



2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022
ISBN 978-84-941695-6-4
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Efectos a largo plazo del método de propagación de la planta en el crecimiento, caracteres morfológicos y nivel de ataque de *D. kuriphilus* en clones híbridos de castaño

CASTEDO-DORADO, F.¹, ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.², LOMBARDERO, M.J.³ y CUENCA VALERA, B.⁴

¹ Grupo de Investigación GEOINCA. Universidad de León (Campus de Ponferrada), 24401 Ponferrada, España; fcasd@unileon.es

² Unidad de Gestión Ambiental y Forestal Sostenible. Universidad de Santiago de Compostela. EPSE. Rúa Benigno Ledo, S/N, 27002 Lugo, España; mariajosefa.lombardero@usc.es

³ Departamento de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós, 33600 Mieres, España; alvarezpedro@uniovi.es

⁴ TRAGSA, Vivero de Maceda. Crta. Maceda- Valdrey, km 2, 32700 Maceda, España; bcuenca@tragsa.es

Resumen

Los clones híbridos eurasiáticos de castaño (*C. sativa* × *C. crenata* y *C. sativa* × *C. mollissima*) se pueden propagar de forma masiva por diferentes métodos, destacando el acodo bajo, el estaquillado y la micropropagación mediante el cultivo de tejidos en condiciones *in vitro*. No existen estudios sobre la influencia que estos métodos de propagación pueden tener a largo plazo en el crecimiento y la morfología del árbol. Asimismo, se desconoce si las diferencias de crecimiento y arquitectura de la copa del árbol pudieran afectar al nivel de ataque de agentes dañinos como la avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*).

En un ensayo clonal localizado en el municipio de Guitiriz (Lugo) se establecieron, en el año 2004, plantas pertenecientes a tres clones diferentes ('3', '7521' y 'HS') obtenidas mediante acodo bajo, estaquilla y micropropagación. En 2018 se midió el diámetro, la altura, el nivel de ataque de avispa (estimado mediante cuatro índices distintos) y se evaluó la rectitud del tronco y la dominancia apical, así como si se encontraban vivos o muertos. Los resultados muestran diferencias en el crecimiento en diámetro para los clones '3' y '7521' y diferencias en el crecimiento en altura para el clon 'HS'. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas según los diferentes métodos de propagación en ninguno de los restantes caracteres evaluados: rectitud del tronco, dominancia apical, porcentaje de supervivencia y nivel de ataque de avispa. Aunque estos resultados sugieren la ausencia de efectos de los métodos de propagación en la mayoría de los caracteres, son necesarios datos de más ensayos para obtener conclusiones más robustas.

Palabras clave

Ensayo clonal, *Castanea* sp., caracteres morfológicos, crecimiento, nivel de ataque de avispa.

1. Introducción

El castaño europeo (*Castanea sativa* Mill.) es una especie de considerable importancia económica en el noroeste de España tanto por la producción de madera como de castañas. En las últimas décadas las masas de esta especie han sufrido una gran regresión fundamentalmente debida al abandono rural y a dos patógenos exóticos: *Phytophthora cinnamomi* y *Cryphonectria parasitica*. El patógeno Oomycete *P. cinnamomi* causa la enfermedad de la tinta, que generalmente implica la muerte de los árboles afectados. Los daños que causó esta enfermedad en las últimas décadas en las poblaciones de *C. sativa* llevaron a iniciar un programa de hibridación entre el castaño europeo y dos especies asiáticas (*Castanea crenata* Siebold & Zucc y *Castanea mollissima* Blume) que son resistentes a la enfermedad (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2011).

Estos clones híbridos se propagan asexualmente para mantener la resistencia a la tinta de las plantas obtenidas. Para ello, las técnicas más usadas son el acodo bajo (MIRANDA y FERNÁNDEZ,

1992), la micropropagación mediante el cultivo de tejidos en condiciones *in vitro* (MIRANDA-FONTAÍÑA y FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2001; CUENCA et al., 2017) y el estaquillado (OCAÑA et al., 2001; LOPEZ-VILLAMOR y FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2013). El acodo bajo, aunque usado tradicionalmente, suele originar plantas con sistemas radiculares poco desarrollados y malformados (BECCARO et al. 2020), defecto que es solventable mediante micropropagación (RODRÍGUEZ et al., 2005). El uso del estaquillado se justifica por su simplicidad, bajo coste y el poco tiempo requerido para la propagación en masa (CUENCA y MAJADA, 2012). Sin embargo, las estaquillas enraizadas pueden presentar un crecimiento plagiotrópico (BECCARO et al. 2020), lo que podría afectar a la dominancia apical, rectitud del tronco y crecimiento una vez que la planta ha sido instalada en la repoblación.

La avispa de las agallas del castaño (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu; Hymenoptera: Cynipidae) es una de las principales plagas del género *Castanea* en todo el mundo. En Galicia se notificó la presencia de esta especie por primera vez en el año 2014 (PÉREZ-OTERO y MANSILLA, 2014), encontrándose actualmente extendida por toda la comunidad autónoma (GIL-TAPETADO et al. 2020). El ataque de la avispa puede llegar a reducir significativamente la producción de castañas (BATTISTI et al. 2014) y de madera (MARCOLIN et al. 2021), si bien no todos los genotipos tienen el mismo nivel de susceptibilidad. La existencia de variedades o clones de castaño resistentes a *D. kuriphilus* fue confirmada por primera vez por SHIRAGA (1948) en masas de *C. crenata* en Japón. Desde entonces, diferentes estudios en Europa han encontrado diferencias en el nivel de ataque según variedades (PANZAVOLTA et al. 2012; SARTOR et al. 2015; PÉREZ-OTERO et al. 2017; MÍGUEZ-SOTO et al. 2018) y clones híbridos (SARTOR et al. 2015; MÍGUEZ-SOTO et al. 2018, CASTEDO-DORADO et al., 2021). Sin embargo, hasta la fecha no se ha evaluado si para un mismo clon, el método de propagación utilizado para producir la planta podría influenciar el nivel de ataque de la avispa al modificar aquel las tasas de crecimiento y la arquitectura de la copa del árbol.

