



ARTÍCULO

Esquemas de Manejo para el Cultivo de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) en Chile.

Verónica Loewe Muñoz^{1*} & Claudia Delard Rodríguez²

¹Ingeniera Forestal Dr. Instituto Forestal, Chile y Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD), Pontificia Universidad Católica de Chile. vloewe@infor.cl

²Ingeniera Forestal. Instituto Forestal, Chile. cdelard@infor.cl

* Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2024.604>

Recibido: 15.03.2024; Aceptado 10.04.2024

RESUMEN

Pinus pinea L. es originario de la cuenca del Mediterráneo, fue introducida a Chile por colonos europeos en el siglo XIX para producir piñones y para protección de suelos y ganado; está adaptado a diferentes condiciones de sitio en la zona centro-sur del país; es apropiada para uso agroforestal y silvopastoreo; y sus semillas, los piñones, son un producto de alto valor en el mercado internacional de frutos secos. La especie puede ser empleada en plantaciones puras o en combinaciones agroforestales, bajo diferentes esquemas e intensidades de manejo y en variados sectores de la zona centro-sur del país. En el presente trabajo se efectúa un análisis económico que considera los costos, la producción y los ingresos generados por la especie en plantaciones bajo tres esquemas de manejo; una plantación bajo manejo silvícola de mediana intensidad, un sistema agroforestal bajo manejo de mediana intensidad y una plantación bajo silvicultura intensiva. Bajo los más probables escenarios de producción y precios y una tasa de interés de 6% y 8%, los tres esquemas muestran un valor neto presente positivo, siendo el esquema de silvicultura intensiva el más rentable y el esquema silvopastoral más rentable que el de silvicultura de mediana intensidad y de fácil implementación para los propietarios.

Palabras clave: *Pinus pinea*, Producción de conos, Sistemas agroforestales, Análisis económico.

SUMMARY

Pinus pinea L. is a species native to the Mediterranean basin, it was introduced to Chile by European settlers to protect soil and livestock in the XIX century. The species presents an interesting adaptation to different site conditions in the central and central southern zone of the country, and it can be used in agroforestry systems. Furthermore, the seeds, the Pine Nuts, are a non-wood product of high value in the international markets of dry fruits. The species can be used in pure plantations or in agroforestry combinations, under different management schemes and intensities and in various sectors of the central southern zone of the country. In this work, an economic analysis is carried out considering the costs, production and income generated by the species in plantations under three management schemes; a plantation under medium intensity silvicultural management, an agroforestry system under medium intensity management and a plantation under intensive forestry. Under the most probable production and price scenarios and an interest rate of 6% and 8%, the three schemes show a positive net present value, with the intensive forestry scheme being the most profitable and the silvopastoral scheme more profitable than the forestry medium intensity scheme, being also easy to implement by landowners.

Keywords: *Pinus pinea*, Cone production, Agroforestry systems, Economic analysis

INTRODUCCIÓN

El pino piñonero se ha plantado para la producción de piñones durante más de 6.000 años y sus piñones se han recolectado de árboles silvestres desde mucho antes (Lim, 2012). Incluso en la actualidad, los piñones se cosechan principalmente en bosques naturales prácticamente no manejados y son considerados un producto forestal no maderero (PFNM).

Las plantaciones de pino piñonero están aumentando en el hábitat nativo de la especie, especialmente en Portugal, Turquía y España (Mutke, 2020). La especie se integra fácilmente a sistemas agroforestales (Eichhorn *et al.*, 2006; Reisner *et al.*, 2007), asociada a cultivos agrícolas (Mutke *et al.*, 2007), viñedos y pastos (Gordo *et al.*, 2011). Dado que la producción europea es de alto costo e insuficiente para satisfacer la demanda (Vanhanen & Savage, 2013), se están realizando esfuerzos para cultivar pino piñonero en otros países con clima mediterráneo, como Túnez, Nueva Zelanda, Australia, Argentina y Chile.

Hace más de dos siglos, el pino piñonero fue introducido en Chile por inmigrantes europeos para proteger el suelo y el ganado (Loewe & Noel, 2021). El suelo y el clima del país son adecuados para el crecimiento y fructificación de la especie (Loewe *et al.*, 2015b, 2016). Los elevados ingresos anuales de hasta 3.200 US\$/ha derivados de la producción de conos (Loewe & Delard, 2012) hacen de la especie una opción atractiva para los propietarios de tierras forestales, incluso en sistemas agroforestales (Loewe & Delard, 2019).

