

UN NUEVO CULTIVO PARA CHILE, EL PINO PIÑONERO (*Pinus pinea* L.)

Verónica Loewe M. y Claudia Delard R.





UN NUEVO CULTIVO PARA CHILE EL PINO PIÑONERO (*Pinus pinea* L.)

INSTITUTO FORESTAL
2012



UN NUEVO CULTIVO PARA CHILE EL PINO PIÑONERO (*Pinus pinea* L.)

Verónica Loewe M¹

Claudia Delard R².

Editoras

¹ Ing. Forestal (U. de Chile); Especialización en producción de Maderas Nobles (U. de Bolonia, Italia); MPA (U. de Harvard, EE.UU.). Directora de Proyectos Instituto Forestal, Sede Metropolitana. Veronica.loewe@infor.cl

² Ing. Forestal (U. de Chile). Investigadora Instituto Forestal, Sede Metropolitana. Claudia.delard@infor.cl

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen el valioso apoyo de CORFO, quien financió el proyecto “El Piñón Comestible del Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.): un Negocio Atractivo para Chile”, y la colaboración de sus asociados: Productos San Camilo S.A.; Roberto Pirazzoli L., Ilustre Municipalidad de Lumaco; Yuri Lautaro Coliqueo; Ana María Covili; Emiliano Ortega R., ex Ministro de Agricultura y representante del Puerto San Antonio del Maule Ltda.; y Corporación Movimiento Unitario Campesino y Etnias de Chile (MUCECH).

Asimismo, extienden sus agradecimientos a Mariane Lutz (Centro de Investigación y Desarrollo de Alimentos Funcionales (CIDAF), Universidad de Valparaíso); a profesionales de CONAF que entregaron valiosa información y tiempo en terreno, muy especialmente a los Ing. Forestales Armando Yañez, Jorge Marín, Fernando Hurtado y Claudio Prado. Así como a numerosas empresas que colaboraron generosamente para la compleción de este trabajo, entre ellas VIVEROSUR, Viveros BOPAR y Exportadora Anake-na Ltda.

Se hace un reconocimiento especial a todas las personas e instituciones con las cuales en conjunto hemos establecido ensayos experimentales, entre ellos, Agrícola Morel Morel Ltda., Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología (UNICIT), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Forestal Tornagaleones S.A., Liceo Agrícola y Forestal Suizo La Providencia, Vivero Angostura, Agrícola Barcelona Ltda., y a los señores Irina Lavruchin, Lorenzo Campos, Rosita Fried, Berta Hernández; y a Alberto Araneda Concha junto a Liliana Nuñez Henríquez, quienes con espíritu pionero establecieron la especie en su propiedad hace ya tres décadas, colaborando generosamente con nuestro quehacer.

También agradecemos a los colegas extranjeros que generosamente han compartido sus conocimientos, experiencias y tiempo con las autoras, especialmente a: Dr. Sven Mutke (INIA), Dra. Neus Aletà (IRTA), Dr. Javier Gordo (Junta de Castilla y León), Juan Puig (Frutos Secos Puig SA), Agustí Nogueras (Agustí Nogueras SA), Jorge Herrero (CESEFOR) de España; Dr. Enrico Buresti (Compagnia delle Foreste), Dr. Francesco Pelleri (Istituto per la Selvicoltura, Arezzo), Francesco Cannata (CNR) y Daniele Ciavolino (Ciavolino Daniele & Figli Roma SRL) de Italia; y a Dra. Margarida Alpuim, M^a Augusta Vacas de Carvalho (AFN), Isabel Carrasquinho (Instituto Nacional de Recursos Biológicos, INRB), Dr. Anacleto Pinheiro (Universidad de Evora) y Pedro Silveira (ANSUB) de Portugal; y David Noel de Australia.

Finalmente, a todos los campesinos, agricultores, inversionistas y profesionales y técnicos, cuyas preguntas y entusiasmo nos llenaron de ideas y energía, centrando nuestros esfuerzos en desarrollar esta innovadora opción productiva. Esperamos que el presente libro sea un aporte al enriquecimiento de la vida rural y económica de Chile.

Instituto Forestal - Chile

Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago

F. 56 2 23667120

www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-067-1

Registro de Propiedad Intelectual N° 224.039

Diseño y Diagramación: Rodrigo Verdugo Tartakowsky

Impresión: Diciembre 2012

La información que entrega el presente documento es resultado del proyecto “El Piñón Comestible del Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.), un Negocio Atractivo para Chile” ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) entre agosto del 2008 y julio del 2012 y financiado por INNOVA-CORFO en colaboración con el sector privado.





PRÓLOGO

Chile ha experimentado una transformación importante en el cultivo de frutos secos y deshidratados durante los últimos 15 años, siendo actualmente uno de sus principales exportadores a nivel mundial y el mayor productor del Hemisferio Sur, lo que se ha logrado gracias a importantes esfuerzos en crecimiento y eficiencia en producción, así como en apertura y desarrollo de nuevos mercados. No obstante, su liderazgo no solo pasa por los volúmenes exportados, sino también por la reconocida calidad que se obtiene.

El sector de la fruta seca en el país proyecta llegar a MM US\$ 1.000 FOB al año 2015, lo que implica un fuerte crecimiento de las exportaciones de nueces, ciruelas deshidratadas, almendras, avellanas, pasas y otros productos de la categoría de frutos secos y deshidratados.

Adicionalmente, Chile se ha estado posicionando en el mundo con una oferta gourmet que ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años y que es cada vez más diversificada. Esto se explica por varias razones, entre ellas la tendencia mundial al consumo saludable, el fortalecimiento de la economía nacional, la masificación de la cultura culinaria a través de los medios de comunicación, empresarios que han captado que el valor agregado de un producto le confiere proyecciones únicas, la mayor diversidad y calidad de productos - que ha llevado a que cadenas de retail se abran cada vez más a los gourmets chilenos - y la asociatividad de los actores de la industria.

Hay, sin embargo, enormes desafíos; entre ellos la ampliación de los mercados actuales, el mejoramiento de aspectos técnicos tales como el empaque y etiquetado, y el mejoramiento de la capacidad de la industria para responder a la demanda cada vez más creciente.

Ello, unido a los buenos precios que se pagan por estos frutos, ha motivado a agricultores chilenos a interesarse por estos cultivos y a la vez a aprender de ellos, para entender su funcionamiento, mejorarlo y adecuarlo a las condiciones que el país tiene para producirlos, entre las cuales destacan ventajas como el clima, la amplitud térmica día/ noche en el periodo de maduración, lo que origina un apreciado sabor; la baja presencia de plagas y enfermedades, por lo que se emplean menos productos químicos; la contra estación, que permite tener fruta fresca en los periodos de mayor consumo en el Hemisferio Norte; y la calidad, que en el caso de las nueces ha significado ser la mejor pagada a nivel mundial. En general el cultivo se ha modernizado, contándose con tecnología de punta, la que se ha ido incorporando a medida que la mano de obra se encarece.

En este escenario tan dinámico, desafiante y con tan importantes proyecciones, el Instituto Forestal (INFOR) ha dedicado parte de su quehacer de los últimos cuatro años al estudio del piñón de pino piñonero (*Pinus pinea* L.), dando continuidad a un trabajo comenzado hace más de 20 años.

Esta especie frutícola y forestal produce el piñón - un fruto pequeño en tamaño, pero grande en sus características organolépticas y nutricionales, y en sus bondades socioeconómicas- que ha motivado el interés del INFOR por conocer la especie, entender cómo se ha adaptado en Chile en sus más de 100 años de presencia y en adaptar el conocimiento desarrollado, principalmente en Europa, desde hace décadas, además de desarrollar nuevas técnicas dadas las condiciones diversas en que se desarrolla y el vigor que la especie presenta en el país.

El pino piñonero es una interesante especie a utilizar, incluso en zonas de secano del país, especialmente entre las Regiones de Valparaíso y La Araucanía. Corresponde a una especie multipropósito, productora de piñones, frutos de alto valor comercial y con una calidad reconocida como suprema, por lo que la producción chilena podría exportarse. Esta nueva opción productiva beneficiaría en varios aspectos a productores de diferente magnitud, entre ellos a la pequeña y mediana propiedad agrícola-forestal.



Las características mencionadas la posicionan como una especie prioritaria para la diversificación forestal chilena, como una alternativa productiva para sectores de menores ingresos que no pueden sustentar su economía en las especies forestales tradicionales.

En este libro, el INFOR pone a disposición de los interesados muchos de los resultados obtenidos en el transcurso de dos décadas y espera éstos sean aplicados a nivel productivo.

A todos los que planten, cultiven y cuiden árboles de esta especie, el INFOR les desea el mayor de los éxitos, y les reitera su compromiso con el desarrollo futuro de esta interesante opción productiva.

Hans Grosse Werner
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. LA ESPECIE	19
DESCRIPCIÓN	19
ASPECTOS HISTÓRICOS	29
DISTRIBUCIÓN MUNDIAL	31
DISTRIBUCIÓN EN CHILE	34
REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	35
Suelos	35
Clima	36
<u>Precipitación</u>	37
<u>Temperatura</u>	37
Altitud	37
ASPECTOS REPRODUCTIVOS	40
Fenología	41
Fructificación	47
Semillas y Capacidad Germinativa	48
Regeneración Natural	52
ASPECTOS GENÉTICOS	54
Mejoramiento Genético y Domesticación	54
Variabilidad	54
Selección	57
Manejo para Domesticación	58
Mejoramiento Genético en Chile	59



ASPECTOS SANITARIOS

Agentes Bióticos

Plagas

Enfermedades

Otros Agentes Bióticos

Situación Sanitaria en Chile

Agentes Abióticos

CAPÍTULO 2. EL PIÑÓN

CARACTERÍSTICAS DEL PIÑÓN

Los Frutos Secos y su Importancia en la Dieta

Composición Química del Piñón Mediterráneo

Características Organolépticas del Piñón en Chile

USOS

Alimentario

Medicinal

Industrial

Energético

Otros usos

ELABORACIÓN DEL PIÑÓN

Cosecha

Cosecha Manual

Cosecha Mecanizada

Cosecha en Huertos

Despiñado o Desgrane

Partido, Cascado o Descascarillado

Partido Manual

Partido Mecanizado

Secado

Selección y Clasificación

Cepillado y otros Tratamientos

Conservación y Almacenamiento

Líneas Completas de Producción

RENDIMIENTOS DEL PIÑÓN

MERCADO INTERNACIONAL

Producción

Principales Empresas y Asociaciones

Demanda

Comercio Exterior

Comercialización

Características de los Consumidores

Formatos de Venta

Canales de Distribución

Precios

Estándares de Calidad para el Comercio Internacional de Piñones de Pino en Europa

Otros Mercados del Piñón

MERCADO NACIONAL

Oferta

Importación de Piñones

Venta de Piñones Importados

Venta de Piñón Nacional

Demanda

Consumidores Actuales en Chile

Potenciales Consumidores de Piñones



CAPÍTULO 3. LA MADERA

CARACTERÍSTICAS

USOS Y MERCADOS

Usos

Mercados

CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD

Crecimiento en el Mundo

Crecimiento en Chile

CAPÍTULO 4. PLANTACIONES Y HUERTOS

PRODUCCIÓN DE PATRONES O PLANTAS SIN INJERTAR

Recomendaciones para el Abastecimiento de Semillas

Colecta de Semillas

Almacenamiento

Producción de Plantas de Semilla o Patrones

Contenedores

Sustrato

Riego

Fertilización

Micorrización

Experiencia de Producción de Plantas en Chile

Exigencias para Internación de Material

PRODUCCIÓN DE CLONES

Plantas Injertadas

Patrones

Púas

Tipos de Injerto

La Técnica

Experiencias de Injertación en Europa

Experiencias de Injertación en Chile

Plantas Micropropagadas

Exigencias para Internación de Material Vegetal

PLANTACIONES

Diseño

Plantaciones Puras

Plantaciones Mixtas

Establecimiento de Plantaciones

Época

Densidad

Preparación de Suelo

Siembra Directa

Plantación

Fertilización

Control de Malezas

Riego

Control de Lagomorfos

Manejo de Plantaciones

Fertilización

Control de Malezas

Riego

Poda

Raleo

Productividad de Piñones

Productividad en el mundo

Productividad en Chile

Factores que afectan la productividad

Modelos de Crecimiento y Producción



HUERTOS	225
Establecimiento y Manejo de Huertos	225
<u>Densidad</u>	225
<u>Plantación</u>	226
<u>Fertilización</u>	227
<u>Control de Malezas</u>	227
<u>Riego</u>	227
<u>Control de Lagomorfos</u>	228
<u>Poda</u>	229
<u>Raleo</u>	230
Productividad en Huertos	231
CAPÍTULO 5. POTENCIAL DE DESARROLLO DEL CULTIVO EN CHILE	235
ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO EN CHILE	236
IMPACTO SOCIAL DEL CULTIVO	241
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO EN CHILE	247
Evaluación Económica Privada	247
<u>Plantaciones</u>	251
<u>Huertos</u>	254
Evaluación Económica Social	263
CONCLUSIONES	268
BIBLIOGRAFÍA	272
ANEXOS	
ANEXO 1 ANALISIS GENÉTICOS	314
ANEXO 2 MERCADO INTERNACIONAL	318
ANEXO 3 MAPAS REGIONALES DE ZONAS POTENCIALES CON Y SIN RIEGO	328
ANEXO 4 IMPACTO SOCIAL DEL CULTIVO	357



CAPÍTULO 1. LA ESPECIE

DESCRIPCIÓN

Verónica Loewe M.

Pinus pinea L. posee distintas denominaciones de acuerdo al lugar donde se encuentra. En España su nombre más común es “pino piñonero”, pero también se le conoce como “pino albar”, “pino doncel”, “pino real”, “pino manso”, entre otros; en Francia es llamado “pin pinier”, “pin parasol” o “pin pignon”; “pino domestico” o “pino da pinoli”, en Italia; “pine italienische” o “piniekiefer” en Alemania; “pinheiro manso” en Portugal; e “Italian stone pine”, “Parasol pine”, “Stone pine”, “Mediterranean Stone pine” o “Umbrella pine” en Inglaterra y otros países de habla inglesa (Sanz, 1990; Castaño *et al.*, 2004).

Esta especie pertenece a la división *Spermatophyta Gymnospermae*, orden Coniferales, familia *Pinaceae*, subfamilia *Pinoideaea*, género *Pinus*, sección *Pinea* (Gutiérrez, 2007). Es un hermoso árbol de hábito simpódico que alcanza 20 a 30 m de altura y hasta 1,5 m de diámetro, con una copa globosa, con ramas curvadas hacia arriba cuando joven y en forma de paraguas cuando adulto (Figura 1), típica de la especie, constituida por gruesas ramas bifurcadas numerosas veces, que parecen desde lejos paraguas más o menos agrupados (Serra, 1987; Debazac cit. por Lanner, 1989; Peruzzi *et al.*, 1998), originada por la baja dominancia apical de la especie (Kozłowski cit. por Lanner, 1989; Mutke, 2004), que corresponde a una estrategia reproductiva, ya que de esta forma maximiza el número de puntos de fructificación (Mutke, 2005). Desde el punto de vista productivo, esta baja dominancia apical es una ventaja respecto a los demás pinos piñoneros que requieren de intervenciones frecuentes para mantener una copa productiva baja y amplia (Shen, 2003). Presenta una rápida poda natural que genera un fuste limpio. Esta conformación de la copa la hace poco resistente a la nieve, por lo que cuando crece en sectores más fríos se ubica en relieves donde ésta se derrite antes (Doutaz *et al.*, 2006). Su arquitectura presenta una alta plasticidad fenotípica según la luminosidad (Mutke y Gil, 2004).



Figura 1. Aspecto de árbol adulto de pino piñonero (Región del Bio Bio, Chile)

Posee dos hojas por braquiblasto, aciculares, propias de este género, más cortas, solitarias y de color verde azulado cuando jóvenes, mientras que las definitivas son de color verde claro (Figura 2), de 10 a 20 cm de longitud y 1,5 a 2 mm de grosor, levemente rígidas y puntiagudas (Carnevale, 1955; Castaño *et al.*, 2004), dispuestas alternadamente y en espiral, ligeramente onduladas (Molina, 1991). Persisten 2-3 años (Crawford, 1995; Peruzzi *et al.*, 1998), y hasta 4 o más mientras mejores sean las condiciones del sitio (Montoya, 1990). Las ramillas son de color café-amarillo, escamosas y ciliadas (Rodríguez y Rodríguez, 1984).



Figura 2. Individuo un año después de plantado con hojas juveniles en la sección inferior, y adultas en la superior (Región del Bio Bio, Chile)

La duración de la fase juvenil en esta especie depende más del tamaño de la planta que de su edad, pudiendo sobrevivir en condiciones adversas durante años, incluso décadas, conservando su fase juvenil, de bajo consumo energético (Mutke *et al.*, 2010); las ramas bajas características de la fase juvenil protegen a la planta del ataque de lagomorfos, porque dañan sus ojos (Trap, 1993). Esta capacidad de postergar el cambio de fase se considera un rasgo adaptativo dentro de una estrategia conservadora de uso de los recursos. Una vez que supera la fase inicial es de crecimiento rápido, sobre todo en el periodo juvenil (Peruzzi *et al.*, 1998).

El fuste es recto y bastante cilíndrico si se aplica una poda apropiada, pero de lo contrario adoptaría una forma cónica (Sanz, 1990). La corteza es gruesa, de color pardo grisáceo y fisurada en la juventud, más tarde de color canela y profundamente agrietada, desprendiéndose en gruesas placas irregulares cuadrangulares, en cuyos bordes se aprecian los anillos de crecimiento anual (Sanz, 1990; Sabillón, 2001). El grosor de su corteza y su bajo contenido de resina respecto a otros pinos le confieren cierta resistencia al fuego.

Cuenta con un potente sistema radical, con una raíz principal de rápido crecimiento juvenil (Geisler, 2008) que puede alcanzar más de un metro al año o dos años de edad, no superando 1,8 m de profundidad, lo que dificulta su trasplante más tarde; y raíces secundarias muy desarrolladas para extraer agua de napas profundas (INFOJARDIN, s/f), casi horizontales, que se extienden en un área superior a la cubierta por la copa (Peruzzi *et al.*, 1998; Gutiérrez, 2007). Casos de anastomosis, unión de elementos anatómicos, entre raíces de diferentes individuos se han observado.



Es considerada tolerante a las condiciones urbanas (Gilman y Watson, 1994a), lo que se corrobora por su presencia imponente en calles y avenidas de ciudades como Roma (Figura 3) y otras ciudades italianas, donde su presencia es un elemento característico del paisaje y de la cultura (importantes poetas como D'Annunzio lo incluyeron en sus obras), sobre todo en las zonas más cálidas.



Figura 3. Ejemplares de pino piñonero en el centro histórico de Roma, Italia

Las flores masculinas son oblongo-cilíndricas de 10-12 mm, agrupadas en espigas alargadas en las ramas inferiores (Figura 4); los estambres son de color amarillo vivo con laminita redondeada y dentada. Comúnmente aparecen antes que las femeninas (Gilman y Watson, 1994a). Las flores femeninas son ovoides, de 20 mm de largo, verdosas o rojizas con ombligos agudos, solitarias o en escaso número, sobre pedúnculos erectos, ubicadas al final de los brotes anuales de ramas situadas en la parte alta de la copa (Rodríguez y Rodríguez, 1984; Montoya, 1990; Gil y Prada, 1993; Loewe y González, 2003; Borrero, 2004) (Figura 5).



Figura 4. Flores masculinas de *Pinus pinea*



Figura 5. Flores femeninas de *Pinus pinea*

Los estróbilos femeninos de un año son globosos, erectos, casi horizontales o colgantes dispuestos sobre un pedúnculo grueso, solitarios u opuestos, rara vez verticilados de a tres (López, 1982 y Amaral Franco, 1986, cit. por Borrero, 2004).

Los conos, denominados piñas, son ovoides, grandes, de 8-14 cm. de largo y 7-10 cm. de ancho, de forma globosa, lustrosos, de color pardo-rojizo, con escamas de consistencia leñosa y apófisis casi plano (Molina, 1991), ensanchadas hacia el ápice (Sabillón, 2001) y recubiertas por una capa de resina. Son sésiles o con un pedúnculo muy corto, simétricos. Se ubican al final de los brotes anuales de ramas situadas en la parte alta de la copa (Castaño *et al.*, 2004), generalmente solitarias, ocasionalmente de a dos o tres (Crawford, 1995). Persisten en el árbol durante varios años, aún después de la dispersión de las semillas.

En cada escama o bráctea normalmente se encuentran dos semillas; cuando se desarrolla sólo una por bráctea es signo de falta de recursos, lo que ocurre en sitios de mala calidad, en años secos, o en árboles muy jóvenes.