La evaluación de la resistencia a la enfermedad de la tinta de los clones híbridos se lleva a cabo en ensayos clonales en campo, que, además, se suelen aprovechar para evaluar otras características utilizadas como criterios de selección de clones para la producción de madera, como el crecimiento, la dominancia apical y la forma del tronco (FERNÁNDEZ LÓPEZ y MIRANDA FONTAÍÑA, 2007). La mayoría de estos ensayos cuentan con planta obtenida mediante un único método de propagación para cada clon. Sólo en algunos casos como el que nos ocupa (ensayo clonal de San Xoan de Lagostelle, Guitiriz, Lugo) existe la posibilidad de comparar los efectos a largo plazo de diferentes métodos de propagación usados para producir la planta. Al influenciar éstos la calidad del sistema radicular de la planta instalada en campo podría existir un efecto sobre la supervivencia en campo y el crecimiento posterior de los árboles, que, a su vez, podría influenciar la susceptibilidad al ataque de plagas forestales. Además, el estaquillado puede inducir un crecimiento plagiotrópico en las plántulas, lo que podría conllevar una falta de dominancia apical o una pérdida de rectitud del tronco a largo plazo, variables importantes en las estrategias de mejora genética orientada a la producción de madera.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio ha sido evaluar en un ensayo clonal el comportamiento a largo plazo de plantas de 3 clones híbridos obtenidas con diferentes métodos de propagación en lo relativo a: (i) crecimiento, (ii) morfología (dominancia apical y rectitud del tronco), (iii) supervivencia y (iv) nivel de ataque de avispa del castaño.

3. Metodología

El ensayo clonal se encuentra en la parroquia de San Xoan de Lagostelle (Guitiriz, Lugo), a 505 m s.n.m. (SRC EPSG:25829: 587161 m E, 4786989 m N). La plantación se estableció en la

primavera del año 2004 con el objetivo de evaluar en campo variables de interés en el programa de mejora genética para el castaño en Galicia, entre otras: vigor, dominancia apical, ramosidad, rectitud del tronco y resistencia a la tinta. Se instalaron 31 clones híbridos, de los que en este estudio se utilizaron solamente los 3 en los que se utilizó planta producida mediante diferentes métodos de propagación. La avispiella llegó a la zona en verano de 2015, observándose en la primavera de 2016 las primeras agallas en las hojas.

El diseño experimental usado fue un diseño de bloques completos al azar para el nivel de clon. Se establecieron seis bloques (réplicas), aunque en el presente estudio solo se utilizaron cuatro bloques adyacentes correspondientes a una ladera orientada al norte para minimizar la influencia ambiental. En cada bloque se plantaron 7 plantas de cada clon, excepto en tres clones híbridos ('3', '7521' y 'HS') donde se establecieron 7 plantas por cada método de propagación de forma contigua, lo que minimiza el efecto del sitio. Para el clon '7521' las plantas establecidas proceden de acodo bajo y de estaquillado; para el clon '3' provienen de estaquillado y cultivo *in vitro* y para clon 'HS' de acodo bajo, estaquillado y cultivo *in vitro*. Los ramets provenientes del acodo fueron suministrados por el Vivero de San Breixo (propiedad de la Consellería de Medio Rural de la Xunta de Galicia), mientras que los provenientes de estaquillas y cultivo *in vitro* fueron suministrados por TRAGSA, que compró plantas certificadas de clones híbridos de castaño al Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán (Xunta de Galicia) en el año 2000 para establecer un campo de plantas madre. En el ensayo se utilizó planta de un año en todos los casos, siendo la altura de las plantas muy similar en el momento de la plantación. En la Figura 1 se muestra la localización de los bloques y de los árboles pertenecientes a cada clon y método de propagación.