El pino piñonero es una especie multipropósito que proporciona madera, leña y oportunidades de esparcimiento, puede soportar sequías (Tramblay *et al.*, 2020) y tiene una demanda hídrica menor que los árboles frutales tradicionales. Sus semillas comestibles, los piñones, han sido recomendadas como parte de una dieta saludable (Estruch *et al.*, 2018). Es el fruto seco más caro del mundo, los precios al por mayor oscilan entre 20 y 78 US\$/kg y desempeña un papel importante en muchas economías rurales (Barranco & Ortuño, 2004; INC, 2019). Además, la especie proporciona múltiples beneficios ambientales, como fuente de alimento para la fauna, protección de cuencas, recuperación y protección del suelo, y otros, que pueden superar el valor de comercialización del piñón (Campos *et al.*, 2011). La especie también genera importantes beneficios socioeconómicos, incluidos ingresos y empleos, como se ha informado en su zona de origen (Awan & Pettenella, 2017; Küçüker & Baskent, 2017) y más allá, como en Túnez (Ammari *et al.*, 2011) y el Líbano (Sattout & Faour, 2017). Es así como la especie puede contribuir en forma significativa a los ingresos de los propietarios de tierras forestales y a las pymes en actividades rentables y productivas que generen retornos anuales.

Este trabajo se centra en la producción de pino piñonero en Chile. Se analizan los retornos económicos bajo tres esquemas de cultivo y se discuten las posibles contribuciones a la economía rural a través de la generación de ingresos, empleos y otros impactos positivos.

MATERIAL Y MÉTODO

Esquemas de Manejo

Para cuantificar el valor de las inversiones (valor neto presente) y la rentabilidad (tasa interna de retorno) del cultivo de pino piñonero, se comparó plantaciones de 1 ha establecidos en el centro de Chile con los siguientes esquemas de manejo: Plantación manejada bajo media intensidad, la más común en el país; Sistema agroforestal manejado bajo intensidad media; y plantación bajo manejo de alta intensidad.

En los tres sistemas se aplicaron igualmente las siguientes técnicas de manejo: Subsulado, plantación de 278 árboles/ha (6 x 6 m), control de malezas durante ocho años, poda cada cinco años y raleo a los 25 años quitando el 50% de los árboles. Los sistemas se diferenciaron en la fertilización, que en los esquemas de manejo de media y alta intensidad se aplicó cada cinco años (Loewe *et al.*, 2020a), mientras que para el sistema agroforestal se suministró anualmente en los primeros ocho años, según los requisitos de los cultivos intercalados, y luego periódicamente cada cinco años.

Los sistemas también diferían en el riego: Semanalmente a través de un sistema de goteo automático durante la primavera y el verano durante toda la rotación para el esquema de manejo de alta intensidad; manualmente en primavera y verano solo durante los primeros ocho años después del establecimiento para los esquemas de manejo de intensidad media, semanalmente para el sistema agroforestal y mensual para la plantación pura.

El sistema agroforestal incluyó dos años de cultivos intercalados de papa, seguidos de silvopastoreo (avena forrajera para ovejas para la producción de carne) del año 3 al 8. No se empleó ninguna protección individual de los árboles contra las ovejas.

Recopilación de Datos

Para realizar los análisis económicos se recogieron datos primarios y secundarios sobre costos, producción e ingresos:

- *Costos*

Los costos de mano de obra se estimaron utilizando mediante una encuesta realizada en 2020 en Chile central (regiones del Maule a la Araucanía), mientras que los costos de insumos se obtuvieron de una encuesta realizada en tiendas especializadas locales (Homecenter, Easy, ANASAC, entre otras). En **Apéndice 1** se proporciona una descripción general de los costos.

- *Producción*

Para los datos del sistema agroforestal se registró la producción de papa, avena forrajera y ovejas durante ocho años en una plantación experimental ubicada en la región de Ñuble, centro de Chile (Loewe & Delard, 2019).