Las semillas son leñosas, ovaladas, de color castaño claro, de 17-18 mm de largo, 8-10 mm de ancho y 8 mm de espesor (Serra, 1987); poseen una testa gruesa, color café opaco con largo de alas variable (3-20 mm) (Crawford, 1995) (Figura 6). En su interior se encuentra el piñón, de 15 a 16 mm de largo y 5 mm de espesor, de forma alargada, color blanco amarillo y consistencia harinosa (Carnevale, 1955), constituido por el endoderma primario y por el embrión, ambos comestibles (Figura 7). El embrión, y por lo tanto la nueva planta, presenta 10-12 cotiledones (Peruzzi *et al.*, 1998).



Figura 6. Semillas de *Pinus pinea* dentro y fuera de la piña (sección longitudinal)



Figura 7. Piñón blanco, en que se diferencia endoderma primario y embrión

El árbol produce una cantidad de piñas equivalente al tejido leñoso del fuste (Mutke, 2005), muy superior a lo que se verifica en otros pinos, siendo esto parte de la estrategia de la especie de maximizar la producción de semillas, reflejada además en la forma de la copa.

Gutiérrez (2007) señala que esta especie puede llegar a edades de hasta 180-200 años en ejemplares aislados, aunque lo usual es encontrar ejemplares de hasta 100-120 años; raramente superan 200-250 años (Peruzzi *et al.*, 1998).

Es una especie pionera y termófila; muy heliófila, requiere mucha luz, doblándose hasta encontrarla cuando es escasa (Figura 8), lo que moldea su forma; moderadamente resistente a vientos marinos; relativamente xerófila, es decir soporta relativamente bien condiciones de aridez; según El-Khorchani *et al.* (2007), presenta una resistencia a la sequía intermedia entre *P. halepensis* y *P. sylvestris*; según Martínez-Ferri *et al.* (2000) cit. por Pardos *et al.* (2010), evita la sequía a pesar de ser medianamente resistente al estrés hídrico, situación en la cual su asimilación de carbono se suprime debido a la oclusión estomática; presenta una elevada plasticidad fenotípica y una variación intraespecífica significativa respecto a varios rasgos en respuesta al déficit hídrico (Sánchez *et al.*, 2011b). También es resistente a la salinidad (Trap, 1993; Antonellini y Mollema, 2010; Khaldi *et al.*, 2011) y alcalinidad.



Figura 8. Árboles inclinados en grupo establecido a alta densidad por efecto de la característica heliófila de la especie (Llico, Región del Maule, Chile)

Se caracteriza por una alta plasticidad, con importantes variaciones en el crecimiento y desarrollo según las condiciones del sitio (Gordo *et al.*, 2009), pudiendo sobrevivir muchos años aún en condiciones muy adversas (Figura 9). Esta característica le confiere la habilidad de adaptarse a diferentes micrositos, aun cuando variaciones de suelo, topografía y pendiente afectan su desarrollo (Boisseau, 1996). Gordo *et al.* (1999) indican que justamente debido a esta rusticidad, facilidad de cultivo y resistencia a la sequía constituye una opción interesante para reforestar tierras marginales en sitios mediterráneos difíciles.



Figura 9. Ejemplares de *Pinus pinea* de 16 años establecidos en un micrositio desfavorable a la especie (Toconey, Región del Maule, Chile)

Entre los usos de la especie se mencionan:

- Protección de suelos y de cultivos ante vientos marinos.
- Alimento para la fauna silvestre.
- Protección de cuencas.
- Restauración ambiental: plantaciones de la especie realizadas sobre relaves de minas de carbón después de 17 años determinaron la acumulación de 13.700 Kg/ha de suelo, 82,9 Kg/ha de nitrógeno y 10.755,9 Kg/ha de materia orgánica; solo el segundo valor es inferior al encontrado bajo similar plantación de falso acacio (*Robinia pseudoacacia*), aunque sin significancia estadística (Keskin y Makineci, 2009). Además se ha observado cierta resistencia a concentraciones de cobre, elemento que afecta más la elongación que la división celular (Arduini *et al.*, 1995). Gordo *et al.* (2011) señalan su uso para primeras introducciones de árboles a baja densidad en terrenos descubiertos, y para la creación de bosquetes cuyo abrigo facilite la instalación de especies más sensibles.
- Control de la erosión por su papel colonizador y estabilizador de suelos poco desarrollados o erosionados.
- Estabilización de dunas por su capacidad de adaptación a condiciones de escasez de nutrientes y agua, y por su adaptación a la movilidad de las mismas (Gallego y García, 2001), aun cuando en esas condiciones puede disminuir el crecimiento en presencia de vientos salobres y remoción de la vegetación (Raddi *et al.*, 2009); la Figura 10 presenta el esquema empleado con éxito para estabilizar dunas móviles en la costa de Argentina.



- Producción de madera.

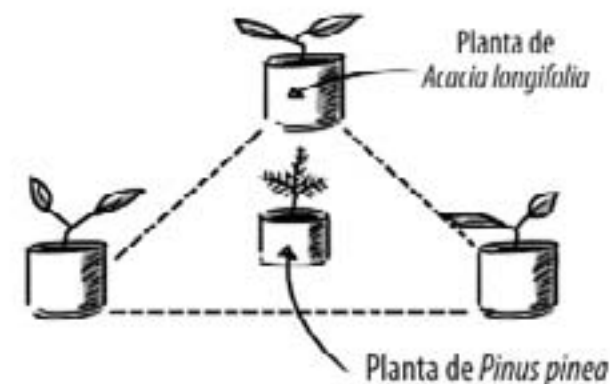


Figura 10. Esquema de plantación empleado en Argentina para estabilizar dunas costeras

- Producción de piñones, con múltiples aplicaciones gastronómicas.
- Producción de leña y carbón, tanto de la madera como de las piñas (Cruz, 2008), así como de biomasa a partir de los residuos de madera y de la elaboración del fruto.
- Producción de productos no madereros asociados, como hongos (Figura 11), incluso trufas, como descrito más adelante.



Figura 11. Hongos micorrícicos asociados a *Pinus pinea* L.



- Producción de oleoresinas, para lo que se estarían seleccionando individuos de mayor producción, principalmente de limoneno y ácidos abiético y levopimarico, presentes no solo en la savia sino también en las acículas, en las cuales se encuentran 65 compuestos monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos neutros, ácidos grasos y ácidos resinosos, en una proporción de 6 mg/g de acículas frescas (Fernández *et al.*, 2001). La resina tiene usos medicinales veterinarios, y como repelente de serpientes (Sfeir, 2011b).
- Recreación y paisajismo (Figura 12); en el siglo XVII se usó en las zonas de colina de jardines históricos y más tarde, en el siglo XIX, se introdujo en reemplazo de árboles de hoja caduca, como por ejemplo en la Villa del Este, Tivoli, Italia (Cazzato, 1989).



Figura 12. Actividad recreativa asociada a pino piñonero de 105 años (Capitán Pastene, Región de la Araucanía, Chile)

- En el pasado se usó para producción de resina y pez³, ambos productos con numerosas aplicaciones.
- De su corteza se extraen taninos, siendo el pino con mayor valor curtiente (Prada *et al.*, 1997).
- Bonsái.
- Sombreamiento urbano (Figura 13), especialmente en playas de estacionamiento (Gilman y Watson, 1994a).
- Barreras de aislamiento y cortinas cortaviento (Trap, 1993).
- Sus hojas, yemas y raíces tienen propiedades medicinales (Prada *et al.*, 1997). Plinio subrayaba las propiedades del piñón para revitalizar fuerzas debilitadas y como muy buen remedio para afecciones de las vías urinarias.
- Árboles de navidad.

³ Producto obtenido a partir de la destilación de la resina del árbol



Figura 13. Urbanización realizada bajo bosque de *Pinus pinea* (Cariló, Provincia de Buenos Aires, Argentina)

- En sistemas agroforestales para proporcionar sombra a los animales y originar otros productos de interés (Prada *et al.*, 1997) (Figura 14).



Figura 14. Sistema agroforestal de pino piñonero asociado a maíz (Región del Bio Bio, Chile)



- Rodales de la especie son considerados importantes sumideros de carbono, especialmente los maduros en fase reproductiva, encontrándose que incluso aquellos de baja densidad almacenan más que rodales densos de otros pinos (Anónimo, 2010; Correia *et al.*, 2010), debido a que la especie produce una elevada biomasa de copa, especialmente ramas, para sostener la producción de conos.
- Ornamental en canchas deportivas, principalmente de golf (Figura 15).



Figura 15. Uso de pino piñonero en canchas de golf (izq.), tenis (centro) y fútbol (der.) en Provincia de Buenos Aires, Argentina

- Arboricultura urbana; de hecho sus acículas se han usado para monitorear la polución derivada de hidrocarburos aromáticos policíclicos (Ratola *et al.*, 2010 y 2011).
- Propiedades curativas, siendo sus cualidades la luz y la vitalidad, por lo que anima al hombre a sentir la presencia de la vida y despierta la luz en su interior (Bouchardon, 1998).

En forma natural y de acuerdo a las condiciones ambientales la especie se encuentra tanto en formaciones puras (Figura 16) como mixtas. En Italia en particular, se encuentra en diferentes formaciones; con *ilex* (*Quercus ilex*), con pinos (bosque mesoigrófilo con pinos; bosque igrófilo con pinos), asociada con pino marítimo (*P. pinaster*) y *P. halepensis*, *ilex*, *Fraxinus ornus*, olmo (*Ulmus minor*), encinos (*Quercus robur*, *Q. suber* y *Q. pyrenaica*), manzano (*Malus sylvestris*), álamo blanco (*Populus alba*), y con los arbustos *Phillyrea latifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscus*, *Viburnum tinus*, *Myrtus comunis*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus*, *Laurus nobilis*, entre otras especies (Bracciotti *et al.*, 2003; Anónimo, 2009b).

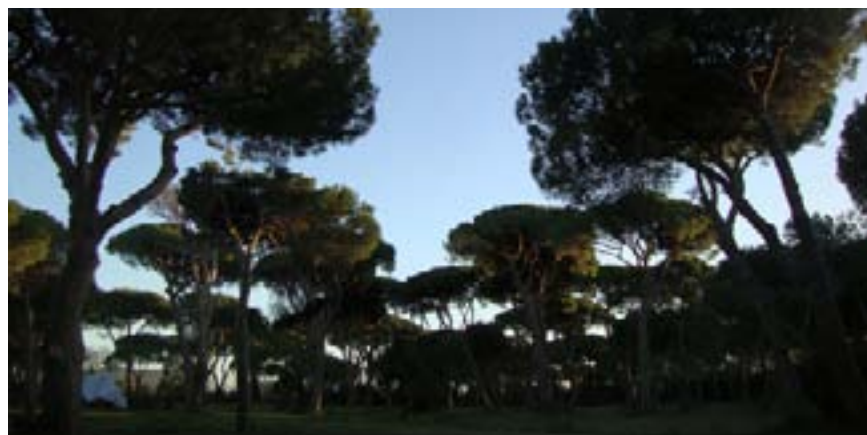


Figura 16. Bosque puro de pino piñonero en Italia

Se considera una especie aislada en términos genéticos, con baja aptitud para hibridar con otros pinos.

Se ha observado la invasión de *P. halepensis* en rodales naturales coetáneos y de baja densidad de *P. pinea* del sur de Grecia por varias décadas (desde los 65 y continúa a los 130 años de edad), lo que se debería a las mayores tasas de crecimiento y de semillación del *P. halepensis*, junto a las características de su dispersión; ello resulta en una sustitución gradual de especies (Ganatsas y Thanasis, 2009).

ASPECTOS HISTÓRICOS

Verónica Loewe M.

Pino piñonero tiene importancia desde el punto de vista cultural, simbólico y espiritual, siendo mencionado en la Biblia (Nicolás, s/f), con el nombre bíblico de *tirzah*. En algunos pasajes⁴ se la nombra con otros nombres, por ejemplo como “abeto frondoso”, pero se ha identificado por ser la única conífera de la zona que produce fruto comestible.

El pino piñonero fue cultivado por varias civilizaciones del Medio Oriente (cuenta la leyenda que el sultán de Constantinopla se desmayó de placer degustando un plato de berenjenas rellenas de tomates y piñones!), y por los romanos, quienes lo llevaban entre sus provisiones (Navarro *et al.*, 2010) (cascas de piñones encontradas en campamentos romanos, incluso en Inglaterra, demuestran su uso), y lo consideraban símbolo de fertilidad sexual por lo que era empleado con fines de culto, incluso antes de los Etruscos; lo cultivaban frecuentemente en sus jardines y parcelas (Di Bérenger, 1982). Además de su belleza y utilidad para producir piñones y resina era un árbol consagrado a Neptuno, dios marino correspondiente al dios Poseidón de los griegos, por ser su madera muy valorada para la construcción de naves (Peruzzi *et al.*, 1998).

En la mitología es una especie que, aun cuando crece en ambientes humildes, es tan noble e importante porque con su elegancia simboliza el poder vital y trasmite el sentido de inmortalidad, dado que soporta el frío invernal sin cambiar su aspecto, manteniendo su copa verde en todas las estaciones, y es símbolo de energía, evocando la inmortalidad que los dioses le atribuyeron por sus características intrínsecas (Museo Virtuale del Pinolo, 2006). Los romanos atribuyeron el piñón a Baco, dios de la vegetación y de la fertilidad, mientras que en Japón se usaba en las ceremonias nupciales, representando la constancia del amor conyugal y la perpetuidad del género humano; en ese país se usaba su madera para construir templos cintoístas (Museo Virtuale del Pinolo, 2006).

Hay numerosas referencias al piñonero en la mitología clásica. Cibeles, madre de los dioses de Anatolia y diosa de la fertilidad y de la naturaleza salvaje, se enamoró del pastor Atis haciéndolo guardián de su templo, con la condición que se mantuviera virgen, pero Atis cedió al amor de la ninfa Sangarides, por lo que la diosa la mató y el muchacho, trastornado, se suicidó. Entonces Cibeles, movida por la compasión, lo convirtió en un pino.

Uno de los símbolos de Pan, dios de pastores y rebaños y miembro del cortejo de Dionisio, es la corona de pino. Pan se identificó en Roma con Silvano, protector de los bosques y terrenos sin cultivar, representado como un hombre de larga cabellera y barba, con una corona de pino en sus sienes o piñas en las manos.

En Grecia y Roma el pino piñonero estaba dedicado a Dionisio y sus piñas son un símbolo fálico que aparece en muchas de las representaciones de los dioses (Newman, 2009).

Los druidas, hacían grandes fuegos de pino durante el solsticio de invierno para llamar al sol, costumbre que se convirtió en la quema del tronco durante Navidad (el tío catalán); consideraban a las piñas como buenos conductores mágicos y creían que en

⁴ Oseas 14-9.



sus bosques proliferaban hadas, duendes y gnomos. En muchas tradiciones antiguas se asocia al nacimiento, ya que las cigüeñas anidan en sus ramas (Newman, 2009).

Desde tiempos remotos los piñones se consideran afrodisíacos; de hecho Galeno (s. II DC) recomendaba a los hombres beber antes de acostarse un vaso de miel con 20 almendras y 100 piñones.

La piña también tiene un importante valor simbólico; sus primeras representaciones aparecen en Mesopotamia en escenas sobre la fecundación del árbol sagrado (palmera) por un genio alado que porta un pocillo en una mano, que contendría polen, y en la otra una piña que deposita en las flores femeninas (Prada *et al.*, 1997). También aparece en representaciones en murales, esculturas, mosaicos y altares en las ruinas de Pompeya y Herculano. Una piña remataba el báculo de Dionisio, dios de la vegetación, espíritu de la savia de las plantas y jugo de los frutos, de la fecundidad animal y del vino, porque la pez, usada para sellar las vasijas de vino y preservar su contenido, con el que se mezclaba, mejoraba su calidad. También se considera símbolo funerario con valor de eternidad.

Las piñas han sido muy representadas en el arte cristiano como símbolo de vida eterna e inmortalidad. Además, representa la unidad en la multiplicidad, la unión de los hombres formando un solo cuerpo con Jesús.

La cosecha de las piñas, que actualmente es una forma de recreación en ciertas partes de América, en el pasado fue el centro de ceremonias y danzas, ocasión en que se acordaban matrimonios, y se compartían esperanzas y planes para el año siguiente. Muchas ceremonias expiatorias se realizaban a la luz de teas de pino.

En Chile se ha tratado de reconstruir la historia de la especie, que habría sido traída a Chile por colonizadores españoles e italianos debido a su cultura y hábito de consumo.

El Dr. Federico Albert Taupp, profesor y científico alemán (1867-1928) quien ejerció la docencia y realizó una destacada labor en Chile a partir de 1889, siendo considerado un precursor de la conservación de recursos naturales y de la ecología, con una prolífica producción (cerca de 130 libros y artículos)⁵, colaboró en la introducción de numerosas especies al territorio chileno, -entre ellas el pino radiata y eucaliptos, que hoy constituyen la base de la actividad forestal industrial del país, y el salmón, y realizó una notable labor en el control del avance de dunas costeras mediante el uso de numerosas especies forestales, entre ellas el pino piñonero. Se sabe que don Federico acostumbraba visitar amistades y vecinos, a los que llevaba como presente un canasto con plantas de varias especies para que fueran instaladas en las cercanías de las casas de acuerdo a un patrón de distribución que consideraba las características de los árboles adultos y su uso práctico, encontrándose aún grupos de individuos de la especie, que él recomendaba para dar sombra y proteger el ganado. De hecho, es posible encontrar árboles antiguos de piñonero, eucaliptos y olivos en sectores de antiguas haciendas que tienen una edad que concuerda con la fecha en que el Gobierno lo contrató para controlar las dunas entre Llico y Chanco, Región del Maule.

La existencia de numerosos individuos aislados de más de 1 m de diámetro y copas majestuosas se cree proviene de acciones del Ministerio de Tierras y Colonización desarrolladas entre 1930 y 1950.

Más tarde, en el marco del Plan Chillán, ejecutado entre 1955 y 1962 para desarrollar la zona con ayuda técnica y financiera de EE.UU., se impulsó el desarrollo agrícola de esta con importantes avances productivos; se construyeron tranques, pozos, se importó maquinaria, y se establecieron numerosas especies forestales, entre ellas pino piñonero, plantadas en grupos de 25 árboles para dar sombra a animales⁶, lo que explicaría la existencia en parte de la Región del Maule de árboles aislados o pequeños bosquetes de más de 40 años, con interesante desarrollo (Figura 17).

⁵ Entre otros logros en Chile, generó la Inspección General de Bosques, Caza y Pesca, colaboró en proteger la fauna, sugirió el uso de planes de forestación, la creación de Reservas Forestales, estudió la paleontología y colaboró con el Museo de Historia Natural. En Chanco existe una placa en su honor por "salvar el pueblo" del avance de las dunas; el bosque plantado por él hoy es una Reserva Nacional que lleva su nombre. En 1910, como una manera de retribución, el Gobierno le otorgó la nacionalidad por gracia. Si bien viajó a Alemania durante la Primera Guerra Mundial, volvió a Chile, donde murió en 1928.

⁶ Armando Yañez, Ing. Forestal, CONAF, 2009, com. personal



Figura 17. Grupo de árboles de pino piñonero (Región del Maule, Chile)

En 1967 el Departamento Forestal de la Dirección General de Agricultura y Pesca realizó una siembra aérea de la especie en la precordillera de Ñuble y Bio Bio, de la cual no se realizaron evaluaciones posteriores⁷.

Posteriormente su presencia se amplió, sobre todo en las zonas rurales de mayor fragmentación de la propiedad, tal vez por su característica frutícola y forestal.

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

Verónica Loewe M.

El pino piñonero es un árbol de distribución mediterránea que se extiende desde Portugal al Líbano. Existen poblaciones importantes en Francia, Italia, Norte de África, Portugal y España (Figura 18). En este último país, la superficie ocupada por *Pinus pinea* es de aproximadamente 392.000 ha, lo que corresponde a dos tercios del área total ocupada por la especie a lo largo de su distribución (Martín y González, 2000; Mutke *et al.*, 2000a).

Dado que la especie se ha utilizado desde la antigüedad, especialmente como árbol de sombra y por el valor alimenticio de sus piñones, difundióse y cultivándose en diversas zonas desde tiempos remotos (Gil y Abellanas, 1989; Sanz, 1990; CABI, 2012),

⁷ Emiliano Ortega R., ex Ministro de Agricultura, 2010, com. personal



resulta difícil determinar con claridad dónde la especie es autóctona y hasta dónde su distribución actual responde a la dispersión provocada por el hombre.

Webb *et al.* (1984) consideran que su distribución natural corresponde a la Península Ibérica, en el norte y este del Mediterráneo (33-44° N); algunos autores señalan su origen en la parte Oeste de la cuenca mediterránea (Eig, 1931; Rikkli, 1943 cit. por Agrimi y Ciancio, 1994) y otros como Feinbrun (1959) y Quezel (1980) cit. por Fallour *et al.* (1997) lo sitúan en el este, especialmente Turquía y el Líbano; según Sanz (1990), sería originario de Creta, desde donde se habría extendido hacia el oeste, principalmente en épocas de colonizaciones de fenicios y griegos, así como durante la expansión del imperio romano. Las poblaciones que se encuentran en el norte de África son artificiales y de origen reciente.

