



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



Comportamiento productivo del pino piñonero injertado sobre *Pinus halepensis* con diferentes dotaciones hídricas

GUÀRDIA BEL, M. ¹, TEIXIDÓ COMPAÑÓ, A. ¹, SEGARRA TREPAT, M. ², ALETÀ SOLER, N. ¹

¹ Fructicultura. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). Torre Marimon, 08140 Caldes de Montbui.

² Àrea d'Espaces Naturals i Recursos Genètiques Forestals. Forestal Catalana, SA. Generalitat de Catalunya.

Resumen

El interés del pino piñonero por su producción de piñón ha conducido a la selección de genotipos de alta producción de piñas. Este primer logro ha permitido el desarrollo de plantaciones injertadas sobre patrones de *P. pinea*, pero también sobre *P. halepensis*.

En 2008, se establece un ensayo productivo de *P. pinea* injertado en *P. halepensis* en una parcela de Torre Marimon (Caldes de Montbui-Barcelona). Los árboles injertados en vivero, de tres savias, fueron plantados a un marco 6 x 6 m (96 árboles). Los dos primeros años los aportes hídricos puntuales buscaban sólo garantizar la supervivencia. Posteriormente, en un diseño en bloques (tres) se aplicaron tres tratamientos de soporte hídrico: T1) abril-septiembre; T2) abril-junio y T3) Control, sin aportación hídrica, en secano. La aportación de agua ha sido semanal según necesidades calculadas por balance hídrico, función de la Pluviometría, la ETP, y la Kc estimada para esta especie y la proyección de copa. El riego ha sido localizado.

Se ha realizado un seguimiento del desarrollo vegetativo y productivo por árbol, y caracterizado la carga productiva desde la plantación hasta la cosecha 2021.

Destaca la mayor producción en número piñas de primer y segundo año en los árboles con tratamiento hídrico. En los kg de cosecha no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en la mayoría de los años debido a la alta heterogeneidad productiva.

Palabras clave

Pino carrasco, portainjerto, piñón, tratamiento hídrico.

1. Introducción

El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) está muy extendido en la Península Ibérica, donde se concentra hasta el 80% de la superficie forestal plantada y naturalizada del mundo. Su fruto, el piñón, ha sido muy apreciado desde la antigüedad y lo sigue siendo, alcanzando elevados precios de mercado, en torno 65 EUR/Kg, según la industria (NUTFRUIT, 2021). Tradicionalmente, las piñas se recolectan de masas boscosas o rodales de *P. pinea*. Actualmente, la demanda del mercado mundial no está siendo satisfecha y esta escasez se ha agravado en los últimos años con la disminución drástica de la producción de piñón, especialmente en la Península Ibérica, asociada tanto al cambio climático, con sequías recurrentes, como al ataque de la chinche *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (CALAMA et al., 2020). Dicho insecto puede provocar fácilmente reducciones de hasta un 50% en el rendimiento final del piñón (FARINHA et al. 2021). Este escenario favorece la comercialización de piñón de otras especies de pinos (*Pinus koraiensis*, *Pinus gerardiana* o *Pinus sibirica*) que se venden como sustitutos de los piñones de *P. pinea* (INC, 2021) aunque sus características nutritivas y dietéticas son muy diferentes.

Para mejorar la producción de las masas de pino piñonero se están implantado con éxito técnicas de manejo silvícola (GORDO et al., 2009; MONTERO et al., 2008), aunque la

solución para garantizar una producción sostenible de *P. pinea* parece dirigirse hacia el manejo de esta especie como cultivo agrícola. El principal desafío radica en las propias características reproductivas, ya que esta especie requiere más de tres años para formar el piñón comestible. Durante ese período, tres tipos de conos (conos de primer, segundo y tercer año) coexisten en el mismo árbol y precisan de sus recursos al mismo tiempo. La dificultad del manejo de las nuevas plantaciones radica en lograr un nivel productivo anual estable para garantizar su viabilidad económica.