Las estimaciones de la producción de conos se basaron en registros existentes de Chile (Loewe & Delard, 2012; Loewe *et al.*, 2016, 2020a, 2020b) y en una revisión de la literatura realizada utilizando bases de datos disponibles (ACS Web Editions, Annual Reviews, Nature collection, Elsevier Science Direct-Freedom Collection, Oxford University Press, Science Magazine, Springerlink, Wiley-Blackwell). La producción de conos se calculó mediante un ejercicio de simulación, ya que en el país no existen plantaciones productivas manejadas de 60 años (**Apéndice 2**) (Loewe & Delard, 2012).

El pino piñonero se caracteriza por la variabilidad interanual en la producción de conos en su hábitat nativo (Calama *et al.*, 2008) y también en Chile (Loewe *et al.*, 2020b). En los esquemas de manejo de intensidad media, a una producción alta le siguen dos años de producción reducida a la mitad. En el esquema de manejo de alta intensidad, debido al riego, a la producción esperada le siguen dos años de una producción reducida del 40%. Se utilizó un peso promedio de cono de 495 g (Loewe *et al.*, 2016).

- *Ingresos*

Para el sistema agroforestal se utilizaron los precios de papas y ovino del mercado nacional (ODEPA, 2022). Los conos están valorados en 1,05 dólares el kg (Correia, 2019). La leña derivada del raleo se valoró en 3,9 US\$/m³, y los troncos cosechados al final de la rotación (71,5 m³/ha) se valoraron en 47,8 US\$/m³. Los valores de los ingresos se presentan en **Apéndice 3**.

Evaluación Económica

Para realizar un análisis de sensibilidad, se utilizaron cuatro escenarios:

- Producción más probable y precio de cono más probable (1,05 US\$/kg).
- Producción más probable con precio de cono pesimista (reducción del 10%, 0,95 US\$/kg).
- Producción pesimista (reducción del 20%) con precio más probable.

- Producción pesimista y precio pesimista. El valor de la tierra se incluye como alquiler (294 US\$/ha/año) (García & Laval, 2019).

El análisis consideró una plantación de 1 hectárea evaluada en un horizonte de 60 años. Los indicadores económicos calculados para dar cuenta del costo de oportunidad del tiempo necesario para generar productos durante muchos años fueron:

- Valor presente neto (VPN) que es la diferencia entre el valor presente de las entradas y salidas de efectivo, descontado a tres tasas de interés (6% y 8% utilizados en evaluaciones sociales del Ministerio de Desarrollo Social de Chile, y 10%, utilizado por inversionistas privados, que representan el costo de oportunidad).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).

RESULTADOS

Los resultados de la evaluación económica para los tres esquemas de gestión bajo cuatro escenarios de producción y precios, y sensibilidad a las tasas de interés, son presentados a continuación.

Plantación Manejada con Intensidad Media

La producción de conos en los escenarios más probables de producción y precios, considerando una inversión inicial de 1.754 US\$/ha, mostró una rentabilidad positiva con tasas de descuento del 6% y 8%. En el escenario pesimista de precio o producción, fue rentable solo al 6%, y cuando tanto el precio como la producción disminuyeron, la rentabilidad fue negativa en todos los casos. En cuanto al empleo, la mano de obra estimada necesaria anualmente fue de 63 días laborables por hectárea después de alcanzar una producción estable de conos a los 40 años.

Sistema Agroforestal Manejado con Intensidad Media

La producción de conos implicó el cultivo intercalado de papas durante dos años, seguido del cultivo de avena forrajera para el pastoreo de ovejas durante seis años. Por esta razón, la evaluación incluyó los ingresos derivados de la producción ovina y de la papa (**Apéndice 3**). En el escenario más probable de producción y precios, considerando una inversión inicial de 2.176 US\$/ha, se observó una rentabilidad positiva en todas las tasas de descuento. En un escenario de precio o producción pesimista, el sistema era rentable con todas las tasas de descuento, y en el escenario de producción y precio pesimista, la rentabilidad era positiva al 6% y 8%. En el escenario más probable de producción y precios con una tasa de descuento del 8%, el VPN fue casi 3,5 veces mayor en el sistema agroforestal (conos, papa y ovejas) que en el monocultivo bajo el mismo manejo de intensidad media (5.760 US\$/ha vs. 1.660 US\$/ha). En este modelo se observó la TIR más alta (13,9%). En cuanto al empleo, la mano de obra requerida anualmente fue de 63 días hábiles por hectárea una vez alcanzada una producción estable de conos, sin embargo, durante los primeros ocho años este sistema requirió mucha mano de obra.