Para el caso de bosques del sur de Francia y de la Península Ibérica existen estudios paleobotánicos que la confirmarían como autóctona dado que su presencia data desde la prehistoria (Pons, 1964 y Triat, 1975, cit. por Fallour *et al.* 1997; Martínez y Montero, 2004; Prada *et al.*, 1997, cit. por Cuesta, 2008).

Interesantes estudios arqueológicos y paleobotánicos han establecido restos de la especie en diferentes épocas históricas (Martínez *et al.*, 2003), incluyendo restos que corresponderían al período del pleistoceno superior en cronologías que oscilan en torno a 50.000 años; se reportan los siguientes sitios y dataciones: Cueva de Corham, Gibraltar, en el musteriense y paleolítico superior (18.420 ± 530 años AC); Cueva de Nerja, Nerja, paleolítico y neolítico; Torrao, mesolítico; Cueva de Cendrés, Teulada, neolítico; Vila Nova de San Pedro, neolítico; Zambujal, neolítico; Cueva de los Murciélagos, Albuñol, sin datar; Pontes de Marchil, Faro, edad de bronce; Castillo de Doña Blanca, Puerto de Sta. María, fenicios, siglo VII AC; Cancho Roano, Zalamea de la Serena, periodo tartésico orientalizante. Restos de un canasto con piñones de *P. pinea* encontrados cerca de Roma se dataron con carbono activo de la primera mitad del siglo I AC (Sadori *et al.*, 2010); en el macizo central francés se encontraron avellanas y piñones del mesolítico (Salas-Salvadó *et al.*, 2005). Esto demuestra que el hombre ha usado madera de piñonero como combustible y consumido sus piñones para alimentación en un período de tiempo que abarca miles de años (Borrero, 2004).



Figura 18. Distribución mundial de *Pinus pinea* L.

La amplia distribución registrada ha hecho pensar en hipótesis de potencialidades ecológicas más amplias por sobre otras de introducción antrópica. Dado que las zonas costeras del sur de Europa ejercieron como refugio para determinadas especies, como los pinos mediterráneos, se considera que el pino piñonero pudo permanecer en reductos térmicos durante los periodos fríos del pleistoceno (Blanco *et al.*, 1997, cit. por Martínez *et al.*, 2003).

De acuerdo con Montero *et al.* (2004); cit. por Rodríguez (2007), la superficie de pino piñonero en el mundo alcanza 657.515 ha (Cuadro 1), de las cuales más del 70% se ubica en España, un 10% en Portugal y un 6% en Turquía e Italia.

En España se extiende por el sudoeste, zona de dunas de Huelva, Sevilla, Cádiz y en rodales en ambas Castillas (García de Pedraza y Pallares, 1989). Arijá (1975) menciona formaciones importantes en Castilla (Valladolid, Cuenca, Segovia y Madrid), Andalucía (Huelva, Sevilla y Cádiz) y Gerona; Barranco y Ortuño (2004) indican que se extiende en forma natural en Andalucía, Cataluña y en las dos mesetas, y aparecen frecuentemente árboles aislados o pequeños rodales en Mallorca y en el litoral Levantino.

Las formaciones presentes en Israel presentan producciones razonables solamente sobre 500 msnm, y en las plantaciones ubicadas en Monte Carmelo (FAO, 1995a).

Cuadro 1. Superficie total de pino piñonero en el mundo

País	Superficie (ha)
España	474.000
Portugal	70.000
Turquía	40.000
Italia	40.000
Francia	13.515
Túnez	15.000
Marruecos	3.000
Israel	2.000
Total	657.515

(Fuente: Montero *et al.*, 2004. cit. por Rodríguez, 2007)

La especie se ha introducido con algún grado de éxito en África (Libia, Túnez, Algeria, Marruecos y Sudáfrica), en Asia (Georgia, Israel y China), Sudamérica (Argentina, donde hay alrededor de 400 hectáreas distribuidas principalmente en la costa Atlántica de Buenos Aires; Chile y Uruguay) y Europa (Albania, Croacia). Ensayos experimentales se establecieron en Irak en los '60, así como en Brasil, Rusia y Zimbabwe. A inicios del siglo XX se estableció en Australia, donde se ha identificado una variedad especial, denominada Walker⁸, que tiene la particularidad de conservar los piñones hasta que la piña cae en forma espontánea, lo que facilita enormemente la cosecha (David Noel, 2011, com. personal), y que sería altamente productiva y tolerante a la sequía.

La especie se cultiva con fines ornamentales en muchos lugares, incluyendo el sur de Irlanda, Inglaterra, Libia y Egipto (Peruzzi *et al.*, 1998).

Muchos bosques de la especie actualmente presentan problemas que están causando su disminución y/o deterioro, entre ellos problemas fitopatológicos, incendios acentuados en los últimos años por el cambio climático (Molina *et al.*, 2011), contaminación de la brisa marina con detergentes que se levantan por el viento, erosión costera por cambios en las corrientes marinas, estrés hídrico y daños derivados de fauna que consume gran cantidad piñones, como las ardillas (Peruzzi *et al.*, 1998).



DISTRIBUCIÓN EN CHILE

Claudia Delard R.

A principios del siglo XX ya se había identificado esta especie como apta para su cultivo en la zona central de Chile, hasta 1.600 msnm, estando su óptimo en áreas hasta 1.000 msnm, definiéndola como resistente al calor (Albert, 1909).

Para conocer la distribución del pino piñonero en Chile, se recopiló información a partir de fuentes bibliográficas y consulta a expertos nacionales, tanto particulares como instituciones, entre ellas la Corporación Nacional Forestal (CONAF), y viveros que producen plantas de la especie. A partir de la información recopilada se realizó una prospección de parte de las formaciones existentes entre las Regiones de Coquimbo y Los Lagos, correspondientes a más de 100 lugares con presencia de la especie, predominantemente en zonas costeras (Figura 19).



Figura 19. Localización de formaciones de pino piñonero en Chile

La superficie total identificada es cercana a 100 ha, con edades entre 3 y más de 100 años, y se distribuye entre individuos aislados, cortinas cortaviento, bosquetes y plantaciones.

Esta reducida cifra, aun cuando es marginal en términos productivos, resulta muy valiosa como fuente de información para planificar y promover su cultivo intensivo y masivo en el país.

REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

Claudia Delard R.

Pino piñonero es una especie que se caracteriza por presentar una alta plasticidad, con importantes variaciones en el crecimiento y desarrollo según las condiciones del sitio, pudiendo sobrevivir muchos años aún en condiciones muy adversas (Gordo *et al.*, 2009b). Mutke *et al.* (2008), concuerdan con lo anterior e indican que la especie presenta tolerancia a condiciones edáficas y climáticas extremas.

Para entender con mayor información dónde la especie puede crecer, y dónde producir en términos aceptables, a continuación se describen sus diferentes requerimientos ecológicos.

Suelos

Pino piñonero no presenta particulares exigencias de suelos, pudiendo crecer casi en cualquier parte, incluyendo suelos muy pobres. La mayor parte de sus formaciones se encuentran sobre depósitos cuaternarios neógenos, siendo frecuentes las poblaciones sobre rocas ígneas ácidas (granitos y rocas afines) y sobre materiales calizos terciarios, a veces en manchas de rocas cristalinas que se disgregan en arenas finas (Borrero, 2004).

En su área de origen, destaca por su papel colonizador y estabilizador de suelos con perfiles incipientes o erosionados (muy utilizado en primeras forestaciones), especialmente en los arenales costeros y continentales (Mutke, 2009). A pesar de ello, la especie tiene una marcada sensibilidad a las características del suelo, y responde a ellas (Mutke y Chambel, 2008).

Si bien no es exigente en nutrientes (Montoya, 1990), es exigente en aireación del suelo, desarrollándose mejor en texturas arenosas. También crece en texturas francas y limosas, pero no tolera los suelos pesados, de textura arcillosa, margas⁹ y yesos (Abellanas, 1990; Montoya, 1990; Gordo *et al.*, 2009). Crece en terrenos sueltos, silíceos o con cierta proporción de arena, y tolera suelos áridos; aparece en suelos areno-calcareos, graníticos y volcánicos, pero profundos. En general se encuentra en suelos franco-arenosos pobres, bien drenados y con severa sequía estival (4,5 meses secos), pudiendo encontrarse tanto en ubicaciones costeras como continentales (Gordo *et al.*, 1999; Mutke, 2005a). En Italia se ha encontrado creciendo en suelos limosos, turbosos, de ambientes lacustres que derivan de aluviones fluviales recientes, con texturas variables, desde arcillo limoso a franco arenoso (Ciancio *et al.*, 1986).

Según Akgül e Yılmaz (1991), prefiere suelos profundos, arenosos con materia orgánica, y evita suelos delgados, pobremente drenados y arcillosos. Si bien es considerada como una especie de versatilidad edáfica, predomina sobre sustratos ácidos. No tolera suelos muy húmedos y alcalinos (Crawford, 1995; Borrero, 2004).

Sabillón (2001) menciona que aunque se da mejor en terrenos silíceos, soporta bien terrenos con cierta cantidad de carbonatos, encontrándose en terrenos con pH entre 4 y 9, lo que indica un alto grado de adaptabilidad. Montoya (1990) concuerda con que se encuentra en suelos en este mismo rango de pH, de drenaje libre y tolerancia a suelos superficiales. Webb *et al.* (1984), mencionan que crece en suelos de textura leve a moderada, y pH ácido.

⁹ Tipo de roca sedimentaria compuesta principalmente por calcita y arcillas, generalmente con predominio de calcita, lo que le confiere un color blanquecino con tonos que varían con las proporciones y composiciones de los minerales principales.



Los sustratos donde se encuentra la especie se caracterizan por presentar una capa freática subyacente, especialmente en suelos de textura arenosa. La ausencia de ésta puede compensarse con un aumento en las precipitaciones (Gutiérrez, 2007). No obstante lo anterior, evita sitios con una marcada variación en el nivel de la napa freática y con infiltración de agua de mar (CABI, 2012), aunque la intrusión de agua salada en la napa freática no es el factor principal de estrés (Raddi *et al.*, 2009).

En arenas inestables, donde la especie ha sido muy utilizada para su fijación, se observan bosques con escaso desarrollo. Los arenales costeros interiores de la provincia de Huelva (España) no presentan horizontes desarrollados, pero sí acumulación de sesquióxidos; en éstos, la napa freática se encuentra a escasa profundidad, encontrándose allí las mejores masas de *P. pinea* de Andalucía en cuanto a producción de fruto (Abellanas *et al.*, 1993).

Cuando se localiza en suelos pobres disminuye el tamaño de sus acículas y la amplitud de su copa y en situaciones más extremas, adopta una forma achaparrada y pierde el color de sus hojas (Gutiérrez, 2007).

Bravo y Montero (2005) indican que las variables que más definen las clases de sitio para la especie son textura (contenido de limo y arcilla) y capacidad de retención de humedad.

Teobaldelli *et al.* (2004) evidenciaron que la especie tiene un nivel significativo de tolerancia al estrés hídrico y a la salinidad del agua; las sales iones de Sodio y Cloro, a pesar de tener un efecto negativo, son absorbidas y almacenadas en los tejidos leñosos y acículas.

La presencia de aguas estancadas provoca la muerte de las plantas (Sanz, 1990; Cañellas *et al.*, 1999; Carrasquinho y Gonçalves, 2011), lo que también ha sido observado en la zona central de Chile.

Clima

Puede desarrollarse en climas templado-cálidos o templado fríos, secos o húmedos (Carnevale, 1955). Es una especie heliófila, xerófila, y relativamente termófila (Gutiérrez, 2007), muy sensible a las temperaturas mínimas absolutas y a las fuertes nevazones debido a la arquitectura de su copa.

En la península ibérica, el área de su distribución se caracteriza por tres tipos climáticos (Castaño *et al.*, 2004): Mediterráneo propiamente tal, Mediterráneo transicional con un período seco de menos de tres meses y precipitación de hasta 850 mm, y Mediterráneo con tendencia más fría y continental. Borrero (2004) indica que pino piñonero necesita un clima algo cálido que corresponde con los Termomediterráneo y Mesomediterráneo de Gaussen, con menos de 150 días fisiológicamente secos.

Predomina en lugares de alta luminosidad, con un espaciamiento adecuado y sin competencia con su sistema radicular, lo que le permite lograr un desarrollo apropiado; en estas condiciones se pueden encontrar ejemplares con copa amplia y productores de piñas (Sabillón, 2001).

Borrero (2004) señala que soporta largos períodos con humedad ambiente muy reducida y ofrece gran resistencia a los vientos, incluidos costeros impregnados de sal. Sabillón (2001) concuerda en este punto, indicando también que aunque tolera la acción de los vientos, incluso salinos, éstos disminuyen su tamaño y provocan la muerte de las ramas más expuestas. Según este autor se ha observado que la resistencia a la aridez decrece con la edad, ya que en los primeros años de vida la planta elude la falta de agua con el rápido crecimiento de la raíz que puede profundizar más de 1 metro en el primer año si la textura del suelo lo permite, y encontrar así agua necesaria para sobrevivir; Valle *et al.* (2005) midieron una velocidad de elongación radical de plantas de la especie de 0,53 mm/día durante el primer mes después de la plantación, siendo un 89% superior a la registrada para *P. halepensis*. En plantas adultas el sistema radical cambia, de tal forma que la raíz principal se vuelve comparativamente menos profunda y más gruesa, y la mayoría de las raíces se concentra en la superficie.

Otro aspecto a mencionar es que al poseer una corteza gruesa y una copa alejada del suelo, así como acículas y yemas más resistentes al fuego que otros pinos (Yilmaz y Erbilgin, 2010), está bien adaptada ante incendios forestales, lo cual le permite que,

aunque el fuego pase por debajo, tenga buenas probabilidades de sobrevivir, constituyendo uno de los pinos más resistentes del Mediterráneo (Sabillón, 2001). Por esta razón se sugiere plantarla en el límite de zonas afectadas por incendios forestales frecuentes (Yilmaz y Erbilgin, 2010). Aunque algunos autores indican que la especie no presenta adaptaciones para el fuego (Tapias *et al.*, 2001), es más resistente al fuego que *P. halepensis* (Rigolot, 2004) debido a las diferencias morfológicas, en particular la corteza más gruesa y acículas más resistentes al calor; en esta especie la destrucción del follaje puede reducir las funciones fisiológicas y el crecimiento por algunos años, pero luego la copa logra recuperarse si las yemas no han muerto.

Precipitación

La especie está adaptada a condiciones de secano con valores medios de precipitación anual entre 400 y 800 mm, incluso soportando hasta 250 mm, de alta radiación solar (heliofila). Webb *et al.* (1984) mencionan que requiere un régimen de lluvia invernal, con 4 a 6 meses secos. Sobarzo (2004) indica que puede soportar una precipitación media de 250-300 mm anuales, al igual que Montoya (1990), quien además sostiene que presenta mejor aspecto con más de 500 mm; en ciertas zonas soporta hasta 1.500 mm de precipitación anual, siendo su óptimo ecológico 500 a 800 mm. Castaño *et al.*, (2004) señalan que soporta precipitaciones anuales inferiores a 400 mm, aunque requiere precipitaciones estivales superiores a 70 mm y cierta humedad edáfica para crecer bien. Estos mismos autores señalan que el óptimo ecológico se sitúa entre los 500 y 800 mm/año. Por otra parte, Borrero (2004), menciona que requiere una precipitación media anual superior a 250 mm, aunque en la mayor parte de su área de distribución en la península ibérica recibe entre 400 y 800 mm anuales, de los cuales 100-150 mm se producen en el período estival, aunque en el suroeste ibérico predominan zonas con 50-75 mm en verano. Los mejores crecimientos se registran con precipitaciones anuales sobre 600 mm (CABI, 2012).

En climas mediterráneos, específicamente al sur de Portugal, se ha observado que el crecimiento radial está fuertemente correlacionado con las precipitaciones. Períodos de inactividad, que resultan en rasgos anatómicos especiales, como anillos falsos u otras fluctuaciones de densidad intra-anuales, están correlacionados con lugares donde la sequía estival es más severa, las temperaturas de invierno son inferiores y los suelos tienen baja capacidad de retención de agua, en comparación con el área costera (Campelo *et al.*, 2007).

Es una especie muy sensible a la disponibilidad hídrica, después de una lluvia puede crecer 10-15 cm (Loewe y González, 2012).

Debido a la baja variabilidad genética de *Pinus pinea*, un aumento en la aridez tendría un efecto muy negativo, ya que presentaría una limitada capacidad de adaptación genética ante tal situación (Sánchez-Gómez *et al.*, 2009). Estos autores evaluaron la variabilidad fenotípica en respuesta a un ciclo de sequía para variables morfológicas, fisiológicas y de crecimiento en clones de distintas procedencias españolas, concluyendo que la eficiencia intrínseca en el uso del agua (WUE) y la fracción de biomasa asignada a raíz (RMF) se correlacionan negativamente con la tasa de crecimiento relativo (RGR), mientras que el área foliar específica (SLA) se correlaciona positivamente con RGR. Para la variable WUE, los resultados indican que los fenotipos menos eficientes en el uso del agua fueron los de mayores tasas de crecimiento.

Temperatura

Es una especie muy tolerante a altas temperaturas (T° media anual entre 11,7°C y 17,7°C); podría soportar un período de hasta dos meses de heladas con mínimas absolutas hasta -12°C, e incluso de hasta -23°C (Trap, 1996).

La temperatura media máxima del mes más cálido varía entre 25 y 35°C (Webb *et al.*, 1984), aunque García de Pedraza y Pallares (1989) opinan que es menor, con un rango de 20 a 22°C. La media mínima del mes más frío fluctúa entre 4 y 14°C (García de Pedraza y Pallares, 1989), pero superior a 0°C (Montoya, 1990), y la temperatura media anual varía entre 14 y 18°C (Webb *et al.*, 1984). Por el contrario, Sobarzo (2004) y CABI (2012) entregan valores bastante disímiles, con temperaturas mínimas de hasta -20°C y máximas de 41°C, aunque se han encontrado daños por frío desde -12°C.

Borrero (2004), indica que piñonero en España vive en lugares con temperaturas medias en enero (correspondiente a junio en Chile) superiores a 3°C, rara vez entre 0 a 3°C, y con medias en agosto superiores a 20°C. Este autor también indica que las máximas estivales superan 40°C y que no soporta heladas fuertes y continuadas, aunque en el sur de la península se han registrado esporádicamente mínimas de -2 ó -3°C y en las mesetas de -12 ó -13°C, en algunos casos hasta -19°C.

Los mejores crecimientos, sin embargo, se registran con temperaturas medias entre 12 y 15°C (CABI, 2012).

Calama *et al.* (2007c) afirman que las regiones más productivas del área de distribución no presentan temperaturas extremas en invierno, sin restricción hídrica. El Cuadro 2 presenta los límites y umbrales inferiores y superiores y los promedios de 32 variables ecológicas observados para la especie en España (Gandullo y Sanchez-Palomares, 1994 cit. por Mutke, 2009), que pueden servir para afinar el área apta a la especie.