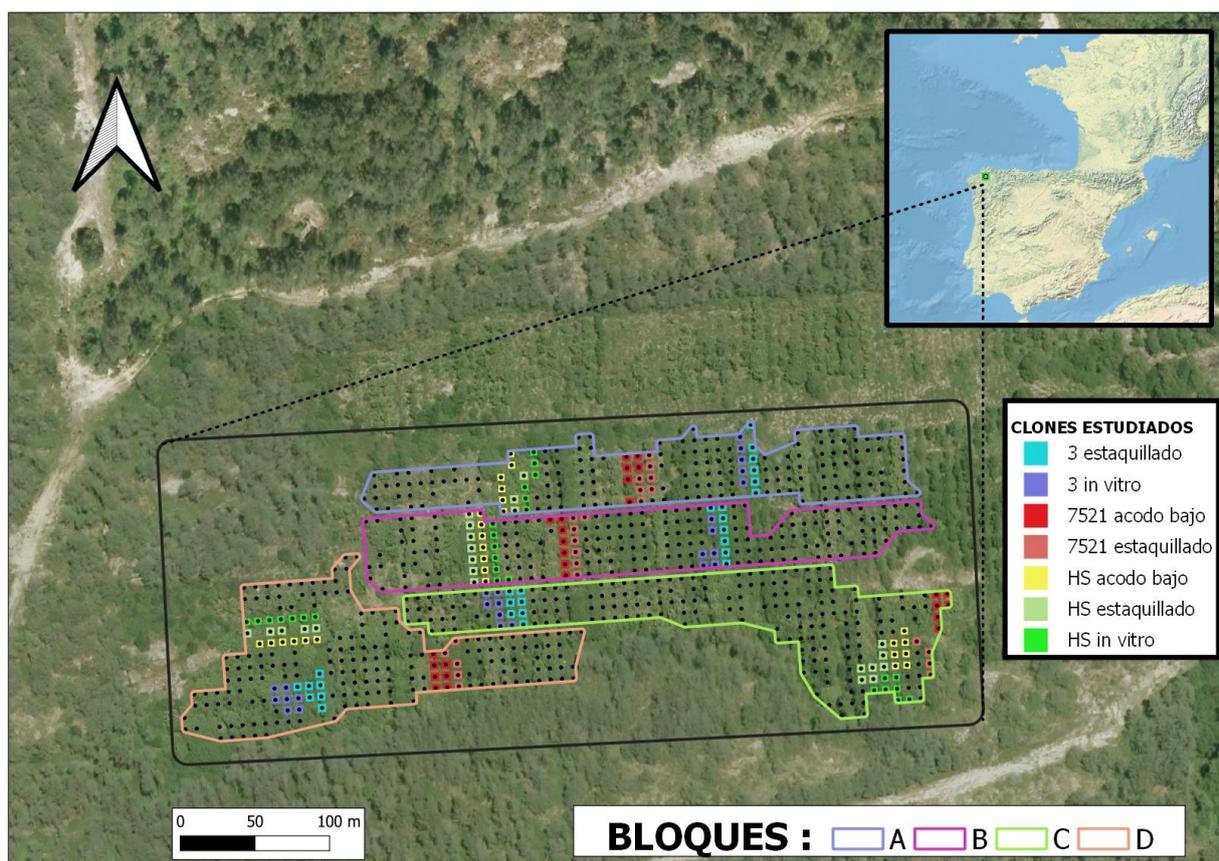


Figura 1. Ubicación del ensayo clonal y distribución de los árboles correspondientes a cada clon y método de propagación dentro de los cuatro bloques del ensayo.

Las variables evaluadas para cada árbol perteneciente a estos tres clones fueron: diámetro normal, altura total, rectitud del tronco, dominancia apical y nivel de ataque de la avispa. Las cuatro primeras variables se evaluaron en marzo de 2018, mientras que el nivel de ataque se evaluó en septiembre de 2019.

El diámetro normal se midió con forcípula en dos direcciones perpendiculares, mientras que la altura total del árbol se midió usando un hipsómetro digital. Siguiendo los criterios propuestos por MÍGUEZ-SOTO & FERNÁNDEZ-LÓPEZ (2015), la forma del tronco se evaluó según una escala de rectitud que tomó los valores 1 = recto, 2 = torcido y 3 = sinuoso, mientras que la dominancia apical se valoró de acuerdo con una escala que tiene en cuenta el número de ramas que competían con la guía principal: 1 = sin ramas competidoras, 2 = una rama competidora, 3 = dos o más ramas competidoras, y 4 = sin guía vertical definida. La mortalidad se midió como una variable binaria: 0 = muerto, 1 = vivo.

Para determinar el nivel de ataque, en septiembre de 2019 se seleccionaron al azar dentro del ensayo 10 árboles por clon y método de propagación y se cortaron dos ramas de la parte superior de la copa. En cada rama se localizó y examinó el tramo correspondiente al crecimiento de la temporada anterior (2018). A lo largo de este tramo de crecimiento se contaron tanto el número de brotes desarrollados en el año 2019 como el número de agallas en estos brotes. Cuando había una agalla en cualquier órgano del brote correspondiente al crecimiento de 2019, se consideraba infestado y se clasificaba la agalla según el órgano atacado (hoja, yema o estípula) (MALTONI et al. 2012). Estos datos se usaron para calcular, para cada árbol, cuatro indicadores del nivel de ataque: (1) la relación entre el número de agallas y el número de brotes (SARTOR et al. 2009, 2015); (2) la relación entre el número de brotes atacados (es decir, brotes con presencia de agallas) y el número total de brotes (KOTOBUKI et al. 1985); (3) la relación entre el número de agallas de yema y el número de brotes; y (4) la relación entre el número de agallas de yema y el número total de agallas, expresada en porcentaje (MÍGUEZ-SOTO et al., 2018; CASTEDO-DORADO et al., 2021).

Se utilizaron diferentes tipos de análisis estadísticos según la tipología de las variables dependientes analizadas. Para las variables continuas diámetro y altura, se usó un ANOVA con el método de propagación y el bloque como factores fijos, así como su interacción. Para el caso de los índices ataque, el único factor fijo que se ha considerado ha sido el método de propagación. No se tuvo en cuenta el bloque ya que para algunos bloques la muestra de árboles considerada era muy pequeña. Asimismo, y dado que el tamaño del árbol podría explicar parte de la variabilidad observada, la altura del árbol se incluyó como covariable. Antes de realizar los análisis de varianza se examinaron los supuestos subyacentes de normalidad y homogeneidad de varianza utilizando, respectivamente, las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Cuando los resultados de estas pruebas indicaron incumplimiento de los supuestos, se llevó a cabo la transformación de datos adecuada. En el caso del clon 'HS', al tener tres métodos de propagación, si el ANOVA reveló diferencias significativas entre ellos ($\alpha = 0,05$), se utilizó la prueba *post-hoc* HSD de Tukey para identificar grupos.