Los cultivos probados no tuvieron ningún impacto negativo en el desarrollo de los árboles. La producción ovina equivalía a entre 3,7 y 4,4 ovejas/ha/año. Las ovejas no dañaron los árboles, aunque fueron introducidas al sistema a la edad de plantación de tres años, lo que representa un correcto manejo de la carga animal. A los ocho años de edad de la plantación, la sombra de las copas expandidas comenzó a dificultar el cultivo intercalado de avena forrajera, en consecuencia, las ovejas pastaban extensivamente, y esta producción reducida no se incluyó en la evaluación. Los rendimientos de los cultivos obtenidos fueron inferiores al promedio del país. En el caso de la papa, el rendimiento promedio alcanzó los 13.225 kg/ha, equivalente al 45% de la producción promedio nacional (Tapia, 2021). Para la avena forrajera el rendimiento (2.332 kg/ha) representó el 45% del rendimiento promedio nacional de 5.200 kg/ha (García & Riveros, 2019). Así, los pinos piñoneros impactaron negativamente en la producción de papas y ovejas en comparación con la producción sin árboles. Sin embargo, el sistema integrado demostró ser más rentable con la misma intensidad de gestión. La producción de conos no se vio afectada por los cultivos intercalados ya que comenzó después de que el sistema agroforestal ya no estaba en uso.

Plantación Manejada Bajo Alta Intensidad

Con una inversión inicial de 3.519 US\$/ha, el doble que, en la plantación manejada de intensidad media, el riego permanente permitió una rentabilidad positiva en 8 de los 12 escenarios modelados. De hecho, el riego condujo a una producción más temprana y mayor de conos, lo que se tradujo en una rentabilidad positiva en el escenario más probable de producción y precios con todas las tasas de descuento, incluido el 10%. Con una tasa de interés del 8% la rentabilidad fue positiva, salvo en el escenario pesimista de precios y producción; con un 6%, la rentabilidad siempre fue positiva. En cuanto al empleo, la mano de obra estimada requerida anualmente fue de 69 días laborables por hectárea una vez alcanzada una producción estable de conos.

DISCUSIÓN

El pino piñonero es un cultivo emergente en muchas zonas, incluida América del Sur (Dube *et al.*, 2015). Sus piñones son muy apreciados, con precios en aumento. La plasticidad de la especie en diferentes ambientes, junto con sus menores requerimientos hídricos que los de la mayoría de árboles frutales, la hace atractiva para enfrentar los desafíos del cambio climático. Estas características son esenciales en las zonas mediterráneas, donde se esperan sequías cada vez más severas (Tramblay *et al.*, 2020).

El cultivo de pino piñonero bajo diferentes esquemas de manejo es posible en Chile y otros lugares fuera de sus áreas de distribución natural. El desarrollo de una cadena de valor de pino piñonero cultivado en varios países de bajos ingresos ha contribuido a la actividad económica rural, con impactos sociales y ambientales sobresalientes (Sülüsoglu, 2004; Schröder *et al.*, 2014).

La integración de la agrosilvicultura para el cultivo de pino piñonero puede desempeñar un papel crucial para sectores rurales; Además, los sistemas mixtos mejoran la biodiversidad y al mismo tiempo preservan los paisajes. El sistema agroforestal manejado bajo intensidad media fue más rentable (3,5 veces mayor VPN) que la plantación manejada de manera similar en el escenario más probable de producción, precio y tasa de descuento.

Se informan resultados similares en Australia (Garland *et al.*, 1984) y Nueva Zelanda (Arthur-Worsop, 1985), donde el sistema combinado fue más rentable que los sistemas puramente pastoriles, agrícolas o de plantaciones. El impacto económico positivo de combinar pino piñonero y animales se informó en Italia y Chipre (Agrimi & Ciancio, 1994; Pardini & Nori, 2011). De hecho, las áreas sombreadas producen mejores pastos (Trap, 1993), las fecas de animales promueven el crecimiento (Loewe-Muñoz y Delard, 2019) y el pastoreo limita el crecimiento de pastos y arbustos, reduciendo el costo del control de malezas (Pinoli, 2019). También se informan impactos ambientales positivos, incluida la reducción del riesgo de incendios (Peña & Pedernera, 2004).