Cuadro 2. Límites y umbrales inferiores, superiores y promedios de 32 variables ecológicas observados para la especie en España, referidos a estaciones del Hemisferio Norte

Clase	Datos de Base	Parámetro del Biotopo	Unidad	LI	UI	M	US	LS	Definición
Fisiográficos	Altitud	ALT	m	3	30	480,82	795	945	
	Pendiente	PND	%	0	0	9,82	28	55	
	Orientación	INS		0,68	0,87	0,98	1,07	1,25	
Pluviómetríos	PP mensuales	PI	mm	92,0	120,1	184,31	289,9	620,2	suma de precipitación D, E, F [mm]
		PP	mm	95,0	130,5	165,01	227,3	355,8	suma de precipitación M, A, M [mm]
		PV	mm	12,1	15,9	68,85	127	197,8	suma de precipitación J, J, A [mm]
		PO	mm	99,5	113,8	176,56	258,1	432,7	suma de precipitación S, O, N [mm]
		PT	mm	347,6	436,0	594,67	800,3	1.468,6	suma de precipitación 12 meses [mm]
Termométricos	T° medias mes	TA	°C	10,4	11,4	14,30	17,8	19,0	media aritmética de 1ª 12 meses [°C]
		TMC	°C	19,8	20,8	23,58	25,8	29,7	
		TMF	°C	1,8	2,9	6,31	11,1	12,8	
		OSC	°C	11,1	13,8	17,21	20,2	21,9	TMC-TMF
		ETP	mm	647,8	682,5	778,00	889,8	969,8	suma de etp 12 meses
Termopluviométricos	prec. mensuales	SUP	mm	56,2	121,9	233,04	352,1	1.066,8	suma de las diferencias (p-etp) para los meses en que es positiva
		DEF	mm	150,3	296,3	416,30	574,0	654,9	suma de las diferencias (etp-p) para los meses en que es positiva
		IH		-25,6	-19,6	-2,10	22,7	103,9	(100 SUP-60 DEF)/ETP
		DSQ		0,00	1,63	3,19	4,87	5,62	nº de meses con la curva de T por encima de la de p en el diagrama de Gausson
		ISQ		0,00	0,05	0,28	0,53	0,83	Cociente entre área seca y área húmeda en el diagrama de Gausson
Edáficos físicos	Tierra Fina	TF	%	15,2	42,4	71,95	99,6	100,0	media ponderada por espesor de horizonte
	Textura	ARE	%	12,4	38,2	69,80	93,4	97,6	media ponderada de % de TF con 0,05 - 2 mm
		LIM	%	1,5	3,7	17,16	37,8	58,5	media ponderada de % de TF con 0,002-0,05 mm
		ARC	%	0,7	1,9	13,03	27,6	57,1	media ponderada de % de TF con < 0,002 mm
		PER		1,4	2,3	4,11	5,0	5,0	media ponderada de la permeabilidad de horizontes
Edáficos químicos		HE		5,5	6,9	15,25	25,0	33,7	media ponderada de la HE de los horizontes
		CRA	mm	25,2	62,6	167,57	303,3	533,9	suma de las CRA de los horizontes
	M.O.	MO	%	0,1	0,2	0,88	1,5	5,6	media ponderada de la MO de los horizontes
	pH	PHA	%	5,1	5,9	6,96	8,2	8,5	media ponderada del pH de los horizontes
	CaCO3 grava fina	CI	%	0,0	0,0	13,84	58,5	94,7	media ponderada de CI de los horizontes
Edafoclimáticos	CaCO3 activa	CA	%	0,0	0,0	4,38	15,9	41,9	media ponderada de CA de los horizontes
		ETRM	mm	347,4	393,6	484,17	618,0	749,4	
		SF	mm	43,7	141,6	293,83	433,5	568,3	
		DRU	mm	0,0	0,2	110,56	253,1	919,6	
Límite inferior				Límite superior					
UI: Umbral inferior				US: Umbral superior					
				M: Media					

(Fuente: Gandullo y Sanchez-Palomares, 1994)



Altitud

Puede encontrarse en un amplio rango altitudinal; desde el nivel del mar hasta 2.500 msnm (Webb *et al.*, 1984), aunque Gil y Abellanas (1989) y Montoya (1990), afirman que sólo crece hasta 1.000 msnm, al igual que Borrero (2004), quien también menciona este rango, y además señala que rara vez lo sobrepasa, con excepción del Líbano, donde Abi-Saleh *et al.*, cit. por este mismo autor, describieron una comunidad de pino piñonero que se ubicaba a casi 1.800 msnm.

En Italia se encuentra hasta 500-600 msnm, en el norte, y hasta 800-1.000, en el sur (Peruzzi *et al.*, 1998). Martínez (2008) señala que se extiende hasta 1.500 msnm.

En Chile, en la localidad de Victoria (Región de la Araucanía) se observó que en la precordillera, a 700 msnm, la especie no crece bien debido a las bajas temperaturas invernales (Foure, 1995, com. personal) y a las heladas de primavera. Sin embargo, en la Región Metropolitana se la ha observado creciendo a sobre 2.000 msnm (Figura 20).



Figura 20. Plantación de pino piñonero de 27 años establecida a 2.014 msnm (Región Metropolitana, Chile)

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Claudia Delard R. y Alejandro Venegas G.

El pino piñonero es una especie monoica, es decir, presenta las flores de ambos sexos en el mismo individuo, pero agrupadas en inflorescencias unisexuales separadas, y su aparición no es sincrónica, es decir se presentan en diferentes momentos, en distintas zonas de la copa (Rodríguez y Rodríguez, 1984; Castaño *et al.*, 2004). Se estima en 18% la tasa de autofecundación en rodales adultos heteroetáneos (Magini y Ammannati, 1989).

En las coníferas del género *Pinus* las flores femeninas se sitúan sobre los brotes más vigorosos del año, verificándose que árboles de mayor tamaño y vigor presentan una mayor capacidad de floración; este aspecto es aún más relevante en el pino piñonero, ya que la asignación de recursos o partición de carbohidratos a las estructuras reproductivas iguala o supera el crecimiento en

volumen fustal (incluyendo ramas) (Rapp, 1984; Mutke *et al.*, 2003c), frente solo a un 6% en pino silvestre o a un 10% en pino radiata (Mutke, 2005).

El periodo de floración varía según la localización geográfica, pero en general abarca los meses de marzo a junio en su lugar de origen, septiembre a noviembre en Chile. Las flores masculinas se observan al comienzo del crecimiento anual (principios de primavera) y las femeninas al final (Rodríguez y Rodríguez, 1984; Montoya, 1990; Gil y Prada, 1993; Loewe y González, 2003). Mutke (2010, com. personal) cit. por Loewe y González (2012) indica que una gran lluvia en ese periodo origina una gran cosecha 3,5 años más tarde.

La maduración de la piña y piñón tarda casi cuatro años desde la inducción floral hasta la cosecha, con un régimen de semillación de carácter cíclico con años de escasa fructificación y otros de gran producción de conos y piñones. La coincidencia simultánea de tres cosechas consecutivas en el árbol implica un añerismo o vecería irregular por las autocorrelaciones negativas inducidas por la carga de piña que está madurando en el momento de la inducción floral, además del mayor riesgo de pérdidas de varias cosechas seguidas de año meteorológico muy adverso, fenómeno recurrente en el hábitat mediterráneo del pino piñonero (Mutke *et al.*, 2005b). Respecto a producción, Contreras *et al.* (2009) indican que después de una cosecha abundante le siguen tres cosechas de producción baja o media.

La maduración de piñas en la Provincia de Valladolid tiene una duración cercana a 1,5 meses (Mutke *et al.*, 2005b), comenzando en octubre y finalizando a mediados de noviembre (Hemisferio Norte), por lo que en Chile este proceso se verificaría entre abril y mayo. Luego, en el verano ya no crecen los piñones sino que solo la piña.

La maduración de la semilla y su caída se provoca con la dehiscencia o apertura de las piñas. La semilla o piñón con cáscara, está recubierta por un polvillo marrón oscuro o negro, una cáscara medio leñosa de color marrón claro, y una cubierta interna que encierra al embrión (Carneros, 2009). En general miden entre 15 a 20 mm de largo por 7 a 9 mm de ancho, con pesos que no alcanzan 1 g (Consejería de Medio Ambiente, 2004), aunque muestran alta variabilidad del peso y tamaño, influyendo en este comportamiento parámetros ecológicos como la calidad del suelo, clima y localización geográfica.

En España después de la fiesta Todos los Santos (1/11), el cisco (polvillo que cubre a la semilla) está negro, signo de madurez (Loewe y González, 2012), aunque estaría maduro desde antes, como indicado por el dicho “en San Francisco (4/10), piñón con cisco”.

Mutke *et al.* (2005b; 2005d) definieron los factores meteorológicos que afectan la producción de piñas, analizando la producción de un bosque natural durante 40 años, observando la existencia de una correlación positiva entre factores climáticos y producción anual; sus resultados indican que el 75% de la variación anual de las cosechas está estrechamente ligada a las condiciones climáticas (temperatura y precipitación) en distintas etapas del desarrollo de la piña.

Fenología

Las variables climáticas presentan elevada correlación con las principales fases fenológicas de la floración y fructificación, tales como inducción floral, diferenciación de yemas, formación, crecimiento y maduración de conos (Calama *et al.*, 2011).

Dado el interés existente por el cultivo con fines comerciales del pino piñonero en Chile, se estudió el ciclo de desarrollo reproductivo desde la diferenciación de los primordios (año 0) hasta la diseminación de los piñones (año 4), considerando que las etapas más relevantes en el desarrollo de la piña y piñón, según varios autores (Abellanas y Pardos, 1989; Abellanas, 1990; Mutke *et al.*, 2001; Gordo *et al.*, 2005) son: Diferenciación de primordios; diferenciación microscópica de brotes reproductivos; floración masculina (amentes); floración femenina (estróbilos); polinización (cono 1 año) (Figura 21); crecimiento limitado del cono (cono 2 años); desarrollo y crecimiento principal del cono (cono 3 años); fecundación; maduración del cono; cosecha; y diseminación natu-

ral. El estudio se realizó en localidad de Toconey (35° 24' 43" S 72° 3' 32" O. 52 msnm), comuna de Péncahue, Región del Maule, en una plantación de 19 años. El año 0 comienza en julio de cada año; posteriormente durante cuatro años continúa el desarrollo de la piña, que finaliza con la diseminación natural de los piñones (Figura 22).



Figura 21. Piña de pino piñonero de un año de desarrollo

La diferenciación microscópica de los brotes (inducción floral) según Abellanas (1990), ocurre en noviembre-diciembre en su lugar de origen (mayo-junio en Hemisferio Sur), pero en Toconey el fenómeno ocurre entre junio y agosto (Venegas, 2010).

Los amentos se expresaron entre octubre e inicios de noviembre, con una duración de tres a cuatro semanas, coincidiendo con Abellanas (1990), quien indica una duración media de 2,5 semanas, fluctuando entre pocos días y 10 semanas.

La floración femenina (estróbilos) dura tres a cinco semanas (Abellanas, 1990), entre mayo y junio en España (Mutke *et al.*, 2005b) (equivalente a noviembre a diciembre en el Hemisferio Sur). En concordancia, en Toconey se observó la expresión de estróbilos en noviembre. Al respecto, en Italia la iniciación de conos femeninos ocurre en marzo (Zavala y García, 1990).

La floración femenina está determinada en un 12% por el nivel de producción de piñas, ya que si hay gran producción de piñas habrá menor producción de primordios florales. Las precipitaciones de octubre definen la diferenciación, antes de la floración (Mutke, 2010. cit. por Loewe y González, 2012).

Cabe destacar que la floración, tanto femenina como masculina, no inicia y termina mecánicamente en todos los árboles de la plantación cada año, ya que la fenología reproductiva se ve influenciada por factores climáticos (sequía, inundaciones, heladas, otros), lo que adelanta o retrasa la floración (Loewe *et al.*, 1996). Esto concuerda con Venegas (2010), quien observó que la floración en la plantación estudiada se expresó un mes antes de lo descrito para la especie en Chile (Loewe *et al.*, 1998). Lario *et al.* (2001) y Codesido y Merlo (2002), indican que el comportamiento fenológico reproductivo dentro en un rodal coetáneo es variable para especies del género *Pinus*.



La precipitación de otoño influye la inducción, que se verifica antes de la floración. La temperatura de junio-julio también influye, ya que un valor elevado provoca pérdida de flores, por esto las olas de calor producen menores cuajas; si se adelanta el verano se pierden flores. En el último año si la precipitación es inferior a 400 mm la piña crece muy poco, bajando el rendimiento (Mutke, 2010, com. personal).

Por otra parte, la diferenciación floral se relaciona más con el diámetro del brote que con su longitud, variable fenológica más estudiada; mientras mayor es el diámetro del brote del año, mayor va a ser el número de flores femeninas. También influye el orden jerárquico de la rama, ya que a mayor dominancia apical mayor es la disponibilidad hídrica de la rama (Op cit.). Incluso se han observado ocasionalmente brotes estivales y una segunda floración en ramas dominantes cuando se ha verificado precipitación en junio, aunque no prosperan debido a la falta de polen (Mutke *et al.*, 2003b).

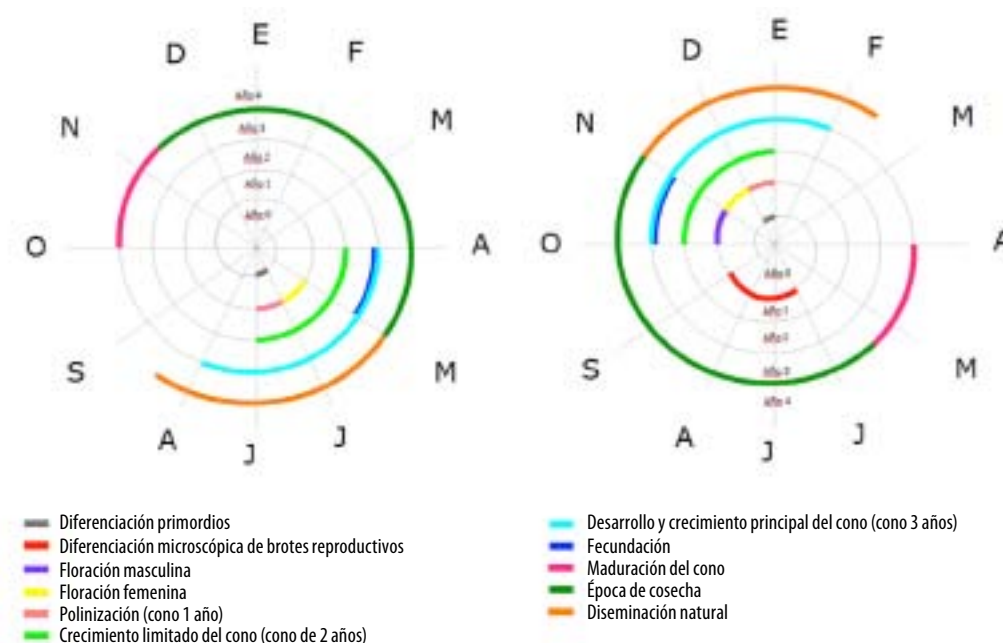


Figura 22. Fenología reproductiva de *Pinus pinea* L. en la Provincia de Valladolid, España (izquierda) y en la localidad de Toconey, Chile (derecha)¹⁰

Venegas (2010) analizó el efecto de la aplicación de fitohormonas, técnica aplicada para promover la fructificación (Shen, 2003), utilizando las fitohormonas ácido giberélico (AG4/7), ácido naftalenacético (ANA) y bencilaminopurina (BAP) sobre brotes vegetativos y reproductivos de *Pinus pinea*, en la plantación descrita a los 16 años de edad, no encontrando incidencia sobre la floración femenina, ya que por su altura la parte superior de la copa no se pulverizó. El tratamiento con ácido giberélico fue el más significativo sobre la floración masculina, aumentando un 99,6% los amentos respecto al testigo. Para los brotes vegetativos todos los tratamientos mostraron diferencias positivas respecto al control, siendo el con BAP el más significativo (414,3%). Todos los tratamientos aumentaron la longitud de los brotes apicales respecto al control, destacando AG4/7, con mayor significancia (103,9%); para promover su alargamiento, además se requiere luz, lo que se vio reflejado en el mayor desarrollo de las ramas en exposición norte.

¹⁰ No se encontró información del período de "Diferenciación microscópica de los brotes reproductivos" y "Floración masculina" para *P. pinea* en la Provincia de Valladolid (España).



La polinización ocurre casi paralelamente con el término de la floración femenina, y dura alrededor de dos semanas, por lo que la flor debe estar receptiva rápidamente para aprovechar el polen (Mutke *et al.*, 2001); por ello se estima la época de polinización en Chile en la primera quincena de diciembre, pudiendo iniciarse a partir de noviembre; una vez ocurrida, el cono se denomina como “de un año”. Es importante destacar que entre el 40% (Piqué, 2004a) y el 80% de los estróbilos se polinizan y se convierten en piñas maduras (Mutke, 2000a), aspecto no estudiado en Chile.

La polinización es anemófila, es decir la dispersión del polen se realiza por el viento; de hecho Parlak *et al.* (2011) indican que en zonas de baja velocidad de viento la humedad relativa se incrementa, el polen permanece suspendido en el aire y no se produce polinización; una velocidad del viento de 3 m/s o superior es efectiva para su ocurrencia. Para ello los granos de polen están dotados de estructuras que les permiten volar unas semanas. Después de la polinización se inicia un ciclo que se prolonga por tres años (García de Pedraza y Pallares, 1989; Castaño *et al.*, 2004), siendo la característica más llamativa del ciclo reproductivo del pino piñonero y que lo distingue de otras especies del género, en las que usualmente la maduración se produce en dos años.

Durante los nueve meses siguientes a la polinización, el cono no sufre cambios visibles en forma externa, aunque en su interior ocurren procesos vitales para los embriones, tales como la vacuolización de la megaspora, el desarrollo de tejido esponjoso y la autonomía de la nucela (Abellanas, 1990), con un crecimiento limitado del cono que, de acuerdo a Gordo *et al.* (2005), se expresa cerca de un año después de la polinización (cono de 2 años). Entre abril y agosto del año 3 en España (equivalente a octubre y febrero en Chile), ocurre el crecimiento y desarrollo principal del cono (Mutke *et al.*, 2005b; Gordo *et al.*, 2005). La fecundación, según Abellanas (1990), se realiza en abril en el lugar de origen de la especie, por lo que se infiere que en Chile ocurriría en octubre, con un desfase desde la polinización de dos años. En la Figura 23 se aprecian piñas de tres edades en una misma rama.



Figura 23. Rama de pino piñonero con piñas de uno, dos y tres años

Como mencionado, precipitación y temperatura serían los factores más influyentes en el desarrollo de la piña (Mutke *et al.*, 2005b; Sánchez *et al.*, 2011a), siendo según Burczyk y Chalupka (1997) la temperatura del aire el principal factor regulador del ciclo fenológico y de la tasa de crecimiento.

Según Zavala y García (1990), las fluctuaciones en el comportamiento anual de la precipitación y temperatura también pueden provocar cambios en el período de diferenciación de conos, por lo que en Chile se analizaron los cinco factores o influencias más relevantes en la producción de piñones durante tres años en la localidad de Toconey:

- a. Precipitación entre julio y octubre del año 0; influye en la formación de los primordios florales (Influencia 1).
- b. Precipitación en abril y mayo del año 1; influye en la diferenciación microscópica de los brotes reproductivos y vegetativos (Influencia 2).
- c. Precipitación entre julio y noviembre del año 1; influye en la floración femenina y polinización (Influencia 3).
- d. Temperatura media de enero y febrero del año 1; influye en los dos meses posteriores a la polinización, ya que con temperaturas muy altas el cono recién formado puede sufrir daños (Influencia 4).
- e. Precipitación media entre marzo-abril del año 2 y abril del año 3; influye en el tamaño y peso de la piña al final del ciclo, antes de la maduración del cono (Influencia 5).

El Cuadro 3 y Figura 24 muestran las precipitaciones y temperaturas registradas en la zona, que se relacionarían con la producción de piñones.

Cuadro 3. Influencia de precipitación y temperatura en la producción de piñas en Toconey, según año de cosecha¹¹

Año	Influencia 1 (mm)	Influencia 2 (mm)	Influencia 3 (mm)	Influencia 4 (°C)	Influencia 5 (mm)
2009	432,0	247,9	497,6	20,5	837,7
2010	454,9	102,6	533,6	19,9	653,4
2011	533,6	19,6	262,2	21,5	518,9



Figura 24. Influencia de precipitación y temperatura en la producción de piñas en Toconey (Región del Maule, Chile)

¹¹ MeteoChile (2011)



En los tres años de estudio no se observaron diferencias significativas en el número total de piñas por árbol, pero al analizar el número de conos/árbol según tamaño, se evidenciaron diferencias significativas entre años ($p=0,0001$) (Cuadro 4). La cosecha del 2010 mostró la mayor significancia estadística en las tres clases de tamaño, destacando un aumento de 3 conos medianos/árbol por sobre el 2011, y un incremento de 1,3 piñas grandes/árbol respecto al 2009. El 2009 se presentó un 494,1 y 311,7% mayor de cosecha de piñas pequeñas y medianas/árbol, respectivamente, que el 2011, año en que la situación fue inversa, con un 913,6 % más de piñas grandes/árbol que el año 2009.

Cuadro 4. Número de conos por árbol ($\pm$ error estándar) por tamaño, según año de cosecha

Año	Pequeño	Mediano	Grande	Total
2009	0,84 $\pm$ 0,14 B	3,99 $\pm$ 0,4 A	0,22 $\pm$ 0,05 B	5,06 $\pm$ 0,47 A
2010	1,97 $\pm$ 0,27 A	4,24 $\pm$ 0,48 A	1,48 $\pm$ 0,3 A	4,91 $\pm$ 0,58 A
2011	0,17 $\pm$ 0,04 C	1,28 $\pm$ 0,19 B	2,01 $\pm$ 0,33 A	3,46 $\pm$ 0,45 A
Valor p	0,001	0,001	0,001	0,15

* Letras diferentes indican diferencia estadística significativa con la prueba LSD Fisher ($p\leq 0,05$)

Contreras *et al.* (2009), indican que las precipitaciones primaverales de los dos primeros años de la piña serían decisivas para la formación y posterior desarrollo de la misma.

La plantación de Toconey posee tres exposiciones, norte, noreste y noroeste, en dos de las cuales existen diferencias estadísticas significativas (norte y noreste) entre años de cosecha, destacando la producción del 2009, que fue en todas las exposiciones significativamente mayor que la del 2011; del mismo modo, la parcela noreste del 2010 alcanzó significancia estadística respecto al 2011 (Figura 25). La parcela noreste presentó mayor producción de piñas debido a la mayor superficie de copa que aumenta la captura de luz (Loewe *et al.*, 2011a), incrementando la inducción de brotes reproductivos femeninos, con un aumento de la producción de piñas y de su tamaño.