Para la evaluación de variables categóricas (mortalidad, rectitud de tronco y dominancia apical) se utilizó la prueba exacta de Fisher en el análisis de tablas de contingencia, con el fin de probar la asociación entre esas variables del árbol y los métodos de propagación. Dado que los tamaños de muestra son pequeños, se prefirió esta prueba al test de Chi-cuadrado.

4. Resultados

En la Figura 2 se muestra gráficamente la dispersión de los valores para las variables diámetro normal y altura total según clones y métodos de propagación. En todos los casos, la media de los diámetros y las alturas es superior a 10 cm y 7 m, respectivamente.

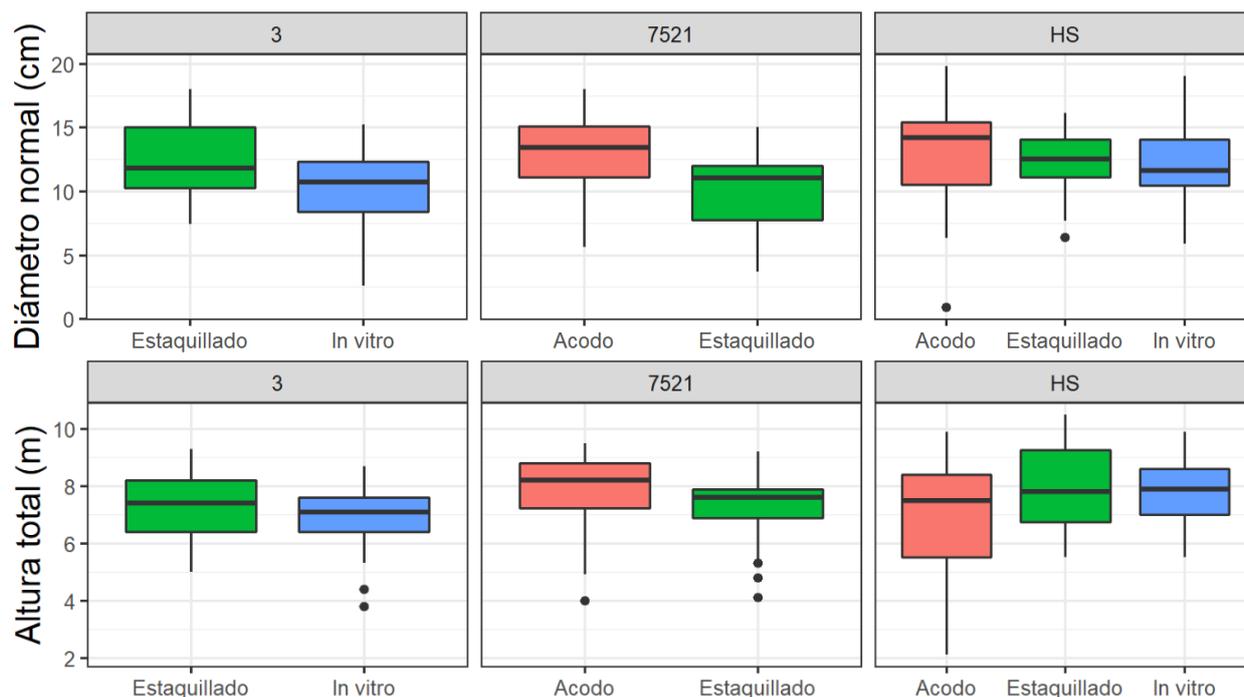


Figura 2. Gráficos de caja y bigotes para las variables diámetro normal (arriba) y altura total (abajo) según clones y métodos de propagación.

Todas las variables cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, salvo el porcentaje de agallas de yema, en la que se tuvo que realizar la transformación de la raíz cuadrada del arco-seno. En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis de varianza para las variables diámetro normal y altura total para cada uno de los tres clones separadamente. La diferencia entre métodos de propagación resultó estadísticamente significativa para el diámetro normal en el caso de los clones '3' y '7521', mientras que para la altura total solo lo fue en el caso del clon 'HS'. En este último caso, el test de Tukey mostró que la altura total de los árboles propagados por acodo era significativamente inferior a la de los propagados mediante estaquilla e *in vitro*.

Tabla 1. Resultado del análisis de varianza para las variables diámetro normal y altura total. En negrita se señalan las fuentes de variación significativas ($\alpha = 0,05$).

Clon	Fuentes de variación	Diámetro normal		Altura total	
		F-value	Pr(>F)	F-value	Pr(>F)
'3'	Bloque	0,894	0,349	2,191	0,145
	Método prop.	7,399	0,00906	1,915	0,173
	Bloque × Método prop.	0,0001	0,988	0,251	0,619
'7521'	Bloque	3,965	0,0525	3,863	0,0555
	Método prop.	7,602	0,0084	1,898	0,175
	Bloque × Método prop.	0,873	0,355	0,309	0,581
'HS'	Bloque	24,75	4,58e-06	51,36	6,64e-10
	Método prop.	0,849	0,432	4,36	0,0165
	Bloque × Método prop.	0,183	0,833	0,40	0,672

En la Figura 3 se muestra la distribución de los valores correspondientes a los cuatro indicadores del nivel de ataque utilizados. No se incluye en el análisis el clon '3' dado que en este clon no se encontraron agallas en ninguno de los árboles analizados.