La agrosilvicultura fue el sistema con mayor resiliencia financiera a las caídas de precios y producción. Los propietarios de tierras con recursos limitados pueden establecer fácilmente este sistema, beneficiándose de la integración de otros cultivos en plantaciones manejadas bajo intensidad media. Los ingresos anuales provenientes de cultivos y animales son importantes para la economía familiar, especialmente durante los primeros años cuando los árboles aún no dan frutos.

El sistema manejado bajo alta intensidad fue el más rentable, lo que se atribuye al efecto del riego permanente, que aumentó significativamente la producción de conos (Butler *et al.*, 1997; Loewe *et al.*, 2016).

El cultivo de pino piñonero puede proporcionar importantes beneficios en zonas rurales desfavorecidas y necesitadas de estímulos económicos (Peterson, 2007), ya que promueve directamente el desarrollo económico, a través de la venta de conos o piñones, e indirectamente, a través de la compra de bienes y servicios relacionados. Además, el aumento de los ingresos y el empleo, estimado entre 63 y 69 jornadas/ha/año después de alcanzar una producción estable de conos, puede contribuir a reducir la emigración rural (Barranco & Ortuño, 2004).

En Chile, se han establecido nuevas plantaciones para la producción de piñones en más de 5.000 ha junto con avances en las técnicas de cultivo (Loewe *et al.*, 2015, 2016, 2020a, 2020b; Loewe & Delard, 2016). Ávila *et al.* (2012) vincularon las áreas de cultivo potenciales de la especie con el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y las áreas con alto potencial para el cultivo de pino piñonero, donde se espera mejore el IDH, superan los 2,3 millones de hectáreas, lo que indica la posibilidad de obtener beneficios socio económicos amplios.

La integración más amplia de esta prometedora especie en el sector forestal del país plantea algunos desafíos. Es necesario el establecimiento de nuevas plantaciones para alcanzar un área plantada crítica y un mayor desarrollo de técnicas de cultivo sostenibles, y se requiere de plantas procesadoras de conos que favorezcan aún más las economías locales y el posicionamiento de los productos chilenos en los mercados internacionales; adicionalmente, sería muy conveniente la creación de una marca país para comercializar piñones cultivados localmente. Abordar estos desafíos evidentemente exige apoyo político.

RECONOCIMIENTOS

Las autoras agradecen el financiamiento de ANID BASAL FB210015 (CENAMAD) y del programa “Desarrollo y aportes para la utilización de especies forestales y fruto-forestales de alto valor para Chile” del Ministerio de Agricultura, Chile.

CONCLUSIONES

Este trabajo proporciona información para comprender mejor cómo la producción de conos y piñones puede contribuir al desarrollo de la economía rural en Chile.

El cultivo de pino piñonero bajo tres esquemas de manejo mostró atractivos beneficios económicos.

El sistema de manejo bajo alta intensidad resultó ser el más rentable, con un VPN de hasta 6.400 US\$/ha.

El sistema agroforestal manejado bajo intensidad media, que los propietarios pueden implementar fácilmente, fue más rentable que la plantación manejada bajo intensidad media y además tuvo la mayor resiliencia financiera.

El cultivo de pino piñonero proporcionaría a los mercados locales y de exportación piñones de alta calidad, alto valor, saludables y potencialmente producidos de manera equitativa, para ayudar a satisfacer la creciente demanda mundial. Este cultivo emergente puede contribuir a la transición hacia una mejor economía rural favoreciendo un desarrollo rural sostenible e inclusive, con beneficios económicos anuales, beneficios sociales con la creación de empleo y beneficios ambientales con la protección de suelos y aguas, y el secuestro de carbono.

REFERENCIAS

Agrimi, M. & Ciancio, O. (1994). Le pin pignon (*Pinus pinea*). Lanark: FAO Silva Mediterranean. 115 p.

Amari, Y., Sghaier, T., Solano, D., Aleta, N., Bono, D., Hothmani, H., Albouchi, A. et al. (2011). The Stone Pine in Tunisia. International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry (Atropine). Iamz-Ciheam. Valladolid.

Arthur-Worsop, M.J. (1985). An economic evaluation of agroforestry. *New Zealand Agricultural Science*, 19(3): 99-106.