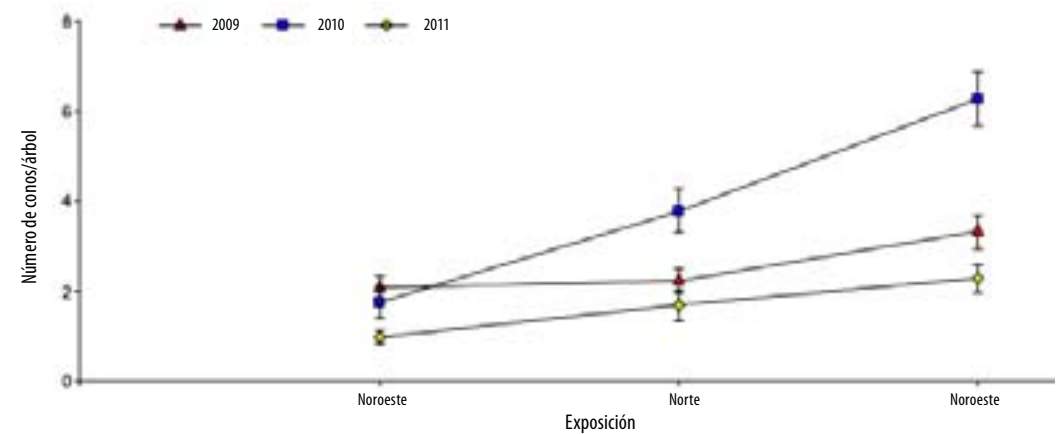


Figura 25. Producción individual de piñas o conos en Toconey (2009-2011) según exposición

Además se observó una alta correlación positiva entre el número de piñas grandes, medianas y totales, y la precipitación antes de la diferenciación de los brotes (Influencia 2), la precipitación antes de la floración (Influencia 3) y la precipitación del año

anterior a la cosecha (Influencia 5). Estos resultados concuerdan con la mayor producción de piñas grandes y totales del año 2009, ya que hubo mayor precipitación antes de la diferenciación de los brotes (mayo-junio año 0) y en el año anterior a la cosecha (entre marzo año 2 y abril año 3), la que afectó positivamente el tamaño y peso de las piñas.

La producción de piñas pequeñas se relaciona negativamente con todas las influencias, excepto las precipitaciones del año 0 antes de la formación de los primordios florales (Influencia 1); la temperatura después de la polinización (Influencia 4) no se relaciona con el tamaño ni con el número total de piñas (Figura 24). En este caso, sólo las influencias 2, 3 y 5 se relacionan con la producción de piñas, no coincidiendo con Mutke *et al.* (2005b), quienes señalan que aparte de estos tres factores también influyen las precipitaciones del año 0 antes de la formación de primordios florales (influencia 1), probablemente debido a la mayor precipitación registrada en el área en Chile; y la temperatura después de la polinización (Influencia 4). La influencia en la producción de piñas de estas dos últimas variables en Chile podrá determinarse en futuras evaluaciones.

La época de cosecha de piñas en la zona estudiada, según información de las cosechas realizadas los años 2009 a 2012, comienza a mediados de mayo y se extiende hasta fines de octubre, período que coincide con lo descrito por Gordo *et al.* (2005), quienes definen la época de cosecha entre mediados de noviembre a abril (equivalente a mayo a octubre). Luego de este periodo, las piñas se abren y comienza la diseminación natural.

Se indica como probable un cambio del calendario fenológico del ciclo reproductivo de la especie debido al cambio climático, estimando que en el centro de España se adelanta cerca de una semana por grado de incremento de la temperatura primaveral (Gordo *et al.*, 2005).

La dispersión de las semillas se realiza por gravedad, lo que constituye una excepción dentro del género *Pinus*, ya que normalmente es anemófila (a través del viento). Esta situación se debe al peso de las semillas y a su ala rudimentaria, lo que no les permite volar (Montoya, 1990).

También intervienen en la dispersión de las semillas animales y aves, entre ellas algunas del género *Cyanopicus* (urracas) (Piñero, 2009), así como algunos roedores que comen piñones en la estación y los almacenan para su consumo posterior (Nevada Soft Shell, 2010).

Fructificación

La fructificación comienza entre los 15 y 18 años en el Hemisferio Norte, lográndose una producción plena pasados los 30-40 años (Castaño *et al.*, 2004). Crawford (1995) indica que la producción de piñas se inicia a los 10 años, siendo óptima alrededor de los 40 años. Por otra parte, Ximenez de Embún (1959), afirma que a los 25 años comienza a producir con rendimientos interesantes, cuando el árbol alcanza 20 cm de diámetro.

En Chile se ha observado en algunas situaciones producción de las primeras piñas desde los 5 años en plantas sin injertar, por lo que una producción comercial también se adelantaría respecto a su distribución natural.

En Nueva Zelanda se ha observado fructificación a los 3,5 años de edad, más comúnmente desde los 6 años (Trap, 1996).

La producción de fruto se ve favorecida con la ausencia de dominancia apical, que provoca que las ramas laterales alcancen una longitud y grosor incluso mayor al eje, lo que genera el aspecto globoso de su copa (poliárquico) (Mutke y Gil, 2004); este tipo de copa, típica de la especie, maximiza el número de puntos de fructificación (Mutke, 2005).

La producción de piñas está condicionada por las características del sitio, la densidad y los tratamientos silviculturales. La cuantificación de la producción se dificulta por el carácter vecero de la especie, con grandes oscilaciones (Castaño *et al.*, 2004). Mutke *et al.* (2007b) indican producciones medias entre 200 y 600 Kg de piña por hectárea, equivalentes a 40-120 Kg de piñón con cáscara y a 10-30 Kg de piñón blanco. Más antecedentes sobre productividad de la especie se presentan más adelante.



Semillas y Capacidad Germinativa

Un individuo puede producir cerca de 30 Kg de piñas, las que representan aproximadamente 2 kilogramos de semillas (Roatta, 1992), con pesos que oscilan entre 0,4 y 0,8 g/semilla (Montoya, 1990; García-Fayos *et al.*, 2001).

Existen diversos antecedentes sobre el número de semillas por kilogramo: 1.200 a 1.400 (Webb *et al.*, 1984; Gil y Prada, 1993), o un rango más amplio de 1.000-1.600 (Goor y Barney, 1976); en España se ha observado hasta 2.708 (Gordo *et al.*, 1999); Consejería del Medio Ambiente (2004) indica un rango entre 1.258 y 2.252 semillas/Kg que corresponde a un peso promedio de 79,5 y 44,4 g/100 piñones, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Peso medio de 100 piñones con cáscara de cuatro zonas de España, en función de la edad y densidad del rodal

Clase Edad (años)	Densidad											
	Baja				Media				Alta			
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
< 40	74,0	44,4	72,4	55,8	73,4	60,4	73,2	68,8	79,5	63,8	62,0	60,1
40 – 80	60,8	55,8	67,6	54,5	71,5	54,2	58,8	74,3	72,5	44,9	69,3	69,9
> 80	52,2	46,3	56,2	44,8	60,7	50,0	40,7	61,3	62,1	53,1	68,5	62,5

(Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2004)

Z1: Zona 1: Almonte-Hinojos; Z2: Zona 2: Moguer-Mazagón; Z3: Zona 3: Campo Común de Arriba; Z4: Zona 4: Campo Común de Abajo

En promedio, alrededor del 25% corresponde a piñones vanos (Consejería de Medio Ambiente, 2004). Benito-Matías *et al.* (2004) encontraron para cinco procedencias españolas una viabilidad de semillas entre 34,2 a 96,7%.

En Chile se ha observado que el número de semillas por Kilogramo fluctúa entre 1.299 y 1.544 (Quiróz *et al.*, 2008), aunque varía según la localidad, con valores extremos de 714 y 2.270 semillas/Kg. Aun cuando el tamaño de los piñones aumenta hacia el sur, lo que se debería al aumento de las precipitaciones, tal como señalado por Mutke *et al.* (2005b y 2006), también se producen variaciones interanuales, como evidenciado en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Variación anual del número de semillas por kilogramo en cuatro localidades de Chile

Año	Cáhuil	Toconey	Mulchén	Antiquina
2009	1.852	1.020	1.250	1.351
2010	1.075	1.124	s/i	s/i
2011	1.190	1.042	730	1.639

Para lograr una adecuada germinación de semillas y posterior producción de plantas, es relevante que la recolección de la semilla se realice en la época adecuada. Esto significa que se debe precisar en primer lugar la época del año en la que ocurre la maduración y semillación, debido a que el rendimiento y viabilidad de las semillas normalmente se incrementa con la madurez del fruto (May, 1984).

En la mayoría de las especies, las semillas se encuentran fisiológicamente en condiciones algún tiempo antes de que los frutos estén listos para la cosecha (Quiroz *et al.*, 2011).

Los parámetros del rodal, tales como edad del árbol madre, tamaño de la copa y condiciones del sitio, influyen en el tamaño de los conos, número de semillas llenas por cono, semillas desarrolladas plenamente y características morfológicas de las mismas.

Un estudio que evaluó las piñas en plantación joven (25 años), rodal cerrado maduro (120 años), rodal abierto maduro (120 años), rodal sobremaduro (sobre 135 años), y otro altamente degradado por actividades humanas (120 años), determinó que los rodales jóvenes tienen piñas más grandes y más pesadas, con alto potencial y eficiencia de semillas, peso total de semillas y número de semillas llenas, en relación a rodales maduros abiertos de más de 120 años. Sin embargo, la capacidad germinativa fue similar en todos los casos, entre 78 y 98,3%, con una media de 12,6 y 15,4 días para completar la germinación (Ganatsas *et al.*, 2008).

Tanto los pinos piñoneros de América como del Mediterráneo poseen semillas sin alas y gran tamaño, que pesan hasta 900 mg, con gran cantidad de reservas, por lo que después de una lluvia razonablemente fuerte las semillas pueden germinar y producir plántulas de un tamaño tal que resistan ambientes de baja humedad. Estas adaptaciones garantizan que los piñoneros sobrevivan en ambientes con baja precipitación repartida desigualmente durante el año y con alta de variación interanual, características de los climas mediterráneos.

Habitualmente las semillas viables de pino piñonero no presentan complicaciones germinativas por embriones inmaduros o latencias físicas provocadas por la cubierta (Yagüe, 1997; Ciancio *et al.*, 2000 cit. por Alejano, 2003).

Goor y Barney (1976) mencionan que las semillas de pino piñonero no requieren tratamiento antes de la siembra, demorando 20 a 25 días en germinar, con una capacidad germinativa entre 25 y 75%, valor muy inferior al comunicado por Piotto y Di Noi (2001), quienes reportan 80-90%. Se pueden mejorar estos valores remojando uno a dos días las semillas en agua fría (temperaturas mayores a 25°C durante la germinación inducen dormancia) con lo que se logra la germinación en 13-23 días (Heth, 1983; Webb *et al.*, 1984). Ximénez de Embún (1959) indica un remojo de una semana.

La respuesta germinativa es significativa, no requiriendo tratamientos pregerminativos complejos o aplicación de condiciones ambientales específicas para su ocurrencia. Temperaturas alternadas entre 10 y 25 °C con fotoperíodo de 12 horas, producen una germinación masiva de las semillas a los 15 a 25 días desde su siembra (Cañellas *et al.*, 1999; García-Fayos *et al.*, 2001).

Court-Picon *et al.* (2004) señalan la existencia de diferencias en la capacidad germinativa para diferentes procedencias.

Pruebas de germinación indican que semillas estratificadas colocadas en cápsulas de Petri a 20° C logran una capacidad germinativa de 81% en 21 días y una energía germinativa de 30% en 7 días; semillas sin tratamiento pregerminativo en iguales recipientes a 18° C por 22 días alcanzan una capacidad germinativa del 98% con una energía germinativa de 88% en 14 días (USDA, 1974), lo que indicaría que la especie no requiere de tratamientos pregerminativos para lograr una buena germinación de sus semillas.

De hecho, en algunas zonas de Chile se ha observado la germinación de las semillas en la piña, antes de su caída al suelo (Figura 26).



Figura 26. Germinación de semillas de pino piñonero dentro de la piña



Otros antecedentes indican valores de 76,5%, con remojo en agua por 12 horas, iniciando el proceso entre los días 9 y 10, y germinando casi la totalidad de las semillas entre los días 15 y 16 (Cañellas *et al.*, 1999). Fernández y Martínez (1984), indican que semillas almacenadas durante 27 a 35 años a temperatura ambiente no germinan, y que aumenta el potencial de exudación de azúcares, a diferencia de semillas viables con un 93% de germinación.

Por este motivo, el almacenamiento debe ser apropiado; semillas con un contenido de humedad entre 6 y 8% conservadas a temperaturas de 4-5°C en envase hermético pueden mantenerse viables 4 a 5 años. Piñones conservados a temperatura ambiente pierden su capacidad germinativa en menos de un año (García-Fayos *et al.*, 2001).

Se han probado métodos colorimétricos para determinar la viabilidad de las semillas, con resultados de difícil aplicación práctica como predictores (Benito-Matías *et al.*, 2004).

Lanteri *et al.* (1993) estudiaron el almacenamiento y la viabilidad del polen in vitro, determinando su capacidad germinativa en almacenamiento. El Cuadro 7 muestra los porcentajes de germinación obtenidos al usar polen fresco, almacenado en congelador (-8° C), y en nitrógeno líquido durante 24 meses, con un decrecimiento significativo de la viabilidad del polen en ambas condiciones de almacenamiento, sin diferencias estadísticas, concluyendo que no es conveniente almacenar el polen, o buscar otras alternativas de almacenamiento que no disminuyan tanto (casi un 50%) la capacidad germinativa.

Además, la germinación y crecimiento de polen in vitro se ve afectado por el pH; un estudio del efecto de valores entre 3,5 y 5,5, comprobó que un pH de 3,5 es negativo para ambos procesos, con una elongación del polen considerablemente inferior (Renzoni y Viegi, 1991).

Cuadro 7. Germinación in vitro de polen fresco y almacenado de pino piñonero (%)

Polen fresco	Polen almacenado	
	-18 ° C	-196 ° C
93,0 a	44,0 b	48,3 b

(Fuente: Lanteri *et al.*, 1993)

Arce *et al.* (1983) hicieron crecer piñones en vermiculita húmeda, obteniendo un aumento del poder germinativo del lote estratificado 15 días a 4° C respecto al testigo; una ligera biosíntesis de proteínas en las semillas estratificadas y en embriones y endospermas de las mismas, con máximos niveles a los 15 días de estratificación; un incremento significativo de proteínas, y por lo tanto de su biosíntesis, durante la germinación.

La salinidad inhibe la germinación de las semillas con concentraciones de cloruro de sodio de 0,05 M y superiores, y con dosis de 0,02 M las plantas son significativamente más pequeñas (Ganatsas y Tsakalimi, 2007). Al someter semillas a condiciones de estrés hídrico, salinidad y temperatura simulando el efecto del fuego, los autores determinaron que el agua de mar es el agente salinizante de menor toxicidad en la germinación de pino piñonero, y que semillas sometidas a 80°C por 3 minutos lograron un 80% de germinación, valor que progresivamente decae al aumentar el tiempo y temperatura de exposición.

El Centro Tecnológico de la Planta Forestal de INFOR estudió la germinación de semillas colectadas de árboles seleccionados en Cahuil y Tanumé, Región de O'Higgins (Quiroz *et al.*, 2009); se sembraron en junio del 2008 en bandejas de poliestireno expandido de 84 cavidades de 130 cc de volumen cada una, con semillas remojadas en agua por 24 horas; el sustrato usado fue corteza de pino compostada de granulometría G-10, y se aplicó un fertilizante de lenta entrega (14-14-14) en dosis de 4 Kg/m³ de sustrato. Las bandejas sembradas se trataron con aspersiones semanales de solución fungicida (mezcla en partes iguales de los productos comerciales Benlate (Metil-1-(butilcarbamoil)-2-bencimidazol-carbamato) y Captan (N-((triclorometil)-4-cyclohexano)) a razón

de 0,5 g/L. Desde la siembra y hasta los 4 meses, cuando se evaluó, se aplicó dos riegos diarios de 10 minutos cada uno en días despejados y de altas temperaturas, y de 5 minutos en días nublados. Las bandejas permanecieron en invernadero de polietileno UV niquelado de 200 mc; en estas condiciones las semillas comenzaron a germinar a los 18–20 días, completando el proceso germinativo en 48-50 días desde la siembra (Figura 27). Tanumé presentó el mayor porcentaje de germinación y el menor periodo de energía (Cuadro 8, Figura 28). Otras experiencias de germinación en Chile realizadas en el marco del proyecto han dado valores entre 66 y 76%.

Cuadro 8. Capacidad de germinación, Energía germinativa y Período de Energía de semillas de *Pinus pinea*

Zona de colecta	Germinación (%)	Energía Germinativa (%)	Período de Energía (días)
Cahuil	66,3 a	76,4 a	37 b
Tanumé	80,2 b	72,8 a	32 a
Media	73,2	74,6	34

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un p<0,05. Datos sometidos a un análisis de varianza tradicional y test de comparación de Scott & Knott (1974). Software estadístico empleado InfoStat versión 2008/P.



Figura 27. Plántulas de *Pinus pinea* a los 27 (izq.), 41 (centro) y 93 (der.) días desde la siembra

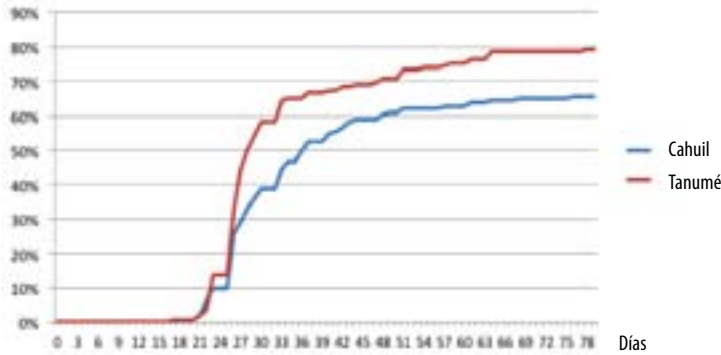


Figura 28. Germinación acumulada de semillas de *Pinus pinea* L. por zona de colecta



Regeneración Natural

La regeneración natural de la especie en pinares generalmente artificiales es nula (ITC, 2005), ya que cuando logra nacer no sobrevive bajo la cobertura de las copas de los árboles adultos, aunque sí se verifica en bosques de estructura heteroetánea (Peruzzi *et al.*, 1998). Brunetti *et al.* (2005) indican que se ve favorecida en terrenos minerales y arenosos.

Para que la regeneración natural ocurra es necesario abrir huecos que permitan el ingreso de luz, siempre que haya presencia de piñones en buen estado (Loewe y González, 2012). En Italia, sólo se verifica en forma sustentable en el Parque de la Maremma (Pineta de Alberete), con una densidad de 140 árb/ha. En el sur de Francia se ha observado que, a pesar de ser una especie considerada heliófila, es decir, cuya regeneración natural no sería esperable bajo dosel, una cubierta de matorral que protege a las semillas de los cambios de temperatura del suelo, insolación y pérdida de humedad, proporciona condiciones favorables para su germinación (Loisel, 1967. cit. por Alejano, 2003).

La regeneración natural de especies térmicas, entre ellas *P. pinea*, *P. halepensis* y *P. pinaster*, por las condiciones climáticas en que crecen, se produce desde el otoño hasta la primavera, a diferencia de las de media y alta montaña (*P. nigra* y *P. sylvestris*), que ocurre a fines del invierno e inicios de primavera (García-Fayos *et al.*, 2001).

En general las plántulas se observan bajo o alrededor de la copa (en cifras muy reducidas, de un 3%), debido a la baja capacidad de dispersión de las semillas por su peso elevado (Lima *et al.*, 2006; Manso *et al.*, 2009), en pequeños grupos de plantas cerca de árboles adultos.

Las copas globosas extendidas de la especie mejoran el balance hídrico del suelo en climas con veranos secos, disminuyendo los niveles de radiación y creando condiciones microclimáticas más favorables a su ocurrencia y posterior establecimiento. Sidari *et al.* (2008) indican que la sequía, salinidad e incendios forestales son factores abióticos adversos responsables de la no ocurrencia de regeneración natural de la especie; su bajo éxito en parte se debe al hombre, que recoge ávidamente los piñones, reduciendo la capacidad reproductiva por esta vía. Las características de forma y tamaño de las semillas, gruesas y con un ala rudimentaria ancha muy corta que se desprende con facilidad, limitan de manera importante su capacidad de dispersión, realizándose fundamentalmente por la acción de pequeños roedores y aves (Consejería de Medio Ambiente, 2004; Carneros, 2009), lo que se conoce como endozoocaría, es decir dispersión por la acción de animales o aves debido a las características anatómicas y nutritivas de los frutos, y que se observa en más del 70% de las especies leñosas (Van der Pijl, 1982 y Howe y Smallwood, 1982, cit. por Figueroa, 2000).

El éxito de la regeneración natural depende de factores tanto propios del bosque, como el envejecimiento y la baja producción de piñas; como de adversidades bióticas, como *Leptoglossus occidentalis* y algunos hongos, y adversidades ambientales, como la sequía, erosión, salinidad de las napas freáticas, entre otros (Bianchi *et al.*, 2011). También depende de la cantidad de semilla viable disponible, la baja dispersión de las semillas, las condiciones requeridas para su germinación, problemas relacionados con el establecimiento, entre otros.