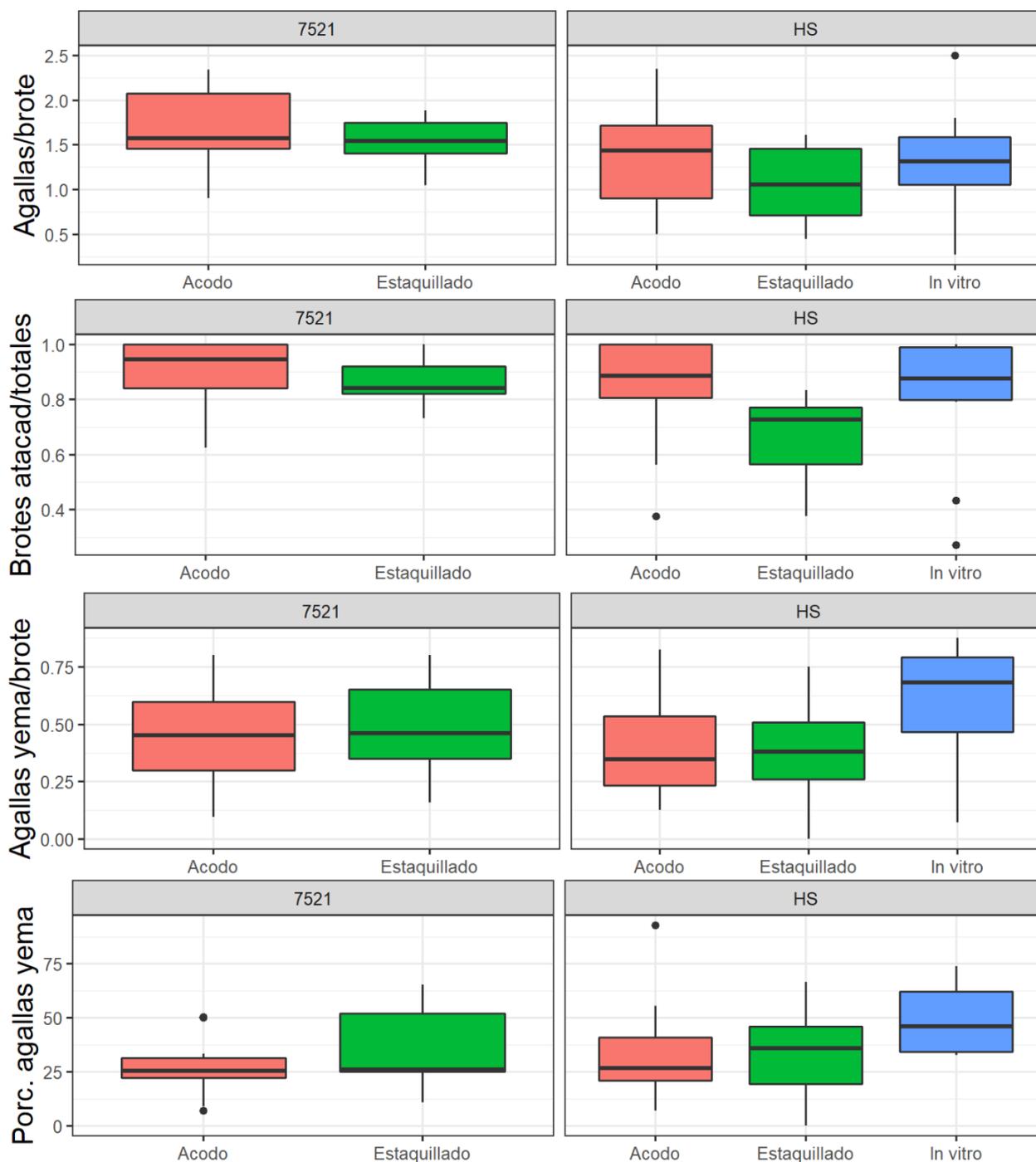


Figura 3. Gráficos de caja y bigotes para las variables indicativas del nivel de ataque de avispa según clones y métodos de propagación.

En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis de varianza para las cuatro variables con las que se ha caracterizado el nivel de ataque. Ni el método de propagación ni la altura total

resultaron factores significativos para explicar la variabilidad del nivel de ataque (p -valor $>0,1$ en todos los casos).

Tabla 2. Resultado del análisis de varianza para las variables indicativas del nivel de ataque.

Clon	Fuentes de variación	Agallas/brote		Brotos atacados/totales		Agallas de yema/brote		Porcentaje de agallas de yema	
		F-value	Pr(>F)	F-value	Pr(>F)	F-value	Pr(>F)	F-value	Pr(>F)
'7521'	Método prop.	0,47	0,502	0,480	0,498	0,186	0,672	1,557	0,229
	Altura total	1,48	0,240	0,298	0,592	1,538	0,232	0,783	0,388
'HS'	Método prop.	0,910	0,415	1,862	0,175	2,457	0,105	1,776	0,189
	Altura total	1,323	0,261	0,051	0,824	0,139	0,712	0,290	0,595

Los gráficos de mosaico de la Figura 4 muestran la distribución de los casos correspondientes a las variables categóricas evaluadas: rectitud del tronco, dominancia apical y mortalidad.