Ávila, A., Loewe, V. & Delard C. (2012). Impacto social del cultivo. En: Loewe, M.V. & Delard, C. (Eds.) Un nuevo cultivo para Chile. El pino piñonero. INFOR-CORFO, Santiago, Chile. Pp: 241-246.

- Awan, H. & Pectenella, D. (2017).** Pine Nuts: sanitary conditions and market development. *Forests*, 8(10): 367. <https://doi.org/10.3390/f8100367>
- Barranco, J. & Ortuño, S. (2004).** Aproximación del sector del piñón. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, N° 201. Pp: 165-189.
- Butler, I., Abellanas, B., Monteagudo, F., Bastida, F. & López, J. (1997).** First results of a trial in agronomic grafting in Stone Pine. *Proc. 2nd Spanish Forest Congress. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pamplona*. Pp: 99-104.
- Calama, R., Gordo, J., Mutke, S. & Montero, G. (2008).** An empirical ecological-type model for predicting Stone Pine cone production in the Northern Plateau (Spain). *Forest Ecology and Management*, 255(3-4): 660-673. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.079>
- Campos, P., Ovando, P. & Oviedo, J.L. (2011).** Proyecto RECAMAN: Renta total y capital del bosque de pino piñonero. In *Jornadas sobre Pinar, Pino, VPN y Piñón. Córdoba*. 23 p.
- Correia, A. (2019).** Mediterranean Stone Pine and Pine nuts: knowledge for a better management Enhanced production of edibles from forests and orchards; Tunisia, November 12th-13th. En: https://inovacao.rederural.gov.pt/images/Docs/GO_Documentos/Stone_pine_TUNISIA_Alexandra_Correia_no_v2019_1.pdf (Consulta: April, 2021).
- Dube, F., Sotomayor, A., Loewe, M.V., Müller-Using, B., Stolpe, N., Zagal, E. & Cabrera, C. (2015).** Silvopastoral systems in temperate Chile. In: Dube, F. (Ed.). *Silvopastoral systems in South America*. Springer, Gainesville. Pp. 190-218.
- Eichhorn, M.P., Paris, P., Hderzog, F., Incoll, L.D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M. et al. (2006).** Silvoarable systems in Europe, past, present and future prospects. *Agroforestry Systems*, N° 67. Pp: 29-50. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-8_8
- García, A. & Laval, E. (2019).** Boletín cereales. ODEPA, Chilean Ministry of Agriculture. 63 p. En: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/09/BCereales092019.pdf> (Consulta: Mayo, 2021)
- García, A. & Riveros, P. (2019).** Avena: situación nacional. ODEPA-MINAGRI, 15p. En: www.odepa.gob.cl (Consulta: Abril, 2021).
- Garland, K.R., Fisher, W.W. & Greig, P.J. (1984).** Agroforestry in Victoria. Technical Report Series. Dept. Agriculture, Victoria, 93. 114 p.
- Gordo, J., Mutke, S., Calama, R. & Gil, L. (2011).** El uso del pino piñonero en sistemas agroforestales. Proceeding of Jornadas de cultivos alternativos con especies forestales, 21 y 22 de septiembre de 2011, Valladolid. Junta de Castilla y León, Valladolid. 34 p. En: www.redforesta.com/wp-content/uploads/2011/09/El-uso-del-pino-piñonero-en-sistemas-agroforestales-Francisco-Javier-Gordo-Alonso.pdf (Consulta: Abril, 2021)
- INC (2019).** Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2019/20. International Nut and Dried Fruit Council, Reus, Spain. 80 p. En: www.nutfruit.org/files/tech/1587539172_INC_Statistical_Yearbook_2019-2020.pdf (Consulta: Abril, 2021)
- Küçüker, D.M. & Baskent, E.Z. (2017).** State of Stone Pine forests in Turkey, economic importance. In: Carrasquinho I. & Correia A.C. (Eds). *Pine nuts from forests and plantations. CIHEAM, Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, 122(2): 111-117.
- Lim, T.K. (2012).** *Pinus pinea*. In: *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*, Volume 4. Lim, T.K. (ed.). Springer, Dordrecht. Pp: 304-303. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4053-2_39
- Loewe-Muñoz, V. & Noel, D. (2021).** Mediterranean *Pinus pinea* nuts from Southern Hemisphere countries. *Rendiconti Lincei*, 32(1): 181-189. <https://doi.org/10.1007/s12210-021-00980-8>
- Loewe, M.V. & Delard R.C. (2012).** Un nuevo cultivo para Chile. *El Pino Piñonero*. INFOR-CORFO, Santiago. 364 p.
- Loewe, M.V. & Delard, R.C. (2016).** Producción de piñón mediterráneo. INFOR, Santiago, Chile. 108 p.

