tabla 13 de toma de datos. (Cont. I)

LEYENDA				
<b>DAÑOS EN COPA</b>	<b>Puntisecado</b>	<b>G</b>	Guía terminal del árbol seca (S/N)	
		<b>PS</b>	Presencia de ramillos secos en el tercio superior de la copa del árbol (S/N)	
		<b>PM</b>	Presencia de ramillos secos en el tercio medio de la copa del árbol (S/N)	
		<b>PI</b>	Presencia de ramillos secos en el tercio inferior de la copa del árbol (S/N)	
	<b>Ramillos rojos</b>	<b>PS</b>	Presencia de ramillos rojos (flaging) en el tercio superior de la copa del árbol (S/N)	
		<b>PM</b>	Presencia de ramillos rojos (flaging) en el tercio medio de la copa del árbol (S/N)	
		<b>PI</b>	Presencia de ramillos rojos (flaging) en el tercio inferior de la copa del árbol (S/N)	
	<b>Defoliación</b>		Medida visual de la defoliación de la copa en intervalos de 5%. Importante que siempre sea el mismo observador.	
	<b>Decoloración</b>		Medida visual de la decoloración de la copa en intervalos de 5%. Importante que siempre sea el mismo observador.	