La cantidad de semilla viable depende de la cantidad y tamaño de las piñas y el número de piñones viables que contienen (Calama y Montero, 2007), información relevante ya que las cortas de regeneración deben concentrarse en los años de mayor producción.

La regeneración natural es incierta y afectada por varios problemas, estando la sequía estival típica de zonas mediterráneas entre las principales causas de muerte de plántulas; le siguen los hábitos reproductivos de la especie, que requiere sincronía entre años de buenas producciones y condiciones climáticas favorables para que la regeneración tenga éxito; la baja densidad de los bosques y el impacto del pastoreo en semillas y plántulas (Barbeito *et al.*, 2008). En particular en esta especie las condiciones óptimas restringidas para la germinación de las semillas, en días con temperatura máxima de 15°C y elevada humedad relativa, a lo que se suma que la ocurrencia de heladas altera el proceso, por lo que las condiciones favorables para que ocurra se verifican en cortas ventanas de la primavera e invierno (Manso *et al.*, 2011), y el desarrollo de las plántulas, junto al uso comercial de los piñones, reducen aún más las probabilidades de éxito de su regeneración natural.

Según Yagüe (1997) y Ciancio *et al.* (2000) cit. por Alejano (2003), la precipitación es el factor más importante para la producción de conos y para la germinación, siendo ésta última casi inexistente si no ocurren precipitaciones durante el período de caída de la semilla.

Pardos *et al.* (2010) evaluando la actividad fisiológica de la regeneración natural concluyeron que plantas de un año se aclimatan menos a las condiciones de sequía del verano, y que plantas de mayor edad se recuperan rápidamente en el otoño, lo que demuestra que la regeneración del pino piñonero aclimata su fisiología a los cambios estacionales de temperatura y disponibilidad hídrica, proceso que cambia con la edad.

Para estimular la regeneración natural en bosques naturales, con rotaciones de 125 a 150 años, se debe hacer un raleo fuerte para abrirlos y posteriormente hacer raleos sucesivos para favorecer el desarrollo de la regeneración natural. La última corta es de aprovechamiento y se hace cuando la regeneración alcanza 4-6 m de altura, cuando todavía es flexible, por lo que no se daña (Loewe y González, 2012); aberturas graduales obtienen mejores respuestas que las cortas de regeneración abruptas.

Para su obtención se deben dejar unos 100 árboles semilleros, que quedan en el bosque 6 a 12 años, cortándose entonces para reducir la competencia y permitir la entrada de luz. Ejemplos de regeneración natural en España, Italia y Turquía fueron sistematizados por Pavari (1955) cit. por Ciancio *et al.* (2009). Ciancio *et al.* (2009) indican que para favorecer la regeneración natural se pueden efectuar cortas modulares en pequeños grupos, los que interrumpen la estructura del rodal creando condiciones aptas para su ocurrencia, conformándose una estructura mixta disetánea.

Capitoni *et al.* (2009) concluyen que la tala rasa que deja árboles semilleros, además de mitigar el impacto paisajístico, promueve la regeneración natural y la protege durante sus primeros años de desarrollo; estos árboles deben ser eliminados en forma progresiva a medida que la regeneración se establece.

Bianchi *et al.* (2011) tuvieron éxito con el método de tala rasa en fajas efectuadas en invierno, con dimensiones entre 2.000 y 10.000 m² y orientación variable, observando plantas la primera temporada después de la corta; la mayor cantidad de plántulas se observó en las cortas de menores superficies, y se vio favorecida por la acumulación de residuos.

Rodrigo *et al.* (2007) indican que la regeneración natural se dificulta después de un incendio, lo que sumado a la corta distancia de dispersión de las semillas y al bajo nivel de sobrevivencia de las plántulas hace que las probabilidades de establecimiento sean reducidas, lo que ha sido verificado a nivel regional en Cataluña.

Calama *et al.* (2005) indican que con una densidad de regeneración de 450 plantas/ha se garantiza la incorporación de nuevos individuos en bosques irregulares, es decir con individuos de diferentes clases de edad.

En Chile se ha observado regeneración natural de la especie en algunas situaciones de árboles aislados o bosquetes de baja densidad entre las regiones del Maule y de la Araucanía (Figura 29).



Figura 29. Regeneración natural de pino piñonero (Región de O'Higgins, Chile)



ASPECTOS GENÉTICOS

María Paz Molina B.; Roberto Ipinza C. y Andrés Bello D.

Aun cuando existe una demanda creciente y es un negocio atractivo por los altos precios que alcanza el piñón (Barranco y Ortuño, 2004), a diferencia de otros árboles frutales o de frutos secos del viejo mundo, esta especie no ha sido domesticada y carece de variedades o cultivares definidos (Mutke *et al.*, 2007b) empleados a nivel productivo.

No obstante lo anterior, existe una variedad de la especie denominada *fragilis*, por la fácil apertura del piñón con cáscara, la cual no se cultiva debido al rápido deterioro que sufre la pepa justamente por esta característica (Bussotti, 1997; Peruzzi *et al.*, 1998). También, como se mencionó anteriormente, en Australia, se ha identificado la variedad Walker, la que puede conservar los piñones hasta la caída espontánea de la piña, lo que facilita la cosecha, y que sería altamente productiva y tolerante a la sequía (David Noel, 2011, com. personal).

A continuación se presentan antecedentes relevantes para una estrategia de mejoramiento genético de la especie, y se entregan los resultados preliminares de un ensayo de progenies establecido en Chile, evaluado a los 5,8 años de edad. Los resultados obtenidos no son concluyentes, pero considerando la experiencia con la especie en otros países, la tarea recién comienza y son muchas las áreas de investigación aplicada que deberán abordarse a fin de consolidar esta especie como productora de frutos.

Mejoramiento Genético y Domesticación de *Pinus pinea*

Como señalado, el principal uso de *Pinus pinea* está dado por la extracción del piñón que es muy apreciado como fruto seco (Mutke *et al.*, 2007a) convirtiéndolo en una de las nueve especies productoras de frutos secos más importante del mundo (Fady *et al.*, 2004).

Sin embargo, a pesar de ser una especie de uso tradicional en climas mediterráneos, de tipo rústica, con los niveles de calidad y precio que alcanza su fruto, los esfuerzos tendientes a su domesticación son bastante recientes.

Existen varias razones que pueden explicar en alguna medida esta situación. En general es una especie de difícil propagación clonal, con inicio de la edad reproductiva entre los 15 y 18 años; de polinización anemófila, lo que complica cruzas a través de polinización controlada; y la producción de piñas sólo se produce en yemas preformadas subapicales, lo cual limita las opciones de manejo de su copa para mejorar la producción de frutos.

Por otra parte la maduración del fruto tarda cerca de cuatro años, con vecería (añerismo), además es sincronizada entre los individuos, incluso entre regiones de procedencia (Mutke *et al.*, 2007a) y sin ningún ciclo fijo que permita planificar cosechas (Gordo, 2004b). A este respecto, en la Provincia de Ávila, Yagüe (1993) detectó vecería de cinco años en zonas de Moraña y Tierra de Pinares. Además los árboles presentaron baja producción de piñas y los piñones obtenidos fueron de tamaño reducido. Este último aspecto unido a la vecería provocan que la producción de piñones por hectárea en España varíe entre 40 a 120 Kg de piñón con cáscara, equivalentes a entre 10 y 30 Kg de piñón blanco (piñón sin cáscara) (Mutke *et al.*, 2007b).

La aplicación de un programa de mejoramiento genético conlleva paralelamente el conocimiento acabado de varios aspectos de la fenología de la especie (ciclo biológico y requerimientos ambientales en las distintas etapas del mismo), respuesta a tratamientos silvícolas y de propagación, y el grado de influencia que tengan estos aspectos dependiendo del clon o familia.

Cerca del 9% de la superficie total de la especie se encuentra en alguna categoría de protección (Prada y Mutke, 2008).

Variabilidad

A partir de un estudio de variación isoenzimática en *P. pinea* llevado a cabo por Fallour *et al.* (1997) se determinó una baja variabilidad para la especie al considerar distintas poblaciones localizadas en España, Grecia, Italia, Líbano, Portugal, Turquía y

Francia. El autor lo atribuye a la disminución del tamaño de las poblaciones que se produjo durante el Cuaternario en el periodo glacial, aunque también reporta que ello no implicó endogamia que produjese depresión genética, debido más probablemente a mecanismos propios de las coníferas, como la eliminación de embriones endógamos.

Gómez *et al.* (2002) tras el análisis de la variabilidad genética de 10 poblaciones españolas mediante microsatélites de cloroplasto concluyeron que los valores obtenidos para pino piñonero son menores que las que presentan otros pinos mediterráneos, y además señalan que la diferenciación existente entre las poblaciones estudiadas es baja y que la mayor parte de la variabilidad genética presente es intrapoblacional.

Por su parte Evaristo *et al.* (2002) realizaron una caracterización molecular a través de RAPD para 22 procedencias localizadas en Portugal, España, Italia, Grecia, Marruecos, Turquía e Israel, determinando que 12 procedencias resultaron ser muy próximas, formando un solo grupo. Las restantes forman tres grupos, obteniéndose el valor más elevado de diversidad genética en las procedencias italianas, y la menor en las portuguesas.

Buitrago *et al.* (2001) analizaron un ensayo de progenies de polinización abierta localizado en las cercanías de Córdoba, España, que a los siete años indicó existencia de variación genética familiar para la mayoría de los caracteres métricos como crecimiento primario, secundario y ramificación; el control genético aditivo fue mucho mayor en las características de crecimiento que ramificación. También determinaron correlaciones genéticas positivas crecimiento-edad, lo cual permitiría una selección precoz para los caracteres de crecimiento.

Alía *et al.* (2003) informan que en ensayos de procedencia también se ha demostrado una escasa variabilidad fenotípica para *Pinus pinea*, al igual que en los estudios a nivel molecular llevados a cabo con la especie (isoenzimas y microsatélites del cloroplasto).

Desde el punto de vista de constitución química de los piñones, Gómez *et al.* (2006) realizaron un estudio cromatográfico para evaluar la presencia y abundancia de metales como Manganeseo, Zinc, Níquel y Cobre, encontrando diferencias entre procedencias y poblaciones de España y Portugal. Es preciso determinar la utilidad de esta diferenciación y la correlación que ellas tienen con caracteres de interés productivo, de modo de aportar a la selección de individuos.

Gordo *et al.* (2007) detectaron una casi nula diferenciación entre rodales de la procedencia Meseta Norte (Cuenca del Duero). Se establecieron ensayos comparativos con lotes de semillas de siete rodales selectos en varios sitios a la vez y se evaluaron durante ocho años características tales como tipo de raíces, supervivencia, crecimiento (diámetro y altura); con ello se refrenda la alta plasticidad de la especie y la posibilidad de hacer reforestaciones con lotes mezclados.

Vendramin *et al.* (2008) luego de evaluar la variación genética de la población de la Cuenca Mediterránea de la especie utilizando 12 microsatélites de cloroplastos heredados del padre, señalan que ninguna otra especie tan abundante y dispersa tiene tan poca diversidad genética como *P. pinea*. Sin embargo, la especie alberga una cantidad no despreciable de variación en los rasgos adaptativos. Por lo tanto una relación causal entre la diversidad genética, medida por el loci marcador, y la precariedad de la evolución de una especie, no puede darse por sentada.

Con posterioridad, Sanchez-Gómez *et al.* (2009) evaluaron la variabilidad fenotípica de caracteres morfológicos y fisiológicos de 23 clones de *P. pinea* y su respuesta a un ciclo de sequía en condiciones controladas (19 días de sequía). Los clones eran originarios de zonas climáticas muy distintas en España y los resultados indicaron cierto grado de variabilidad fenotípica atribuible al clon, siendo los fenotipos menos eficientes en el uso del agua los que mayores tasas de crecimiento presentaron, pero sí estos fenotipos presentaban una correlación positiva con el área foliar específica. Señalan los autores que este resultado no convencional ya había sido expuesto anteriormente (Golluscio y Oesterheld, 2007. cit. por Sanchez-Gómez *et al.*, 2009). El resultado debería ser comprobado con ciclos de sequía mayores y verificados en ensayos de campo.



González (2011) con marcadores nucleares (microsatélites y genes candidatos) y de organelos (microsatélites cloroplásticos) encontró una variación molecular muy pequeña en la especie, lo que permitió el desarrollo de una prueba simple para diferenciar los piñones de *P. pinea* de piñones de otras especies comercializados. Indica que según su estructura genética la población de la especie se agrupa en dos grupos, del este (Grecia, Turquía, Israel, Chipre y Líbano) y oeste (España, Francia, Italia, Marruecos y Túnez).

Mutke *et al.* (2005b) estudiaron la diferenciación para rasgos de crecimiento en altura y fenología en procedencias españolas, francesas, libanesas, turcas, portuguesas, griegas e italianas en tres sitios al interior de España. Para el crecimiento en altura, hasta los nueve años de edad, encontraron diferencias significativas, pero consideraron que estas estaban enmascaradas por la fuerte heterogeneidad ambiental que había en cada sitio y entre los sitios. Destacaron por su mayor crecimiento, en los tres sitios, una procedencia del Líbano, una del interior de España y una del interior de Francia. Las procedencias con menor crecimiento fueron Sur de Turquía, Sur de España y Costa azul, Francia; el comportamiento de las procedencias restantes no fue estable en todos los sitios. En relación a los brotes o mortalidad de plantas, no se vio afectada en ninguna procedencia a pesar de que se produjeron heladas con un mínimo absoluto de -17°C y heladas tardías de -4°C , por lo que las heladas en seco sin nieve no parecen dañar el pino piñonero. Khaldi *et al.* (2009) encontraron diferencias en la sobrevivencia y crecimiento de diferentes procedencias establecidas en dos sitios de Túnez, aun cuando dentro de cada sitio las diferencias no fueron significativas.

Bilir *et al.* (2010) analizaron el crecimiento de plantas de familias presentes en un ensayo de polinización abierta de 15 años, localizado en Aydin-Kokarli, Turquía, detectando diferencias significativas entre familias para la altura, diámetro de cuello y relación altura/diámetro de cuello de las plántulas. No obstante, el 90% de las plantas producidas cumplía con las normas de calidad aceptadas para el establecimiento de plantaciones.

Sanchez-Gómez *et al.* (2009), señalan que *P. pinea* sería una especie con baja variabilidad genética en relación a su tolerancia a la sequía y con capacidad de adaptación por su gran plasticidad fenotípica. Climent *et al.* (2008) señalan ausencia de diferenciación de procedencias de la especie en relación a crecimiento.

En relación a la capacidad de la especie para su propagación clonal, a través de embriogénesis somática, Carneros *et al.* (2005) no encontraron diferencias familiares significativas en la frecuencia de iniciación de proliferaciones preembrionarias, al analizar 12 familias provenientes de un banco clonal de Cataluña, España. Cuesta *et al.* (2008) estudiando la propagación por organogénesis de seis familias no encontraron diferencias significativas en la etapa de caulogénesis (producción de brotes), pero si en la fase de enraizamiento (rizogénesis).

Gordo (2004) determina una amplia variabilidad ecológica y productiva lo que permite la selección de rodales y árboles apreciados por su producción de piñas, señalando que el 83% de la variabilidad productiva está ligada a condiciones ambientales, y que la diferencia podría atribuirse a la genética. Mutke *et al.* (2005a), analizando parcelas de material injertado señalan que el efecto del genotipo presenta un coeficiente de determinación con la producción de piñas muy por debajo del correspondiente a la correlación tamaño del árbol-producción, por lo que es relevante optimizar las condiciones de cultivo y el desarrollo vegetativo de los árboles.

Calama *et al.* (2011) recientemente desarrollaron un modelo estimador de la producción de piñas con datos de 13 años de una red de parcelas permanentes, observando que la mayor parte de la producción, incluso en años buenos, es limitada a pocos árboles.

Por otra parte Nasri *et al.* (2005a) estudiaron los ácidos grasos contenidos en semillas de distintas procedencias, francesas y turcas, detectando baja diversidad genética, que los autores atribuyen a la homogeneidad del material reproductivo que conforma estas procedencias, debido principalmente a factores de difusión antropogénica.

En cambio Evaristo *et al.* (2008) realizaron un estudio similar sobre procedencias y árboles dentro de procedencias portuguesas, no encontrando grandes variaciones entre procedencias (promedios similares para distintos tipos de ácidos grasos), pero si a

nivel de individuos, detectando rangos mayores de variación, lo que representa un potencial para el mejoramiento genético para este carácter. En general las procedencias portuguesas registran valores elevados de ácido linoleico y oleico, que representan en conjunto el 84% del total de ácidos grasos. Estos altos contenidos en ácidos grasos permitieron que la especie sea recomendada por la Food & Drug Administration (FDA) de EE.UU. para reducir el riesgo de enfermedades coronarias (Fady *et al.*, 2008).

Mutke *et al.* (2008) al analizar diversos ensayos de campo con procedencias de muchos orígenes en distintos sitios -incluyendo ensayos de material de propagación seleccionado- confirman la baja diferenciación de la especie en relación a caracteres de crecimiento, una plasticidad fenotípica elevada, tolerancia a condiciones edáficas y climáticas extremas y fuerte sensibilidad a la competencia intra o interespecífica.

Gordo *et al.* (2009) concluyen que para la especie el concepto de Rodal Selecto no es necesariamente genético, sino fenotípico, y que en estos rodales sólo un manejo adecuado permitirá obtener semilla selecta en cantidad y calidad.

Selección

La falta de antecedentes sobre parámetros genéticos para variables de interés productivo (Mutke, 2005) ha llevado a concluir que es una especie con variabilidad productiva fuertemente ligada a las condiciones de crecimiento (disponibilidad de agua y luz que recibe su copa) (Gordo, 2004; Mutke *et al.*, 2007a), sugiriéndose que la selección individual es una buena estrategia para la especie, pero sin dejar de lado un manejo que favorezca un desarrollo de copa adecuado para la producción de piñas. Para seleccionar un árbol candidato para la producción de piñas se debería considerar una evaluación de la producción de al menos seis años; para caracterizar la producción media del árbol se deberían considerar 7 a 8 cosechas (Gordo *et al.*, 2001), periodo en que se encontrarían temporadas de producción de piñas malas, medias y buenas.

Por otra parte, los parámetros cualitativos (tamaño y forma) de piña y piñón, aún en los rodales más productivos, en promedio no se alejan de lo definido para la especie. En la mayoría de los casos, la variación de estos parámetros es mayor en el árbol que entre árboles del rodal o de la procedencia, por lo que el mejor criterio de selección es el cuantitativo. Sin embargo, Gordo *et al.* (2001) determinaron que el mayor factor de influencia en la producción es el rodal, seguido del tamaño del árbol (Área Basal) y su situación de competencia, condición que también es señalada como relevante por Mutke *et al.* (2003a). Por estas razones recomiendan ponderar la producción de piñas de cada árbol con la media del rodal, tamaño y competencia del árbol, temática abordada en el desarrollo de un modelo individual de producción por Gordo *et al.* (2001).

Mutke *et al.* (2007a), indican que existirían correlaciones genéticas positivas, débiles, pero significativas, entre el valor de mejora de productividad de piñas de un clon, el tamaño medio de su piña, el rendimiento proporcional en piñón y su tamaño, siendo estas características importantes parámetros de la calidad del producto; es decir, hay correlación entre cantidad y calidad; sin embargo, los autores señalan que esta correlación baja si se considera la interacción con el sitio. Además, la cosecha anual expresada en peso de piña o de piñón está correlacionada con el número de verticilos con piñas en un 95% y 84%, respectivamente; esto indica la influencia del tamaño del árbol y de su estructura de copa sobre su comportamiento productivo, efecto a tener en cuenta en la evaluación de genotipos (Mutke y Gil, 2004).

Todas estas consideraciones son importantes al momento de definir criterios de depuración de huertos frutales con clones de la especie, junto con considerar un manejo intensivo de estas unidades de producción.

Mutke *et al.* (2007c) señalan que en varios estudios analizados, el grado de determinación genética para la producción media anual de piñas se estima en 15-38%, lo que resulta en una ganancia genética esperada de 12-39% al seleccionar el 10% de los genotipos de cada prueba de selección regional (90 clones candidatos cada una, donde los ortets son árboles plus seleccionados por producción de piñas sobresaliente). Igualmente los autores recomiendan probar el mejor material genético para producción de piñas en sitios diferentes, dada la alta plasticidad fenotípica de la especie.



Un estudio de variabilidad de la producción de frutos en 100 árboles candidatos a plus de *P. pinea*, realizado en la provincia de Valladolid (Gordo *et al.*, 1997), destaca que el número de piñas del mejor árbol triplica el promedio del total de árboles y es cuatro veces mayor si se considera el rendimiento en peso de piñón. Los autores destacan esta variabilidad entre árboles candidatos a plus como para realizar una segunda selección con mayor información de producción en otras cosechas.