- Loewe, V. & Delard, C. (2019).** Stone pine (*Pinus pinea*): An interesting species for agroforestry in Chile. *Agroforestry Systems*, 93(2): 703-713. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0166-6>
- Loewe, M.V., Delard, R.C., Balzarini, M., Álvarez, C.A. & Navarro-Cerrillo, R.M. (2015).** Impact of climate and management variables on Stone Pine growing in Chile. *Agricultural and Forest Meteorology*, N° 214-215 Pp: 106-116. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.08.248>
- Loewe, M.V., Balzarini, M., Álvarez, A., Delard, C. & Navarro-Cerrillo, R.M. (2016).** Fruit productivity of Stone Pine in Chile. *Agricultural and Forest Meteorology*, N° 223. Pp: 203-216. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.04.011>
- Loewe-Muñoz, V., Delard, C., Del Río, R. & Balzarini, M. (2020a).** Long-term effect of fertilisation on Stone Pine growth and cone production. *Annals of Forest Science*, N° 77. Pp: 69-78. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00978-6>
- Loewe-Muñoz, V., Balzarini, M., Delard, C., Del Río, R. & Alvarez, A. (2020b).** Inter-annual variability of Stone Pine cone yield in a non-native habitat. *New Forests*, 51(6): 1055-1068. <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09774-6>
- Mutke, S., Calama, R., Gordo, J. & Gil, L. (2007).** El uso del pino piñonero como especie frutal en sistemas agroforestales. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, N° 22. Pp: 137-142.
- Mutke, S. (2020).** El pino piñonero en plantaciones agronómicas. *Foresta*, N° 77. Pp: 6-7.
- New Zealand Tree Crops Association (NZTCA). (2020)** Pine Nut. En: <https://treecrops.org.nz/crops/nut/pine-nut/pine-nut/> (Consulta: Mayo, 2020).
- ODEPA (2022).** Precios. Series de tiempo. En: <https://www.odepa.gob.cl/precios/series-de-tiempo> (Consulta: Febrero, 2022).
- Pardini, A. & Nori, M. (2011).** Agro-silvo-pastoral systems in Italy: Integration and diversification. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, 1(1): 26-36. <https://doi.org/10.1186/2041-7136-1-26>
- Peña, E. y Pedernera, P. (2004).** Silvicultura preventiva para combatir incendios forestales. *Chile Forestal*, N° 302. Pp: 12-14.
- Peterson, A. (2007).** Global warming, drought & Chinese imports shape an “Experiment in Agriculture” for Colorado. En: <http://ezinearticles.com/?Global-Warming-Drought-and-Chinese-Imports-Shape-an-Experiment-in-Agriculture-for-Colorado&id=674004> (Consulta: Abril, 2021).
- Pinoli. (2019).** Our Orchards. En: <https://pinoli.co.nz/pages/our-orchards> (Consulta: Febrero, 2022).
- Reisner, Y., De Filippi, R., Herzog, F. & Palma, J. (2007).** Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecological Engineering*, N° 29. Pp: 401-418. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.09.020>
- Sattout, E. & Faour, G. (2017).** Insights on the value chain and management practices of Stone Pine in Lebanon. In: Carrasquinho, I., Correia, A.C. and Mutke, S. (Eds). *Mediterranean Pine Nuts from forests and plantations*. CIHEAM. Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens, N° 122. Pp: 119-124.
- Schröder, K., Khaldi, A. & Hasnaoui, A. (2014).** Analyse de la chaîne de valeur “Pignons de Pin” en Tunisie. *Project Adaptation au changement climatique des politiques*. GIZ at DGF Tunisia, Tunis, 50 p.
- Sülüsoglu, M. (2004).** The management of villagers owned Stone Pine plantations in Turkey. Rome: *FAO Forestry Policy and Institutions, Working Paper Series* N°5. 18 p. En: <http://www.fao.org/docrep/008/j4821e/j4821e00.htm>. (Consulta: Abril, 2021).
- Tapia, B. (2021).** Boletín papa. ODEPA, 17p. En: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-la-papa-enero-2021> (Consulta: Abril, 2021).
- Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S., Volaire et al. (2020).** Challenges for drought assessment in the Mediterranean under climate scenarios. *Earth-Science Reviews*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348>

Trap, L. (1993). Pinus pinea, update for Australia. Yearbook West Australian Nut and Tree Crops Association, Perth, N° 17. Pp: 6-8.