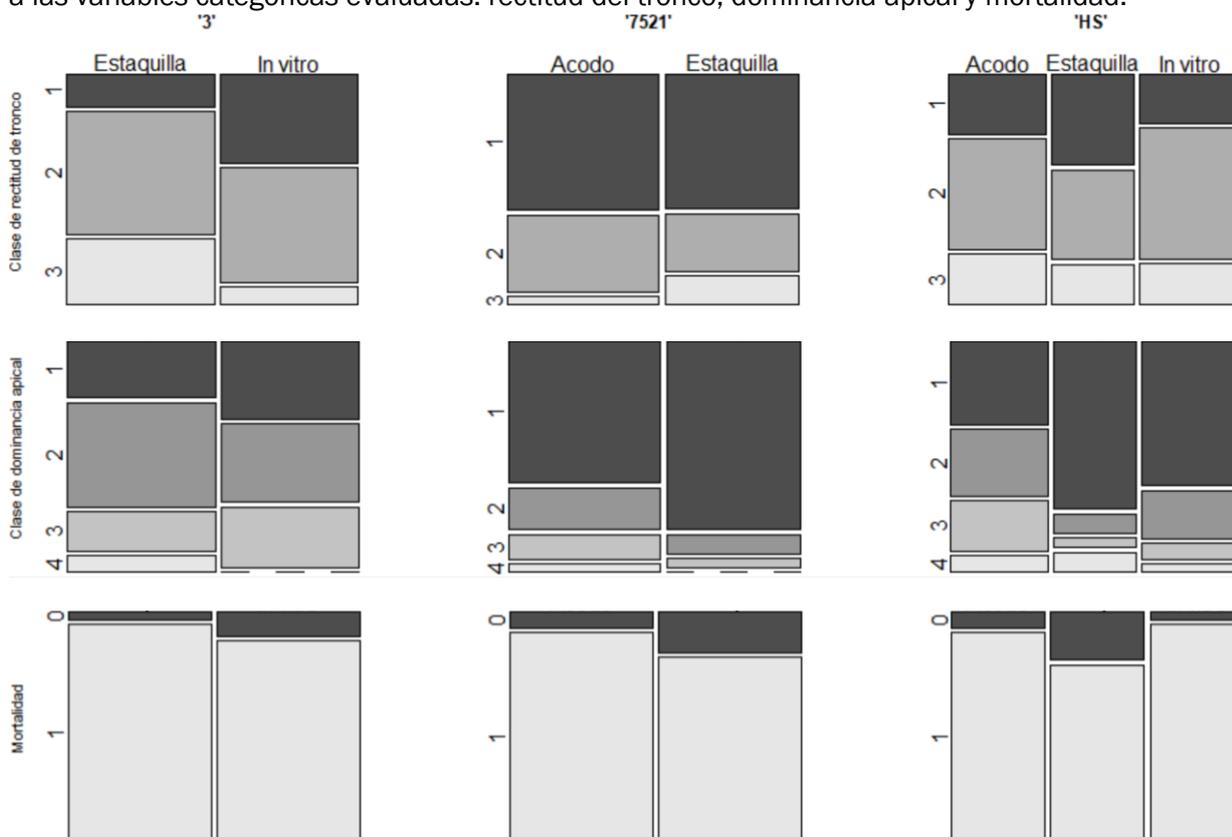


Figura 4. Gráfico de mosaico para las variables rectitud del tallo (arriba; 1 = recto, 2 = torcido y 3 = sinuoso), dominancia apical (medio; 1 = sin ramas competidoras, 2 = una rama competidora, 3 = dos o más ramas competidoras, y 4 = sin guía vertical definida) y mortalidad (abajo; 0 = muerto, 1 =vivo) según clones y métodos de propagación.

Los resultados de la prueba exacta de Fisher (Tabla 3) no encontraron asociación significativa entre los métodos de propagación y las tres variables antes expuestas.

Tabla 3. p -valores correspondientes a la prueba exacta de Fisher para probar la asociación entre el método de propagación y las variables rectitud del tronco, dominancia apical y mortalidad.

Clon	Rectitud del tronco	Dominancia apical	Mortalidad
'3'	0,0539	0,4579	0,6110
'7521'	0,5592	0,3552	0,4216
'HS'	0,6811	0,0857	0,1342

5. Discusión

Según los resultados obtenidos en este ensayo, existen diferencias en el crecimiento en diámetro normal (clones '3' y '7521') y la altura total (clon 'HS') según el método de propagación con el que se han obtenido las plantas. En el caso del diámetro existe un comportamiento diferente según los clones; así, el diámetro es significativamente mayor para el caso de los árboles producidos mediante estaquilla en el caso del clon '3' y menor para el clon '7521'. Contrariamente a nuestros resultados, estudios previos en otras especies no encontraron un efecto significativo a largo plazo del método de propagación sobre el crecimiento en altura y diámetro (STELZER et al., 1998; FRAMPTON et al., 2000; GASPAS et al., 2005). Este efecto no ocurre tampoco, incluso a corto plazo (GRÖNROOS et al., 1990; YANG et al., 1995).

Por lo que respecta a la ausencia de efecto del método de propagación en la rectitud del tronco y la dominancia apical, nuestros resultados confirman los obtenidos previamente por otros autores para una gran variedad de especies arbóreas (e.g., GRÖNROOS et al., 1990; GUPTA et al., 1991).