Carrasquinho *et al.* (2010; 2011) definen cinco estados de desarrollo de la especie, considerando el tamaño del árbol y la producción de piñas: Juvenil, crecimiento vegetativo dominante, producción de piñas fase I, producción de piñas fase II y producción de piñas fase III, e indican que la selección de árboles plus sólo se debe realizar en las tres últimas.

Mutke *et al.* (2011b) dan cuenta del intenso trabajo de selección de 500 individuos candidatos, los que luego de 20 años de seguimiento y análisis han permitido la selección de los genotipos de mejor desempeño, constituyéndose un catálogo de clones elite aptos para instalar huertos en diferentes zonas agroclimáticas del país, los que deberían ser liberados próximamente en España; en Portugal existe un desarrollo paralelo similar.

Carneiro (2005) indica que el peso del piñón blanco, característica más importante desde el punto de vista económico, tiene una ganancia genética de 10,55%; destaca que el largo de la piña es una característica fácilmente observable que permite inferir dicho parámetro.

Manejo para Domesticación

En las últimas décadas se han establecido parcelas injertadas (huertos clonales productivos) para aumentar el rendimiento de piña y facilitar la cosecha. Investigadores italianos iniciaron la selección y la propagación por injerto de clones grandes productores de piña en los años 50 del siglo pasado (Magini, 1965 cit. por Gil y Abellanas, 1989), continuando después en España y Portugal.

Los huertos clonales se inician con la prospección de rodales para ubicar árboles candidatos a los que se caracteriza productivamente, de modo de seleccionarlos como “árboles plus” si se demuestran superiores. El material genético selecto es clonado para obtener copias suficientes que permitan establecer huertos frutales rentables, de acuerdo a la demanda que se quiere satisfacer.

Cabe recordar que los huertos clonales por si mismos se constituyen en un banco clonal, los cuales son capaces de proporcionar información y material vegetativo o generativo que permita aumentar el número de réplicas de algún clon en caso de ser necesario, o bien aplicar técnicas de mejoramiento genético, tales como producción de semilla para ensayos de progenie, cruza controladas de mejores genotipos, u otras.

El sistema de clonación recomendado para *P. pinea* es la injertación, ya que otros tipos de clonación, como el cultivo de tejidos, son de mayor costo, aun cuando los avances en esta área han sido importantes en la última década, tal como descrito en detalle más adelante. A la vez, la injertación permite adelantar la edad reproductiva del clon dado, que el injerto mantiene la edad de la púa injertada, proveniente de árboles seleccionados por su producción de piñas, y por lo tanto en edad reproductiva. Esta consideración es importante, sobre todo en esta especie cuyo inicio de madurez reproductiva es más bien tardía (15 a 18 años en el Hemisferio Norte).

Los requerimientos silvícolas de la especie para optimizar su producción de piñón pasan necesariamente por la apertura del dosel, la utilización de espaciamientos iniciales amplios, por ejemplo 6 x 6 m equivalentes a 278 árboles/ha (Mutke *et al.*, 2007b). El efecto del espaciamiento reportado por los autores en ensayos de raleos sistemáticos en parcelas injertadas a partir de 850 rametos/ha, reduciéndolos a menos de la mitad, derivó en un aumento de la producción de piñas de entre 4 a 10 veces. En otras parcelas injertadas, se probaron combinadamente raleo, podas ligeras y riegos semanales preestivales, encontrándose que tanto la producción como el peso de las piñas se multiplicó en las parcelas raleadas, independientemente de las podas y riego; las parcelas no raleadas pero podadas mostraron que podas ligeras pueden estimular la floración.

Abellanas (1990) propone considerar mejoras culturales que permitirían estabilizar la cosecha, independientemente del origen genético, dentro de las que menciona la fertilización que evita la disminución de producción, la aplicación de riegos sobre todo en etapas críticas de la floración, tratamientos preventivos contra plagas y enfermedades, polinizaciones artificiales si se detecta escasez de polen natural y la realización de podas, tendientes a conseguir copas bajas y abiertas además de favorecer la producción de piñas, y facilitar la recolección de estas, disminuyendo significativamente los costos de cosecha.

En relación a la importancia de aplicar artificialmente polen, Abellanas (1990) señala que en injertos no se observaron flores masculinas durante los primeros cinco años, aun cuando las flores femeninas se producen desde el primer año, situación también mencionada por Mutke (2005).

Un último aspecto a considerar en el manejo de la especie son las plagas y enfermedades; Raddi *et al.* (1979) reportan alta susceptibilidad a la roya (*Cronartium flaccidum*) al infectar artificialmente plantas de vivero de varias progenies. Este hongo provoca severos daños en la copa de los árboles, produciendo anillamiento y muerte de ramas.

Mejoramiento Genético en Chile

En el país se ha realizado un incipiente trabajo en este sentido, estableciéndose un ensayo de procedencias europeas el año 1994 en la Región de Valparaíso, y dos ensayos de Progenies el año 2005, en Cahuil (Región de O’Higgins) (INFOR, 2006) y Pelarco (Región del Maule), presentándose a continuación algunos resultados de los dos primeros.

- Ensayo de Procedencias Europeas (Casablanca)

A partir de los años 90 el Instituto Forestal introduce una colección limitada de seis procedencias europeas de *Pinus pinea* con el fin de comparar su desarrollo en condiciones de secano, con las que se estableció el año 1994 un ensayo de procedencias con diseño de Bloques Completos (6 tratamientos, 3 repeticiones, parcelas de 49 plantas), con un espaciamiento de 2 x 3 m, con plantas de 2 años, que al momento de la plantación tenían una altura media de 50 cm (Loewe *et al.*, 1998). El Cuadro 9 presenta los valores promedios obtenidos en crecimiento en diámetro a distintas edades.

Cuadro 9. Crecimiento en diámetro a la altura del cuello (DAC), diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura (H) para seis procedencias europeas de pino piñonero establecidas en Casablanca

PROCEDENCIA	EDAD (Años)											
	0		1		3		5		9		15	
	DAC (cm)	H (m)	DAC (cm)	H (m)	DAC (cm)	H (m)	DAC (cm)	H (m)	DAC (cm)	H (m)	DAP (cm)	H (m)
Lombardía	0,89	0,45	1,20	0,48	1,79	0,59	2,83	0,65	6,67	1,30	7,22	3,16
Toscana	0,89	0,40	1,19	0,45	1,84	0,58	2,88	0,61	6,58	1,29	7,41	3,31
Eslovenia	0,87	0,42	1,11	0,46	1,76	0,64	2,98	1,18	7,88	1,60	9,69	3,93
Meseta Castellana	0,92	0,45	1,15	0,48	1,77	0,68	3,05	0,61	8,42	1,65	11,05	4,29
Andalucía Occidental	0,92	0,45	1,11	0,48	1,69	0,67	2,80	0,67	7,87	1,68	10,96	4,27
Sierra Morena	0,90	0,45	1,13	0,47	1,70	0,66	2,83	0,61	7,25	1,61	10,00	3,87

(Fuente: Loewe *et al.*, 2012)

En la evolución del crecimiento en DAC y altura de las distintas procedencias se observa que hasta los 5 años los crecimientos fueron bastantes bajos y con valores similares entre procedencias. Sin embargo, a partir de los 9 años se registran incrementos significativos, destacándose las procedencias Meseta Castellana y Andalucía Occidental para ambas variables de crecimiento.



Al comparar los resultados obtenidos a los 15 años (Figura 30) con mediciones realizadas a varias plantaciones de 30 años ubicadas en la localidad de Peñuelas, sector costero de la misma región, distante a 13 km del ensayo, se ha constatado que en éstas, los incrementos medios anuales, tanto en diámetro como en altura, con y sin manejo, son muy superiores, superando el 100% en ambas situaciones al ensayo, donde los máximos incrementos diamétricos medios alcanzaron en la procedencia Meseta Castellana (0,74 cm) y Andalucía (0,73 cm), mientras que para la variable altura fueron de 0,29 y 0,28 m/año respectivamente. Esto se debería a las condiciones del suelo presentes en el ensayo, que impedirían un mejor desarrollo.



Figura 30. Ensayo de procedencias europeas de pino piñonero de 15 años, después de poda y raleo (Casablanca, Región de Valparaíso, Chile)

También al comparar el crecimiento a los 5 años de las procedencias ensayadas con el obtenido en un ensayo de progenies seleccionadas en el país, localizado en un sector costero de la Región de O'Higgins (Pichilemu), 150 km al sur del ensayo, el crecimiento de estas últimas es superior en un 200% para la variable DAC y cerca de un 100% para altura, a excepción de la procedencia Eslovenia, que presenta un crecimiento similar para esta variable. Cabe señalar que el ensayo de progenie presenta condiciones climáticas más favorables en relación a precipitaciones anuales y a temperaturas máximas y mínimas, así como neblinas costeras prácticamente diarias.

• Ensayo de Progenies (Cáhuil)

En Cáhuil y Tanumé, ubicados en la Región de O'Higgins, Comuna de Pichilemu, existen plantaciones de la especie plantadas en los años 1983-1985. En ellos se realizó una selección de árboles "mejores productores" durante los años 2003 y 2004 basada en la observación de individuos que presentaban mayor cantidad de piñas en la copa en relación a los seis individuos más próximos (sistema de árboles de comparación). Adicionalmente se contaron las piñas que estaban alrededor del árbol en el suelo, que corresponderían a piñas producidas en temporadas anteriores. Los individuos con el mayor número de piñas (presentes en la copa y en el suelo) fueron seleccionados como de mayor producción. Cabe señalar que esta primera selección se realizó en plantaciones a alta densidad, por lo que los árboles seleccionados correspondieron en general a árboles de borde, y a árboles del interior de la plantación en sectores sin competencia entre copas, con más acceso a luz, sin incluirse los árboles con mayor potencial productivo ubicados en el interior del rodal.

A partir de la selección anterior, se establecieron dos ensayos de progenie, uno con 35 progenies en Cáhuil, de las cuales 29 provienen de la plantación de igual nombre antes mencionada, y 6 del predio Tanumé; y un segundo ensayo más reducido en Pelarco, Región del Maule.

El diseño del ensayo de Cáhuil corresponde al tipo STP (Single Tree Plot) donde la parcela experimental corresponde a una planta por bloque o repetición, con 28 bloques. Se midió a los 1; 3,4; 4,3; 5 y 5,8 años de edad (Figura 31).

Los datos se analizaron mediante la prueba de Tuckey con el software InfoStat Versión 2011; no se obtuvieron diferencias significativas entre origen de la semilla ni entre familias (progenies) para ninguna de las variables de crecimiento evaluadas; altura, diámetro a la altura del cuello (DAC), diámetro de copa (promedio de dos mediciones perpendiculares utilizando como centro el fuste del árbol) y un estimador de volumen ($DAC^2 \times$ altura).

Con posterioridad se aplicó el sistema ASReml para determinar parámetros de ganancia genética y heredabilidad para las mismas variables. El modelo utilizado correspondió a un modelo de árbol individual con las variables aleatorias Árbol e interacción existente entre la familia (progenie) y el bloque; el efecto fijo estuvo dado por la interacción bloque y origen. El modelo utilizado es:

$$y = Xb + Z_u u + Z_p p + e$$

Donde:

Y: Es el vector de las observaciones para cada una de las variables de crecimiento de cada árbol del ensayo

b: Es el vector de parámetros para efectos fijos (interacción bloque y origen)

u: Es el vector de valores genéticos para las variables de crecimiento de cada árbol

p: Es el vector de efectos aleatorios

e: Es el vector de residuos aleatorios.

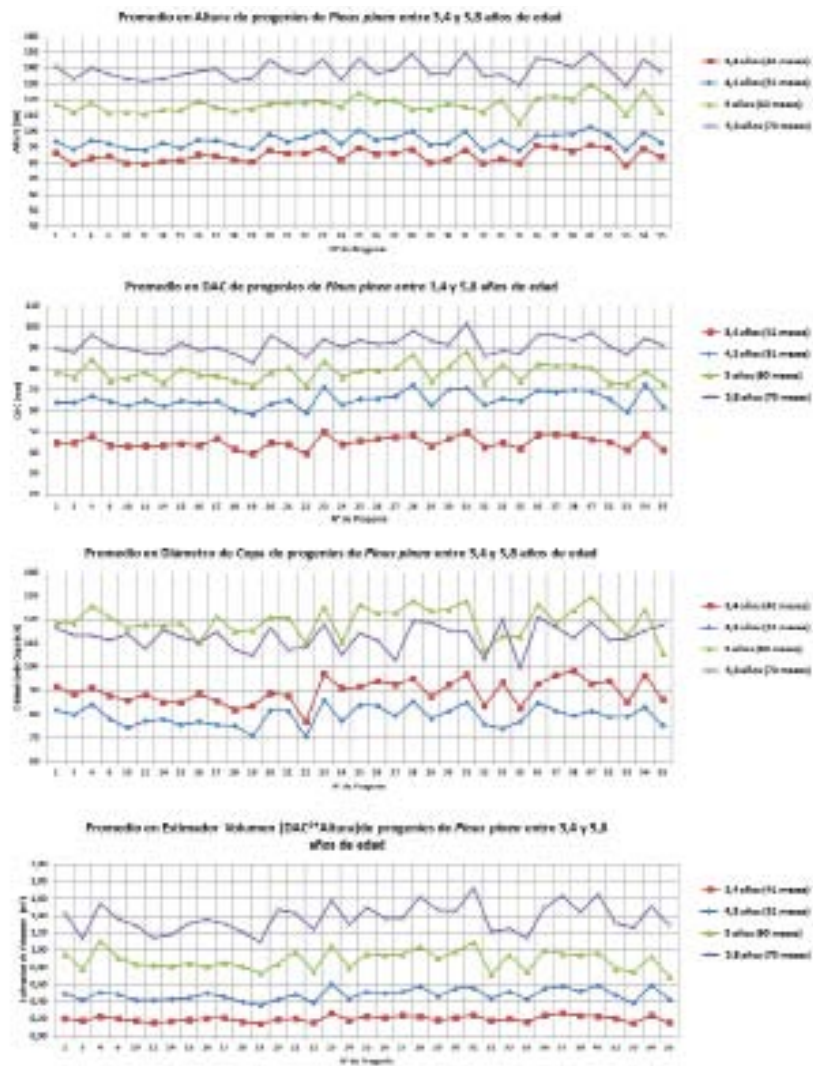
X , Z_u y Z_p : Representan respectivamente las matrices de diseño para los efectos fijos, valores genéticos y efectos de parcela.

El resultado de este análisis fue de heredabilidad (h^2) equivalente a 0 (cero), lo que indica que los efectos aditivos a nivel individual (de árbol) son nulos.

En el contexto de los resultados anteriores se procedió a hacer un análisis descriptivo de las familias o progenies presente en el ensayo para las cuatro últimas mediciones. Los Cuadros 10 y 11 entregan valores de crecimiento medio por progenie a distintas edades (3,4; 4,3; 5; y 5,8 años), representados gráficamente en la Figura 32.



Figura 31. Ensayo de progenies de pino piñonero de siete años (Cáhuil, Región de O'Higgins, Chile)



Cuadro 10. Supervivencia, en altura, diámetro de cuello (DAC), diámetro de copa y estimador de volumen ($DAC^2 \times altura$) por progenie de *Pinus pinea* en ensayo de Cáhuil a los 41 y 51 meses

Progenie (Familia)	Origen	3,4 años (41 meses)					4,3 años (51 meses)				
		Supervivencia (%)	Altura media (cm)	DAC medio (mm)	Diámetro de copa medio (cm)	$DAC^2 \times altura$ medio (m^3)	Supervivencia (%)	Altura media (cm)	DAC medio (mm)	Diámetro de copa medio (cm)	$DAC^2 \times altura$ medio (m^3)
2	Cáhuil	96,4	86,41	44,81	91,67	0,206	96,4	94,07	64,07	81,85	0,498
3	Cáhuil	100	79,56	44,81	88,52	0,182	100	88,48	64,11	79,70	0,422
4	Cáhuil	96,3	83,27	47,88	91,15	0,227	96,3	94,50	66,96	84,23	0,512
6	Cáhuil	100	84,37	43,63	87,78	0,202	100	92,52	64,52	77,96	0,484
10	Cáhuil	100	79,85	42,96	85,77	0,179	100	88,96	62,58	74,31	0,422
11	Cáhuil	100	79,59	43,04	88,33	0,160	100	88,00	65,04	77,11	0,420
14	Cáhuil	100	81,37	43,56	84,81	0,177	100	92,89	62,11	77,78	0,432
15	Cáhuil	100	81,48	44,24	84,80	0,189	100	89,64	64,88	75,40	0,447
16	Cáhuil	96,4	85,26	43,41	88,70	0,206	96,4	94,78	63,70	76,85	0,500
17	Cáhuil	100	84,44	46,56	85,60	0,211	100	94,28	64,64	75,48	0,460
18	Cáhuil	100	82,07	41,48	81,85	0,171	100	91,78	60,19	75,19	0,401
19	Cáhuil	92,6	80,75	39,50	83,54	0,146	88,9	88,96	58,33	70,79	0,359
20	Cáhuil	100	88,00	44,81	88,89	0,197	96,4	98,19	63,33	81,56	0,431
21	Cáhuil	100	85,96	43,75	87,71	0,204	100	93,58	65,21	81,46	0,485
22	Cáhuil	100	86,28	39,56	76,92	0,159	100	96,20	59,16	70,60	0,392
23	Cáhuil	96,0	89,05	50,00	97,05	0,266	96,0	98,52	68,74	82,83	0,607
24	Cáhuil	96,3	82,35	43,85	90,96	0,184	96,3	92,27	62,81	77,12	0,437
25	Cáhuil	92,9	89,54	45,73	91,54	0,230	92,9	100,73	65,62	83,85	0,514
26	Cáhuil	92,6	85,76	46,48	94,00	0,216	92,6	94,52	65,84	83,48	0,502
27	Cáhuil	100	86,21	47,57	92,50	0,241	100	95,68	66,86	79,36	0,516
28	Cáhuil	100	88,81	48,19	94,81	0,227	100	100,00	72,59	85,37	0,580
29	Cáhuil	100	80,23	43,00	87,31	0,189	100	91,69	62,54	78,08	0,465
30	Cáhuil	96,4	82,19	46,59	92,41	0,216	96,4	92,41	70,37	81,30	0,556
31	Cáhuil	81,5	88,23	49,86	96,82	0,244	81,5	100,09	70,86	85,00	0,566
32	Cáhuil	100	79,78	42,56	83,52	0,179	100	88,15	62,74	75,74	0,440
33	Cáhuil	96,2	82,96	44,84	93,40	0,205	96,2	94,24	66,04	73,88	0,520
35	Cáhuil	96,4	80,00	41,78	82,48	0,164	96,4	88,00	64,81	76,78	0,432
36	Cáhuil	96,4	91,22	48,63	92,78	0,247	96,4	97,59	69,67	84,70	0,553
37	Cáhuil	100	90,38	48,92	96,46	0,266	100	97,67	68,75	81,46	0,583
38	Cáhuil	96,2	87,21	48,58	98,33	0,237	96,2	98,29	71,17	79,38	0,524
47	Tanumé	96,3	91,40	46,24	92,80	0,231	96,3	103,04	69,28	81,40	0,591
52	Tanumé	96,6	87,46	45,19	94,07	0,207	96,6	97,81	65,56	78,70	0,477
53	Tanumé	92,9	78,60	41,40	85,20	0,151	92,9	88,48	59,44	79,00	0,385
54	Tanumé	92,9	89,12	48,96	92,9	0,241	92,9	98,96	72,62	82,88	0,597
55	Tanumé	100	83,88	41,32	86,20	0,158	100	92,76	62,08	75,20	0,427
Total Tanumé		95,7	86,13	44,66	91,02	0,198	95,7	96,26	65,84	79,45	0,496
Total Cáhuil		97,4	84,35	44,97	89,25	0,204	97,2	93,82	65,23	78,94	0,481
Total General		97,2	84,60	44,92	89,50	0,203	97,0	94,17	65,32	79,01	0,483

Cuadro 11. Supervivencia, en altura, diámetro de cuello (DAC), diámetro de copa y estimador de volumen (DAC²* altura) por progenie de *Pinus pinea* en ensayo Cáhuil a los 60 y 70 meses