Dentro de los diferentes pasos para domesticar la especie, el primero fue el uso de injertos, lo que permitió una notable reducción del período improductivo de los árboles (GUADAÑO et al., 2016). Recientemente, se ha agregado una nueva mejora al disponer de 'clones' seleccionados sobresalientes con alta productividad (MUTKE et al., 2007). Además, se ha alcanzado con éxito el injerto de pino piñonero sobre patrones de otras especies de pino. El injerto sobre pino carrasco (*Pinus halepensis* L.) puede tener un gran interés ya que conduciría a la extensión de las plantaciones de *P. pinea* a un rango mayor de ecologías, especialmente en cuanto a suelos, dando una mayor amplitud de alternativas de plantación al sector agroforestal (CATALAN, 1990; GORDO et al., 2013; PIQUÉ et al., 2017). Numerosos trabajos están actualmente focalizados en valorar los efectos del aporte de la fertilización o los aportes hídricos sobre la producción (CALAMA et al., 2007, LOEWE et al., 2020), sin olvidar las mejoras en los conocimientos y el control fitosanitario que se están perfilando sobre distintas plagas y enfermedades que afectan al pino piñonero. (LUCHI et al., 2011; FARINHA et al., 2021)

2. Objetivos

Los objetivos del trabajo son conocer el potencial productivo del pino piñonero injertado sobre porta injertos de pino carrasco (*P. halepensis*) y estudiar su crecimiento y su capacidad productiva con diferentes dotaciones hídricas durante el período vegetativo. Los datos se tomaron des de 2011 hasta 2021.

3. Metodología

Material vegetal, plantación y dotaciones hídricas

En 2008 se estableció una plantación de 96 árboles, compuesta por dos materiales clonales de pino piñonero (Región 'Catalunya Litoral') injertados sobre pies de pino carrasco en Caldes de Montbui - Barcelona. El marco de plantación fue de 6 x 6m, ocupando una superficie total de 3.500 m². El ensayo se diseñó con dos dotaciones hídricas, aplicadas mediante riego localizado (2 goteros de 12l/h). Los tratamientos consistieron en: 1) aporte hídrico durante todo el período vegetativo hasta finales de verano (T1), aplicado sobre 36 árboles, del 15 de abril al 15 de septiembre; 2) aporte hídrico solamente en primavera (T2), aplicado sobre 36 árboles, del 15 de abril al 30 de junio y 3) un tratamiento en secano (T Control), sin riego, aplicado sobre 24 árboles. La dotación hídrica se calculó semanalmente, realizando un balance hídrico considerando la evapotranspiración del cultivo y la pluviometría. Las cantidades de riego aplicadas se especifican en la tabla 1. La gestión de la parcela ha seguido criterios agroforestales manteniendo la cubierta vegetal entre hileras y desbrozando dos-tres veces al año. A partir de 2017 se empezó a aplicar insecticida forma experimental para el control de la plaga de *Leptoglossus occidentalis*.

Tabla 1. Dotaciones hídricas aportadas en los dos tratamientos: T1 comprende todo el periodo vegetativo y T2 aportación hasta inicio del verano. La última columna recoge la precipitación acumulada (mm) des del 15 de abril al 15 de septiembre de cada uno de los años.

Año	T1 (m ³ /ha)	T2 (m ³ /ha)	Precipitación (mm)
			15 abril-15 septiembre
2016	720	454	193
2017	998	454	174
2018	1220	435	218
2019	1385	515	251
2020	1785	617	354
2021	2336	1112	99

Crecimiento, conteos y rendimiento

Desde 2011 se realizaron en esta parcela medidas de crecimiento anuales, como el diámetro del patrón y la altura total de los pinos. Además, se hicieron conteos anuales del número de estróbilos (P1), piñas de segundo año (P2) y piñas de tercer año (P3) en verano. Las piñas maduras se recolectaron para conocer el peso en verde de la cosecha (kg). El análisis estadístico se realizó mediante un análisis *split plot* para las diferentes variables que se tomaron en la parcela durante los 11 años de los que se recogieron los datos. Los factores fueron el año, el tratamiento y la interacción entre ambos. El coeficiente de variación de la producción se calculó por la *ratio* de la desviación estándar y la media de cada muestra.

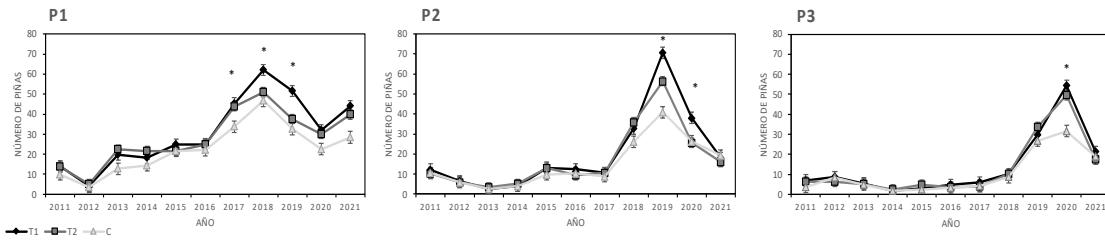
4. Resultados

Entrada en producción, número de piñas y peso de la cosecha.