La ausencia de un efecto significativo del método de propagación sobre la mortalidad de las plantas una vez instaladas en campo no era un resultado esperable, *a priori*, ya que la diferente capacidad de enraizamiento de los clones híbridos de castaño según métodos de propagación (BECCARO et al., 2020) podría implicar que las tasas de mortalidad en campo fuesen distintas. Así, para otras especies, diferentes autores han encontrado una tasa de supervivencia superior para la propagación mediante cultivo *in vitro* con respecto al estaquillado (GRÖNROOS et al., 1990; BERGMANN, 1998). Los tres clones estudiados presentaron, en ensayos controlados, porcentajes de supervivencia frente a *P. cinnamomi* que oscilan entre el 85,7% ('HS') y el 100% ('3', '7521') (MIRANDA-FONTAÍÑA et al., 2007). En este ensayo clonal los valores de mortalidad fueron también muy bajos (menos del 15% en todos los casos), pero es imposible determinar si las muertes ocurridas se debieron a la tinta o a otros factores influenciados por el método de propagación como la calidad del sistema radical. En el caso de los castaños híbridos es bien conocido que un sistema radical corto y fasciculado facilita la supervivencia inicial de las plantas una vez implantadas (CUENCA y MAJADA, 2012).

No se han encontrado diferencias según métodos de propagación para los cuatro índices del nivel de ataque de avispa. Este resultado se explica, fundamentalmente, porque el genotipo es la principal fuente de variación de los niveles de ataque de esta plaga (MÍGUEZ-SOTO et al., 2018; CASTEDO-DORADO et al., 2021). Además, al no haberse encontrado diferencias significativas en la arquitectura de la copa según métodos de propagación, esta variable potencialmente influyente no parece haber condicionado la variabilidad del nivel de ataque. Por último, la altura total del árbol podría condicionar el nivel de ataque (GUYOT et al., 2015), pero no ha sido así en este estudio, ya que esta covariable no resultó significativa en ningún caso.

6. Conclusiones

Los resultados muestran diferencias en el crecimiento en diámetro normal para los tres clones estudiados, excepto el 'HS', mientras que solo existen diferencias en el crecimiento en altura para este clon. No se encontraron diferencias significativas según métodos de propagación en ninguno de los restantes caracteres evaluados: rectitud del tronco, dominancia apical, porcentaje de

supervivencia y nivel de ataque de avispa. Aunque estos resultados sugieren la ausencia de efectos de los métodos de propagación en la mayoría de los caracteres, son necesarios datos de más ensayos para obtener conclusiones más robustas.

7. Agradecimientos

La financiación de este trabajo fue proporcionada por el proyecto de investigación AGL2016-76262-R. Los patrocinadores no participaron en el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de datos, la decisión de publicar o la preparación del manuscrito. Agradecemos también al Servicio de Montes de Lugo (Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia) y a la comunidad de montes de San Xoán de Lagostelle por las facilidades dadas para la realización de este trabajo.

8. Bibliografía

BATTISTI A.; BENVIGNÒ I.; COLOMBARI F.; HAACK RA.; 2014. Invasion by the chestnut gall wasp in Italy causes significant yield loss in *Castanea sativa* nut production. *Agric. For. Entomol.* 16: 75–79.

BECCARO, G.; BOUNOUS, G.; CUENCA, B.; BOUNOUS, M.; WARMUND, M.; XIONG, H.; ZHANG, L.; ZOU, F.; SERDAR, Ü.; AKYÜZ, B.; MELLANO, M.G.; LORENZO COSTA, R.; 2020. Nursery Techniques. En: BECCARO, G.; ALMA, A.; BOUNOUS, G.; GOMES-LARANJO, J. (eds): The chestnut handbook. Crop and forest management. pp 119–154. Taylor & Francis.

BERGMANN, B.A. (1998). Propagation method influences first year field survival and growth of *Paulownia*. *New Forests* 16: 251–264.

CASTEDO-DORADO, F.; ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.; CUENCA-VALERA, B.; LOMBARDERO, M.J.; 2021. Local-scale dispersal patterns and susceptibility to *Dryocosmus kuriphilus* in different *Castanea* species and hybrid clones: insights from a field trial. *New For.* <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09893-8>.

CUENCA, B.; SÁNCHEZ, C.; ALDREY, A.; BOGO, B.; BLANCO, B.; CORREA, B.; VIDAL, N.; 2017. Micropropagation of axillary shoots of hybrid chestnut (*Castanea sativa* × *C. crenata*) in liquid medium in a continuous immersion system. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 131: 307–320.

CUENCA VALERA, B.; MAJADA GUIJO, J.; 2012. *Castanea sativa* Mill. En: Peman et al. (eds.): Producción y manejo de semillas y plantas forestales. Tomo I, pp. 274-309. Organismo autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ J.; 2011. Identification of the genealogy of interspecific hybrids between *Castanea sativa*, *Castanea crenata* and *Castanea mollissima*. *For. Syst.* 20: 65–80.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E.; 2007. Materiais de base de clons de castiñeiro híbrido para a produción de madeira (*Castanea crenata* x *Castanea sativa*). p. 6. Xunta de Galicia.

FRAMPTON, J.; LI, B.; GOLDFARB, B.; 2000. Early field growth of loblolly pine rooted cuttings and seedlings. *South. J. Appl. For.* 24: 98–105.

GASPAR, M.J.; BORRALHO, N.; LOPES GOMES, A.; 2005. Comparison between field performance of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus*. *Ann. For. Sci.* 62: 837-841.

GIL-TAPETADO, D.; CASTEDO-DORADO, F.; LOMBARDELO, M.J.; MARTEL, J.; ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.; 2020. Spatial propagation and patterns of abundance of *Dryocosmus kuriphilus* throughout an invaded region. *J. Appl. Entomol.* 145: 10–25.

GRÖNROOS, L.; HARDNER, C.; GULLBERG, U.; VON ARNOLD, S.; 1990. Field performance of *Salix* clones propagated via shoot cultures in vitro. *Scand. J. For. Res.* 5: 487-492.