Vanhanen, L. & Savage, G. (2013). Mineral analysis of Pine Nuts (Pinus spp.) grown in New Zealand. Foods, N° 2. Pp: 143-150. <https://doi.org/10.3390/foods2020143>

Apéndice 1. Costos considerados en la evaluación económica.

Actividad	(US\$/ha)
Control malezas antes de plantación	89,7
Control malezas después de plantación	137,9
Control de malezas. Mantenimiento anual	117,6
Preparación de suelos	82,4
Plantación	327,3
Fertilización con la plantación	126,1
Fertilización en los años 5, 10 y 15	557,8
Fertilización en los años 20 y 25	1.637,1
Fertilización en los años 30, 35, 40, 45, 50 y 55	1.358,2
Fertilización en agroforestería años 1 a 8	242,4
Riego manual años 1 a 8	117,6
Riego por goteo	
• Instalación del sistema	1.764,7
• Operación anual y mantenimiento	235,2
Poda años 5, 10, 15 y 20	81,8
Poda en años 25, 30, 35, 40, 45, 50 y 55	56,1
Raleo año 25	117,6
Cosecha manual anual de conos	
• Años 8 a 15	572,0
• Año 30	500,0
• Año 45	750,0
• Año 60	750,0
Almacenamiento anual de conos desde año 8	2.660,0
Arriendo anual suelo	294,1
Gastos anuales de movilización	122,9
Administración anual	88,2
Gastos anuales básicos e imprevistos	88,2

Apéndice 2. Producción estimada de conos para dos intensidades de manejo.

Edad (años)	Manejo mediana intensidad (Kg/ha)	Manejo alta intensidad (Kg/ha)
6		187
7		936
8	159	1.497
9	795	1.871
10	1.273	2.433
11	1.591	2.807
12	2.068	3.369
13	2.386	3.743
14	2.863	2.246
15	3.182	2.246
16	1.591	4.492
17	1.591	2.695
18	3.818	2.695
19	1.909	5.240
20	1.909	3.144
21	4.454	3.144
22	2.227	5.284
23	2.227	3.171
24	4.454	3.171
25	1.146	3.115
26	1.146	1.869
27	2.782	1.869
28	1.391	4.530
29	1.391	2.718
30	2.782	2.718
31	1.391	4.813
32	1.391	3.398
33	4.091	3.398
34	2.046	5.663
35	2.046	3.398
36	4.910	3.398
37	2.455	6.795
38	2.455	4.077
39	5.728	4.077
40	2.864	7.588
41	2.864	4.553
42	6.137	4.553
43	3.069	7.588
44	3.069	4.553
45	6.450	4.553
46	3.225	7.588
47	3.225	4.553
48	3.450	4.553
49	3.225	7.588
50	3.225	4.553
51	6.450	4.553
52	3.225	7.588
53	3.225	4.553
54	3.450	4.553
55	3.225	7.588
56	3.225	4.553
57	6.450	4.553
58	3.225	7.588
59	3.225	4.553
60	6.450	4.553

Apéndice 3. Ingresos considerados en la evaluación económica para cada esquema de manejo.

Ingreso	Plantación con Manejo Mediana Intensidad (US\$/ha)	Plantación con Manejo Alta Mediana Intensidad (US\$/ha)	Agroforestal con Manejo Mediana Intensidad (US\$/ha)
Producción Cultivos			
• Papas años 1 y 2			3.445
• Avena para alimentación ovejas años 3 a 8			130
Producción de Conos			
• Año 15	4.950	5.823	4.950
• Año 30	4.328	7.048	4.328
• Año 45	10.034	11.805	10.034
• Año 60	10.034	11.805	10.034
Leña año 25	406	406	406
Trozas madera año 60	3.415	3.415	3.415