A partir de la Figura 1 (Número de P1, P2 y P3) se puede observar que existen dos fases productivas diferenciadas. La primera corresponde a una etapa inicial de baja producción hasta el 2016 (considerando el número de P1) y una entrada en una fase de mayor producción a partir del 2017, coincidiendo también con la aplicación de los tratamientos contra *L. occidentalis*. Si consideramos el número de P3 (Figura 1) y su traducción a peso en verde de la cosecha (Figura 2) la entrada en producción sustancial sería en 2019, a los 11 años.

En la misma la Figura 1, se pueden observar las diferencias en número de P1, P2 y P3 a lo largo de los años, entre los tres tratamientos. En P1 se presentaron diferencias significativas en 2017, cuando T1 y T2 fueron similares, mientras que el control produjo un número menor de conos de primer año. En cambio, en 2018 y 2019 T1 tuvo una producción significativamente más alta de P1, mientras que T2 y Control fueron similares. En el segundo gráfico, se observan diferencias significativas en el número de piñas de segundo año (P2) en 2019 (siendo cada tratamiento distinto) y en 2020 cuando T1 difirió de T2 y C. Finalmente, en la producción de piñas, P3, sólo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos hídricos en el pico de 2020, cuando T1 y T2 obtuvieron valores parecidos mientras que en el Control, sin riego, la cosecha de piñas fue menor.

Figura 1. Número de piñas de primer (P1), segundo (P2) y tercero (P3) año de edad contadas anualmente a lo largo del periodo de estudio (2011-2021) y separados por los tres tratamientos hídricos (T1, T2 y Control). El asterisco (*) muestra las diferencias significativas entre los tratamientos para cada año concreto ($p<0,05$)



En la tabla 2 se resume el porcentaje de estróbilos (P1) que pasaron a piña madura (P3) en las cohortes de 2011 a 2019. Hasta la cohorte de 2016, los valores no sobrepasaron el 47%, es decir, algo menos de la mitad de piñas de primer año se mantuvieron hasta la cosecha final. En las cohortes 2017 y 2018 este porcentaje fue más elevado y se situó entre el 65 y el 90%. Para este parámetro no se observaron diferencias entre los tratamientos hídricos y el control, ni se detectó un patrón explicativo de este comportamiento reproductivo.

Tabla 2. Porcentaje de piñas de primer año que llegan a ser cosechadas el tercer año. Cohortes de 2011 a 2019, separadas por los tres tratamientos hídricos (T1, T2 y C).

Cohorte	T1 (%)	T2 (%)	Control (%)
2011	41,5	41,2	47,8
2012	45,9	41,2	47,1
2013	17,1	22,9	17,8
2014	30,2	15,6	29,3
2015	20,4	15,7	19,0
2016	44,3	42,7	39,1
2017	64,6	73,9	77,7
2018	81,4	90,1	71,2
2019	41,1	46,8	56,9

Centrándonos en el peso verde de las piñas cosechadas (Figura 2) no se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos hídricos. Sin embargo en el pico de producción de 2020 se pudo apreciar que la cosecha en los árboles en secano fue menor, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

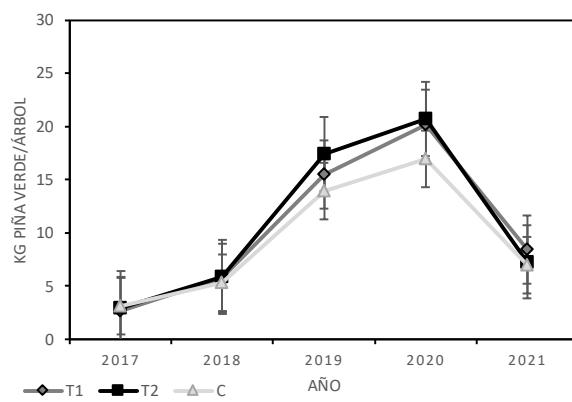


Figura 2. Promedio y desviación estándar de los kg de piña en verde recogidos por árbol en cada tratamiento (T1, T2 y C) en los últimos cinco años (2017-2021).