GUYOT, V.; CASTAGNEYROL, B.; VIALATTE, A.; DECONCHAT, M.; SELVI, F.; BUSSOTTI, F.; JACTEL, H.; 2015. Tree diversity limits the impact of an invasive forest pest. *PLoS ONE* 10:e0136469.

GUPTA, P.K.; TIMMIS, R.; MASCARENHAS, A.F.; 1991. Field performance of micropropagated forestry species. *In Vitro Cellular & Developmental Biology* 27P: 159-164.

KOTOBUKI, K.; MORI, K.; SATO, Y.; 1985. Two methods to estimate the tree damage by chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *Bull Fruit Tree Res Stn A* 2: 29–36.

LÓPEZ-VILLAMOR, A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2013. Evaluación del enraizamiento en estaquillado semileñoso de castaño. En: Montero González, G.; Guijarro Guzmán, M. et al. (eds.): Actas 6º Congreso Forestal Español CD-Rom. 6CFE01-193. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra.

MALTONI, A.; MARIOTTI, B.; TANI, A.; 2012. Case study of a new method for the classification and analysis of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu damage to young chestnut sprouts. *iForest* 5: 50–59.

MARCOLIN, E.; PIVIDORI, M.; COLOMBARI, F.; MANETTI, M.C.; PELLER, F.; CONEDERA, M.; GEHRING E.; 2021. Impact of the Asian gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) on the radial growth of the European chestnut (*Castanea sativa*). *J. Appl. Ecol.* 00: 1–13.

MÍGUEZ-SOTO, B.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2015. Variation in adaptive traits among and within Spanish and European populations of *Castanea sativa*: selection of trees for timber production. *New For.* 46: 23–50.

MÍGUEZ-SOTO, B.; MARTÍNEZ CHAMORRO, E.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; 2018. Tolerancia a la avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*) en variedades tradicionales de fruto e híbridos interespecíficos. Xunta de Galicia.

MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VETTRAINO, A.M.; VANNINI, A.; 2007. Resistance of *Castanea* clones to *Phytophthora Cinnamomi*: Testing and genetic control. *Silvae Genet.* 56: 11-21.

MIRANDA, M.E.; FERNÁNDEZ, J.; 1992. Micropropagation as a nursery technique for chestnut hybrid clones. En: Proceedings of the international chestnut conference at: Morgantown, West Virginia, USA. Volume: West Virginia University Press, Morgantown, pp. 101-103.

MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2001. Genotypic and environmental variation of *Castanea crenata* x *C. sativa* and *Castanea sativa* clones in aptitude to micropropagation. *Silvae Genet.* 50: 3-4.

OCAÑA, L.; SANTOS, M.I.; GÓMEZ, J.A.; CUENCA, B.; 2001. Reproducción en vivero de castaños híbridos resistentes a la tinta mediante estaquillado semiherbáceo. S.E.C.F.-Junta de Andalucía (eds.), III Congreso Forestal Español. Montes para la Sociedad del Nuevo Milenio, Gráficas Coria. Sevilla.

PANZAVOLTA, T.; BRACALINI, M.; CROCI, F.; CAMPANI, C.; BARTOLETTI, T.; MINIATI, G.; BENEDETTELLI, S.; TIBERI, R.; 2012. Asian chestnut gall wasp in Tuscany: gall characteristics, egg distribution and chestnut cultivar susceptibility. *Agric. For. Entomol.* 14: 139-145.

PÉREZ-OTERO, R.; MANSILLA, J.P.; 2014. El cinípido del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 llega a Galicia (NO de la Península Ibérica). *Archivos Entomol.* 12: 33-36.

PÉREZ-OTERO, R.; CRESPO, D.; MANSILLA, J.P.; 2017. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Galicia (NW Spain): pest dispersion, associated parasitoids and first biological control attempts. *Archivos Entomol.* 17: 439-448.

RODRÍGUEZ, L.; CUENCA, B.; PATO, B.; CÁMARA, M.J.; OCAÑA, L.; 2005. Cost and efficiency of propagating *Castanea sativa* hybrids in vitro and by cutting in a commercial nursery. *Acta Hort.* 693: 305-311.

SARTOR, C.; BOTTA, R.; MELLANO, M.G.; BECCARO, G.L.; BOUNOUS, G.; TORELLO MARINONIA, D.; QUACCHIA, A.; ALMA, A.; 2009. Evaluation of susceptibility to *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in *Castanea sativa* Miller and in hybrid cultivars. *Acta Hort.* 815: 289-298.

SARTOR, C.; DINI, F.; TORELLO MARINONI, D.; MELLANO, M.G.; BECCARO, G.L.; ALMA, A.; QUACCHIA, A.; BOTTA, R.; 2015. Impact of the Asian wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) on cultivated chestnut: yield loss and cultivar susceptibility. *Sci. Hort.* 197: 454-460.

SHIRAGA, T.; 1948. Studies on the gall of chestnut. *J Okayama Agric Exp Sta.* 24p.

STELZER, H.E.; FOSTER, S.; SHAW, D.V.; McRAE, J.B.; 1998. Ten-year growth comparison between rooted cuttings and seedlings of loblolly pine. *Can. J. For. Res.* 28: 69-73.

YANG, J.C.; CHUNG, J.D.; CHEN, Z.Z.; 1995. Vegetative propagation of adult *Eucalyptus grandis* x *urophylla* and comparison of growth between micropropagated plantlets and rooted cuttings. *Plant Cell Reports* 15: 170-173.