En la tabla 3 se recogen los Coeficientes de Variación (CV) de los pesos de piña verde cosechada durante los diferentes años (a partir de 2016) separados por tratamiento hídrico. No existieron diferencias significativas entre los tres tratamientos a nivel de heterogeneidad en el peso de la cosecha. Se puede observar que los últimos años los valores de los pesos tanto en T1, T2 como en T3 han ido aumentando, pero sin disminuir el CV, ni tampoco las diferencias entre valores mínimos y máximos. Los valores mínimos se mantuvieron con los años de manera que hubo siempre individuos, árboles, con muy poca producción en los tres tratamientos, mientras que el valor máximo fue aumentando con los años. La diferencia más importante se observó en 2020 y en 2021 cuando los valores máximos de T1 fueron más elevados que los de los otros dos tratamientos.

Tabla 3. Separados por año y tratamiento se representan el número de árboles con al menos una piña, el Coeficiente de Variación (CV) del peso verde de la cosecha, el valor mínimo de Peso verde de cosecha por árbol (Kg) y el valor máximo de Peso Verde de cosecha por árbol (Kg).

Año	Tratamiento	Número de árboles con piñas	CV del peso de cosecha (%)	Valor mínimo de cosecha (Peso verde-Kg)	Valor máximo de cosecha (Peso Verde-Kg)
2017	1	4	124,0	0,6	7,6
	2	4	75,7	0,8	5,2
	Control	5	171,5	0,0	12,4
2018	1	32	72,1	0,5	21,7
	2	33	67,2	0,4	13,5
	Control	21	98,5	0,5	19,4
2019	1	35	60,6	0,5	35,1
	2	35	42,1	1,1	30,9
	Control	23	56,8	1,7	30,0
2020	1	36	87,1	1,4	52,7
	2	36	62,5	1,5	46,5
	Control	24	53,5	1,1	30,6
2021	1	34	78,0	0,2	31,3
	2	36	73,4	0,7	20,9
	Control	24	74,8	1,1	19,6

Integral productiva y crecimiento

En la Figura 4 se representa el esfuerzo reproductivo, expresado como la suma de los conos de diferentes edades que sostuvo el árbol cada año, diferenciado por tratamientos hídricos. T1 tuvo una carga productiva (suma de P1, P2 y P3) mayor que T2 y éste mayor que el tratamiento control en secano. Estas diferencias se acentuaron a partir de 2017, cuando los árboles iniciaron su fase adulta. Se observa también un aumento sostenido con la edad del esfuerzo reproductivo. Desde 2016 se notaron también diferencias significativas entre los tres tratamientos en el crecimiento en altura de los árboles. El T1 y T2 han tenido un crecimiento similar y significativamente diferente del de los árboles control en secano.

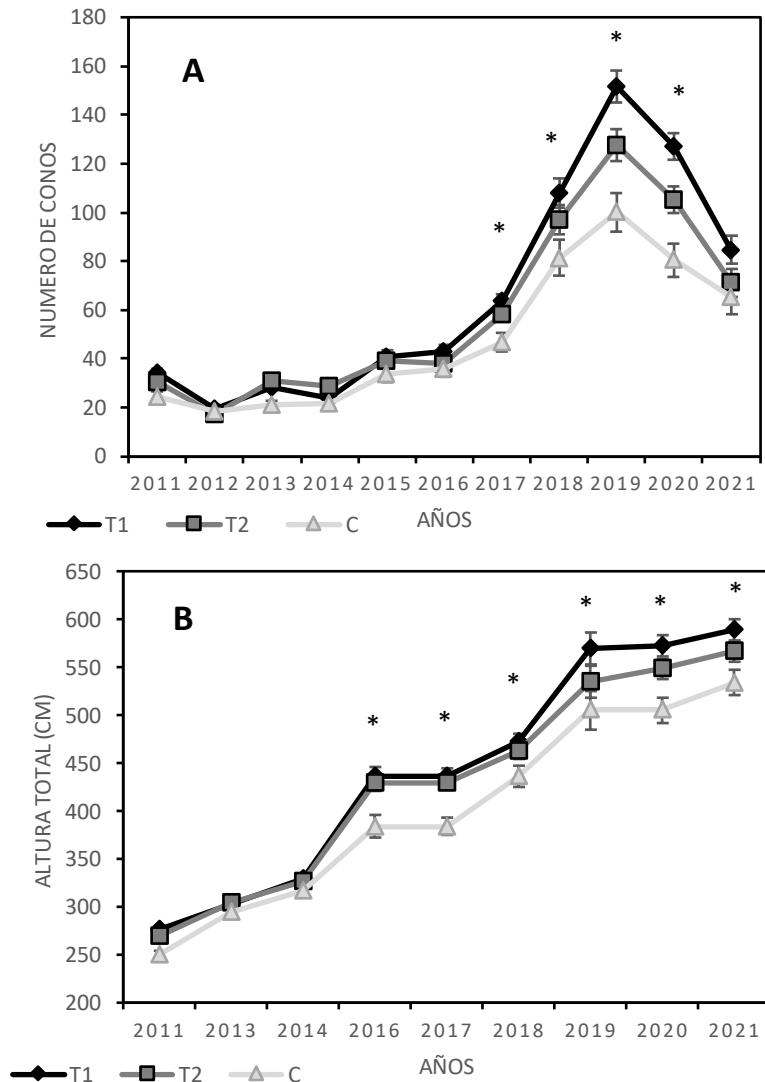


Figura 4. A) Suma de los conos (P1, P2 y P3) que se encuentran anualmente en el árbol, separadas por tratamientos hídricos. B) Crecimiento en altura de los individuos de los diferentes tratamientos a lo largo de los años del ensayo. El asterisco (*) muestra las diferencias significativas entre los tratamientos para cada año concreto ($p<0,05$).

5. Discusión

El número de estróbilos y de conos de segundo año se vieron afectados por los tratamientos hídricos, pero estas diferencias no se plasmaron en la cosecha final. Observamos que, tanto en el número como en los kg de piñas cosechadas, prácticamente no existieron diferencias entre los tres tratamientos. Solamente en el año 2020, dónde hubo un pico de producción, se pudieron apreciar diferencias entre los individuos regados y el control en secano, a nivel de número de piñas maduras, pero no en peso de cosecha. Se detectó cada año una gran heterogeneidad en la producción de la parcela. Esta heterogeneidad productiva ya se ha observado en otras experiencias en piñonero injertado tanto sobre portainjertos de pino carrasco como de pino piñonero (GUÀRDIA et al., 2021). En el caso de la piña verde cosechada el CV y sus extremos productivos son muy elevados de manera que, con los aportes hídricos planteados en las condiciones de este ensayo, no

se consigue rebajar la heterogeneidad productiva registrada entre pies dentro de un mismo año.

Por otro lado, si nos fijamos en la suma de las tres estructuras reproductivas que mantiene el árbol a la vez (datos tomados en verano) sí que se observan diferencias entre los tres tratamientos, con lo cual los árboles con dotación hídrica son capaces de sostener una cantidad mayor de órganos reproductivos que los árboles control en secano. Bajo la hipótesis del posible interés de esta variable de medición, significaría que los individuos sí que reaccionaron a las dotaciones hídricas y que quizás con un aporte hídrico mayor sí que se verían resultados en la cosecha final. Otros efectos bióticos o abióticos no identificados pudieron ser las causas de que la cosecha *per se* no aumentara, especialmente en la primera fase de menor producción final de piña. Se trató de anular el efecto *Leptoglossus occidentales* aplicando tratamientos insecticidas en la parcela, pero quizás no se consiguió. Un estudio más pormenorizado será necesario. Este resultado también parece ligado al crecimiento ya que los árboles en secano tuvieron un significativo menor crecimiento.

Los porcentajes de paso de estróbilos a piña madura fueron parecidos en los tres tratamientos y también al considerar las seis primeras cohortes. Sin embargo, este porcentaje en las cohortes de 2017 y 2018 tuvo elevados valores lo que, junto a una elevada presencia inicial de estróbilos, dio lugar a los dos años con más producción de piña madura de esta parcela, el 2019 y el 2020. Se consiguieron con el tratamiento T1 de máxima irrigación unas producciones asimilables a 4.170 kg/ha en 2019 y 5.560 kg/ha en 2020, aplicando un aporte hídrico de 1.385m³/ha. y 1.785m³/ha, respectivamente.

6. Conclusiones

El pino piñonero injertado sobre *P. halepensis* reaccionó reproductivamente a los tres tratamientos hídricos, ya que en la fase más productiva (a partir de 2017) los árboles de T1 y T2 fueron capaces de soportar más carga reproductiva, expresada como la suma de los conos de las tres edades en el mismo período vegetativo. Este hecho no se tradujo finalmente en una mayor cantidad de cosecha lo que supone que otras causas no consideradas han tenido probablemente su papel en este resultado.

La cantidad de piñas de primer año que llegan al tercero no difirió entre los tratamientos hídricos, quizás las dotaciones aplicadas no fueron suficientes o el momento de la aplicación no fue el adecuado. Además, los aportes hídricos aparentemente tampoco ayudaron a suavizar la vecería y la heterogeneidad productiva entre pies.

7. Agradecimientos

Este trabajo se está desarrollando en el marco del proyecto MASPINENUT del PlanPID2019-107483GB-100 financiado por el MINECO (2020-2024).

8. Bibliografía

CALAMA, R.; MADRIGAL, G.; CANDELA, J.A.; MONTERO, G. 2007. Effects of fertilization on the production of an edible forest fruit: stone pine (*Pinus pinea* L.) nuts in south-west Andalusia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 16(3), 241-252.

CALAMA, R.; MUTKE, S.; CONDE, M.; GARRIGA, E.; ARIAS, M.J.; PIQUÉ, G.; GANDÍA, R.; MONTERO, G.; et al. 2020. Decline in commercial pine nut and kernel yield in

Mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. *iForest-Biogeosciences For.* 13, 251–260.

CATALÁN BACHILLER, G. 1990. Plantaciones de *Pinus pinea* en zonas calizas para producción precoz de piñón. *Ecología*, 4, 105–120.

FARINHA, A.O.; CARVALHO, C.; CORREIA, A.C.; BRANCO, M. 2021. Impact assessment of *Leptoglossus occidentalis* in *Pinus pinea*: Integrating population density and seed loss. *Forest Ecology and Management* 496. pp.119422. (10.1016/j.foreco.2021.119422).

GORDO, F.J.; CALAMA, R.; ROJO, L.L.; MADRIGAL.; ÁLVAREZ, D.; MUTKE, S.; MONTERO, G.; FINAT, L. 2009. Experiencias de clareos en masas de *Pinus pinea* L. en la Mesta Norte. In *Proceedings of the 5º Congreso Forestal Español*, Ávila, Spain, 21–25 September 2009.

GORDO, F.J.; MUTKE, S.; GIL, L. 2013. La relevancia de la especie de patrón portainjerto para el desarrollo de la copa y la producción de piña del pino piñonero injertado. In *Proceedings of the 6º Congreso Forestal Español*, Vitoria-Gasteiz, Spain, 10–14 June 2013.

GUADAÑO, C.; MUTKE, S. 2008. *Establecimiento de Plantaciones Clonales de Pinus Pinea Para la Producción de Piñón Mediterráneo*; INIA: Madrid, Spain, 2016; Volume 28.

GUÀRDIA, M.; TEIXIDÓ, A.; SANCHEZ-BRAGADO, R.; ALETÀ, N. 2021. An Agronomic Approach to Pine Nut Production by Grafting Stone Pine on Two Rootstocks. *Agriculture*, 11, 1034. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111034>

INC. Global statistical review. Crop progress report. Pine nuts. *Nutfruit Magazine*, March 2021; p. 4.

LOEWE-MUNOZ, V.; DELARD, C.; DEL RÍO, R.; BALZARINI, M. 2020. Long-term effect of fertilization on stone pine growth and cone production. *Annals of Forest Science* 77, 69

LUCHI, N.; MANCINI, V.; FEDUCCI, M.; SANTINI, A.; CAPRETTI, P. 2012. *Leptoglossus occidentalis* and *Diplodia pinea*: a new insect-fungus association in Mediterranean forests. *Forest Pathology* 42(3). DOI: 10.1111/j.1439-0329.2011.00750.x

MONTERO, G.; CALAMA, R.; RUIZ-PEINADO, R. 2008. Selvicultura de *Pinus pinea*. In *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*; Montero, G., Reque, J., Eds.; INIA-FUCOVASA: Serrada, Spain.

MUTKE, S.; IGLESIAS, S.; GIL, L. 2007. Selección de clones de pino piñonero sobresalientes en la producción de piña. *Investig. Agrar. Sist. Recur.* 16, 13.

NUTFRUIT. Pine Nuts-Statistical Review. Nutfruit Magazine, March 2021; p. 1.

PIQUÉ, M.; COELLO, J.; AMMARI, Y.; ALETÀ, N; SGHAIER, T.; MUTKE, S. 2017. Grafted stone pine plantations for cone production: Trials on *Pinus pinea* and *Pinus halepensis* rootstocks from Tunisia and Spain. Options Mediterr. Ser. A Mediterr. Semin. 2017, 122, 17-23.