Progenie (Familia)	5 años (60 meses)					5,8 años (70 meses)					
	Origen	Supervivencia (%)	Altura media (cm)	DAC medio (mm)	Diámetro de copa medio (cm)	DAC** altura medio (m³)	Supervivencia (%)	Altura media (cm)	DAC medio (mm)	Diámetro de copa medio (cm)	DAC** altura medio (m³)
2	Cáhuil	96,4	117,48	78,37	118,52	0,962	96,4	141,41	89,89	116,26	1,431
3	Cáhuil	100	112,37	75,93	118,41	0,784	100	132,93	87,85	113,44	1,140
4	Cáhuil	96,3	118,27	84,69	126,08	1,108	96,3	140,08	96,54	113,23	1,543
6	Cáhuil	100	111,63	74,56	120,85	0,914	100	136,44	91,00	111,26	1,368
10	Cáhuil	100	112,35	76,08	116,62	0,834	96,3	132,88	89,58	113,81	1,289
11	Cáhuil	100	111,30	78,44	118,00	0,827	96,4	131,78	87,74	107,78	1,146
14	Cáhuil	100	113,96	73,37	117,78	0,811	100	132,89	87,30	115,52	1,187
15	Cáhuil	96,2	113,24	80,00	118,44	0,845	96,2	136,04	92,40	112,52	1,314
16	Cáhuil	96,4	119,33	77,11	110,11	0,810	96,4	138,15	89,19	110,63	1,357
17	Cáhuil	100	115,36	76,92	121,12	0,855	100	139,76	90,20	114,84	1,306
18	Cáhuil	100	113,11	74,52	115,04	0,811	96,4	131,93	87,22	107,15	1,211
19	Cáhuil	96,3	114,63	72,33	115,54	0,733	96,3	133,25	82,92	104,79	1,098
20	Cáhuil	100	117,56	78,48	120,96	0,838	100	144,93	96,11	116,30	1,473
21	Cáhuil	100	118,25	80,63	120,71	0,982	96,0	138,13	91,21	107,25	1,429
22	Cáhuil	100	118,40	72,16	110,32	0,749	100	136,84	85,88	108,32	1,237
23	Cáhuil	96,0	117,48	80,61	121,43	1,055	92,0	143,39	91,09	115,61	1,590
24	Cáhuil	96,3	115,54	76,15	110,58	0,799	96,3	132,62	90,50	105,08	1,296
25	Cáhuil	92,9	124,92	79,19	129,88	0,961	92,9	145,96	93,65	114,15	1,495
26	Cáhuil	92,6	118,88	79,40	122,76	0,937	92,6	136,56	91,76	111,48	1,372
27	Cáhuil	100	119,82	80,36	122,86	0,953	100	138,96	92,46	102,89	1,377
28	Cáhuil	96,4	114,19	87,00	128,07	1,041	96,4	149,07	98,41	119,30	1,618
29	Cáhuil	100	114,31	74,27	123,62	0,907	100	136,31	93,46	118,77	1,464
30	Cáhuil	96,4	117,74	81,19	124,41	0,990	96,4	136,22	91,63	115,41	1,458
31	Cáhuil	81,5	115,68	88,41	127,95	1,093	81,5	150,09	101,86	115,18	1,727
32	Cáhuil	100	112,70	73,52	106,56	0,717	100	135,26	86,37	103,04	1,212
33	Cáhuil	96,2	120,04	82,52	113,20	0,945	96,2	136,16	88,88	120,24	1,255
35	Cáhuil	96,4	105,33	74,30	112,81	0,747	96,4	128,81	87,56	99,30	1,145
36	Cáhuil	96,4	120,93	82,59	126,63	1,004	96,4	146,48	96,22	120,96	1,497
37	Cáhuil	96,3	122,79	81,50	118,38	0,961	88,9	144,54	96,21	116,71	1,631
38	Cáhuil	92,3	120,21	82,04	124,04	0,949	92,3	140,58	93,71	112,21	1,444
47	Tanumé	96,3	129,92	80,28	129,56	0,970	96,3	150,16	97,52	118,84	1,645
52	Tanumé	96,6	122,59	73,37	120,59	0,785	93,1	139,78	90,85	111,26	1,316
53	Tanumé	92,9	110,92	72,84	113,08	0,752	92,9	128,40	87,28	111,84	1,261
54	Tanumé	92,9	125,73	78,92	124,31	0,928	92,9	145,38	94,58	115,27	1,510
55	Tanumé	100	112,08	73,12	105,84	0,696	100	137,52	91,20	117,88	1,295
Total Tanumé		95,7	120,33	75,70	118,75	0,826	95,0	140,28	92,28	114,96	1,405
Total Cáhuil		97,0	116,20	78,48	119,33	0,895	96,2	138,19	91,24	112,07	1,367
Total General		96,9	116,79	78,09	119,24	0,886	96,0	138,48	91,39	112,48	1,372

La supervivencia fue relativamente alta y constante entre mediciones. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre progenies con la prueba de Tuckey, se destacan los valores más altos para cada variable.

En el caso de la variable altura, la progenie 47 presenta el mayor valor promedio en todas las mediciones. Para el DAC en las mediciones a los 5 y 5,8 años la progenie 31 presenta el mayor valor; para la variable diámetro de copa, las progenies con mayor valor promedio no coinciden en todas las mediciones. El Cuadro 12 resume las progenies con valores mayores y menores para cada variable de crecimiento por medición.

Cuadro 12. Número de la progenie con mayor y menor crecimiento

Variable	N° de la progenie con mayor valor para la variable				N° de la progenie con menor valor para la variable			
	Edad de medición (años y meses)				Edad de medición (años y meses)			
	3,4 - 41	4,3 - 51	5 - 60	5,8 - 70	3,4 - 41	4,3 - 51	5 - 60	5,8 - 70
Altura (cm)	47	47	47	47	53	11	35	53
DAC (mm)	23	54	31	31	19	19	22	19
D. de Copa (cm)	23	28	25	36	22	22	55	35
Volumen (m ³)	23	23	4	31	19	19	55	19

Para las variables de crecimiento altura, DAC y estimador de volumen (DAC²*altura) se aprecia un crecimiento continuo a tasas relativamente constantes en todas las progenies en mediciones sucesivas, obteniéndose una tasa mayor de crecimiento para altura, DAC y estimador de volumen entre los 5 y 5,8 años. Para la variable diámetro de copa promedio por progenie se aprecia una disminución entre mediciones sucesivas 3,4 y 4,3 años, y 5 y 5,8 años, coincidentes con una poda suave de ramas basales del 15% de la altura total en el primer caso, y con una poda de mayor intensidad efectuada después de la tercera medición, que afectó entre 35 y 50% de la altura total, efectuada para formar copas productivas. En la última evaluación no se detectaron diferencias significativas entre progenies para el diámetro de copa, debido al tipo de poda aplicada. Al relacionar las variables de crecimiento entre sí, tanto a nivel de árbol individual como de progenie, se obtuvieron correlaciones lineales múltiples (Cuadro 13).

Todas las correlaciones son positivas, por lo que cuando una de las variables aumenta la otra también lo hace en el mismo sentido. La magnitud de valor de este coeficiente indica en qué medida (porcentaje) una variable explica a otra, considerándose que $R^2 \geq 0,5$ es significativo. Gráficamente se observa la tendencia para los valores de altura vs DAC por árbol individual en las cuatro mediciones (Figura 1 del Anexo 1). El mayor valor de correlación entre las variables se obtiene a los 5,8 años y su magnitud ($R^2=0,6559$) es significativa.

La correlación entre altura y diámetro de copa en distintas edades a nivel de árbol individual no fue significativa (Figura 2 del Anexo 1). En la Figura 3 del mismo anexo se muestra la correlación existente entre las variables DAC y diámetro de copa.

A diferencia de la correlación observada en las variables anteriores, la correlación existente entre DAC y diámetro de copa es significativa en todas las edades ($R^2 \geq 0,5$); a pesar que los árboles se encuentran en una etapa incipiente de producción de piñas, se espera que un mayor tamaño de copa genere mayor número de piñas, de acuerdo a lo señalado por Mutke *et al.* (2003a) y Gordo (2004). El comportamiento del Estimador de volumen correlacionado con el diámetro de copa es similar al encontrado para el DAC (Figura 4 del Anexo 1). Las Figuras 5, 6 y 7 del Anexo 1 muestran gráficamente las correlaciones para las variables de crecimiento (altura, DAC y diámetro de copa) a nivel de progenie.



Al igual que para las correlaciones a nivel de árbol individual, para altura y DAC existe significancia sólo a los 5,8 años (Figura 5 del Anexo 1). Para la relación altura con diámetro de copa no existe significatividad entre variables a ninguna edad (Figura 6 del Anexo 1), coincidiendo con el resultado obtenido a nivel de árbol individual.

Cuadro 13. Correlaciones lineales múltiples (R^2) entre variables de crecimiento a nivel de progenies y árboles individuales en distintas edades

Variables Evaluadas/edad		DAC (mm)		Diámetro de copa (cm)		Estimador de volumen (m^3)	
		Progenies	Árb. Indiv.	Progenies	Árb. Indiv.	Progenies	Árb. Indiv.
Altura	3,4 años (41 meses)						
Progenies		0,4293		0,4054		0,6012	
Árboles individuales			0,4094		0,4958		0,5600
DAC							
Progenies		1,0000		0,7744		0,8881	
Árboles individuales	4,3 años (51 meses)		1,0000		0,7188		0,8429
Estimador de Volumen							
Progenies				0,7075			
Árboles individuales					0,6292		
Altura							
Progenies	5 años (60 meses)	0,4239		0,3709		0,5761	
Árboles individuales			0,4996		0,4924		0,6346
DAC							
Progenies		1,0000		0,5672		0,8607	
Árboles individuales			1,0000		0,6452		0,8531
Estimador de Volumen	5,8 años (70 meses)						
Progenies				0,5654			
Árboles individuales					0,5862		
Altura							
Progenies	5 años (60 meses)	0,1481		0,2438		0,2321	
Árboles individuales			0,4461		0,4636		0,4820
DAC							
Progenies		1,0000		0,4655		0,7984	
Árboles individuales			1,0000		0,5640		0,8440
Estimador de Volumen	5,8 años (70 meses)						
Progenies				0,6756			
Árboles individuales					0,7045		
Altura							
Progenies	5,8 años (70 meses)	0,7101		0,3418		0,7714	
Árboles individuales			0,6559		0,4942		0,7752
DAC							
Progenies		1		0,3208		0,8665	
Árboles individuales			1		0,5398		0,8681
Estimador de Volumen	5,8 años (70 meses)						
Progenies				0,3310			
Árboles individuales					0,5030		

La correlación entre DAC y diámetro de copa a nivel de progenies (Figura 9 del Anexo 1), es significativa sólo a los 3,4 y 4,3 años, a diferencia del resultado obtenido al analizar esta correlación a nivel de árbol individual, donde en todas las edades había significancia; cabe recordar que las copas de los árboles, posterior a la medición de los 3,4 años, fueron alteradas con el fin de formar copas productivas.

Sin duda la producción de piñas de *Pinus pinea* es el principal interés productivo de la especie. Aun cuando el ensayo de progenies de Cahuil tiene una edad de 5,8 años, ya ha iniciado la producción. Esta variable (N° de conos o piñas por árbol) se comenzó

a evaluar a los 5 años; en la Figura 33 y Cuadro 14 se aprecia el comportamiento de la producción de piñas por progenie a los 5 y 5,8 años. A la edad de 5,8 años la mayoría de las progenies ha empezado la producción, con excepción de la progenie 11; de igual modo, el número de árboles que producen piñas dentro de cada progenie ha aumentado.

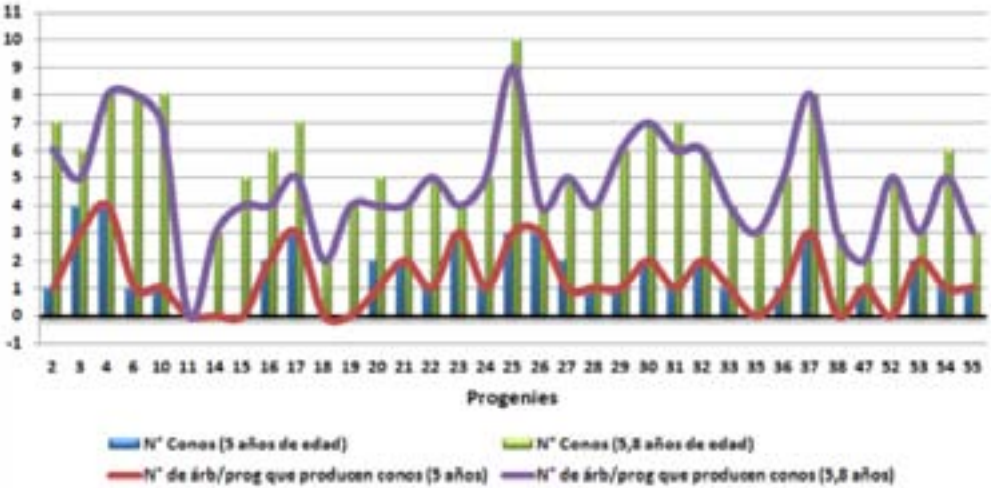


Figura 33. Número de conos o piñas promedio por progenie y árbol dentro de la progenie a los 5 y 5,8 años

Cuadro 14. Variación de la producción de piñas a los 60 y 70 meses

Característica	Edad de Evaluación (meses)	
	60	70
N° Total de piñas en el ensayo	50	178
N° Total de árboles con piñas en el ensayo (*)	47	166
% de progenies que producen piñas (*)	77,1	97,1
% árboles que producen piñas (**)	5,2	18,4
Promedio de piñas/árbol	0,06	0,20

(*): N° total de progenies presentes en el ensayo, 35 (**): N° total de árboles presentes en el ensayo, 902

A los 5 años el 77,1% de las progenies ha empezado con las primeras producciones, el 5,2% de los árboles del ensayo han producido piñas, y el promedio de piñas por árbol considerando todos los árboles del ensayo fue 0,06 piñas/árbol. A los 5,8 años sólo una progenie no ha producido al menos un cono (N° 11) y aumenta el número de árboles en producción a 18,4% del total.

Las correlaciones (R^2) existentes, tanto entre diámetro de copa y número de piñas como estimador de volumen y número de piñas, son positivas, pero muy bajas, tanto a nivel de árboles individuales (Figura 8 Anexo 1) como a nivel de progenie (Figura 9 Anexo 1), sin superar el valor para $R^2=0,17$ en todos los casos. Se debe considerar que los árboles son muy jóvenes aún y en relación al total de árboles evaluados los que han comenzado a producir son muy pocos.



Entre volumen con las variables número de piñas totales y promedio por progenie se presentan las correlaciones más altas, aunque sin ser significativas. El diámetro de copa promedio de las progenies, en las edades evaluadas, no explica la producción total de piñas por progenie ni tampoco el promedio de piñas por progenie.

Será preciso validar posteriormente si los árboles más gruesos y con copas de mayor tamaño son efectivamente los mejores productores de frutos, como señalado por Mutke *et al.* (2003a), quienes encontraron correlaciones significativas al considerar estas variables, las que incluso explican mejor la mayor producción de frutos que el efecto del clon. Por ello recomiendan que el análisis de producción absoluta por árbol considere la competencia y el tamaño del árbol para evitar sesgos en los resultados.

ASPECTOS SANITARIOS

Marlene González G.

La acción de agentes dañinos en formaciones forestales tiene características de un “incendio sin humo”, ya que provoca pérdidas que, en muchos casos, sólo se observan al momento de la cosecha de sus productos (De Ferari y Ramírez, 1998). Es por ello que la protección sanitaria forestal, particularmente el conocimiento sobre los agentes de daño adquiere gran importancia, precisamente como una medida para enfrentar las presiones negativas de dichos agentes sobre el bosque, cuya acción altera el equilibrio natural entre sus componentes. Otro punto importante es el trabajo conjunto y la aplicación de medidas en coordinación con vecinos (predios, comunas, países), ya que las plagas y enfermedades no limitan su avance por barreras administrativas.

El combate de las plagas y enfermedades requiere entonces, como principio básico, conocimiento especializado en la biología de los agentes dañinos, la relación de estos agentes con el bosque y su ecosistema, los métodos de evaluación de sus poblaciones, la sintomatología y las pérdidas económicas, que son la base para el establecimiento de estrategias y tácticas de control (López *et al.*, 2000; De Ferari y Ramírez, 1998).

A nivel global, actualmente los métodos de control se concentran en métodos biológicos, por su elevada eficiencia y en la mayoría de los casos especificidad, por sobre tratamientos químicos, siendo estos últimos utilizados durante primeras etapas, pero se evita su aplicación en periodos largos de tiempo, y como alternativa durante la fase de adaptación que requieren potenciales antagonistas que pudieran actuar como controladores naturales, frente a la introducción de un agente de daño exótico.

Estos distintos agentes que pueden intervenir sobre el funcionamiento normal de un árbol, pueden ser clasificados según su naturaleza en bióticos y abióticos (Parra *et al.*, 1999). Los bióticos corresponden a todos los demás organismos que forman parte de una comunidad vegetal: Animales, hongos, bacterias y otros microorganismos, que interactúan y compiten entre sí, pudiendo ser positivos, negativos o neutros.

Los factores químico-físicos del ambiente son llamados factores abióticos: precipitación y temperatura; tipo, pH, y profundidad del suelo, y disponibilidad de nutrientes esenciales; viento, fuego, salinidad, luz, longitud del día. Están siempre presentes, pero en diferentes intensidades, e interactúan generando condiciones ambientales diferentes.

Los agentes bióticos externos son los de mayor riesgo, ya que cuando se introducen a nuevas áreas, lo hacen sin sus controladores biológicos naturales, lo que les permite alcanzar un alto nivel poblacional generando pérdidas significativas (Parra *et al.*, 1999).

Pino piñonero es uno de los árboles más característicos de la flora mediterránea, debido principalmente a su uso histórico como árbol de sombra y productor de piñones comestibles (Gordo, 1999), por lo que es importante conocer los agentes de daño que lo afectan, y sobre todo impactan la producción de piñones, principal producto comercial.

Dado que el aprovechamiento de la especie se centra en la producción del piñón, factores como la calidad del fuste son de importancia secundaria. A pesar de ello la vitalidad y vigor de los árboles son de gran importancia ya que afectan el crecimiento o supervivencia de los individuos (López *et al.*, 2000), disminuyen la producción de piña y acortan la vida útil de los árboles dañados (Yagüe, 1994).

Por ejemplo, estudios realizados por Benassai *et al.* (2009) demostraron que la disminución en la producción de piñas en la Toscana está determinada por múltiples causas, pero que su incidencia varía con las condiciones climáticas que se producen en diversos contextos: En áreas del norte, más húmedas, prevalece el ataque del hongo patógeno *Diplodia pinea*, al contrario de lo que ocurre en zonas más sureñas y por lo tanto más calurosas, donde es más común encontrar daños provocados por insectos (*Dioryctria* spp., *Pissodes validirostris*, *Ernobius impressithorax*, *Leptoglossus occidentalis*). En España por su parte, un promedio de 17% del total de piña recogida durante el período 1993-2011, presenta síntomas de ataque de algún insecto (principalmente *Pissodes* y *Dioryctria*), con valores extremos de 80% el año 2005 y bajo 5% el año 2007 (Domínguez, 2011). En Túnez, se ha observado piñas dañadas por *Dioryctria mendacella*, *Pissodes validirostris* y *Ernobius* sp (Boutheina *et al.*, 2011).

Según Trap (1993), en Australia a esa fecha no se había detectado ningún problema sanitario que afectara *Pinus pinea*, y cuando algún árbol sufre un daño físico, rápidamente genera nuevos brotes. Lo mismo ocurre en Argentina, según Loewe (2011b).

Agentes Bióticos

Plagas

Una plaga es toda alteración de un cultivo producida por organismos del reino animal como vertebrados, nemátodos y sobre todo insectos, que producen daños y pérdidas apreciables de producción y calidad y que por lo general, son de fácil identificación y tratamiento (IES La Granja, s/f).

Existen registros de varios insectos que afectan a la especie en su zona de distribución natural. En España las plagas habituales son la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) y la polilla del brote (*Rhyacionia buoliana*), ambas endémicas pero no graves, excepto en sitios marginales, además de los dos perforadores de piña *Pissodes validirostris* y *Dioryctria mendacella* (Mutke 2009, com. personal). En Italia, Tiberi (2011a) identificó varios insectos dañinos, separándolos de acuerdo a si dañan la planta (*Cinara acutirostris*, *Leucaspis pusilla*, *Thaumetopoea pityocampa*, *Rhyacionia buoliana*, *Dioryctria sylvestrella*, *Pissodes castaneus*, *Ips sexdentatus*, *Tomicus destruens*) o dañan la fructificación, en este caso diferenciando entre especies nativas (*Dioryctria mendacella*, *Dioryctria pinea* y *Pissodes validirostris*) y exóticas (*Ernobius impressitorax* y *Leptoglossus occidentalis*) (Figura 34).

A continuación se entregan antecedentes de los insectos más importantes, clasificados de acuerdo a la zona del árbol que afectan:

- Sobre el Follaje

- Procesionaria del Pino (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff) (*Lep. Thaumetopoeidae*)

Afecta especies del género *Pinus* y en menor medida otras coníferas (Vacante *et al.*, 2009). En Italia actúa defoliando *Pinus pinaster*, *P. sylvestris*, *P. pinea* y *P. nigra* (Bertucci, 1983); en España produce defoliación del arbolado, aunque piñonero es de los menos afectados (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009). Sin embargo, un estudio del año 2009, realizado por Greenpeace sobre las evidencias del cambio climático en España y su efecto sobre la distribución de las plagas forestales en dicho país, destaca que la procesionaria incrementará su área de acción, ya que podrá sobrevivir a mayor altitud ante inviernos más benignos, habiéndose encontrado bolsones de larvas de esta especie hasta 2.000 msnm, teniendo como referencia que su desarrollo se registraba entre los 800 y 1.600 msnm (Martínez, 2009), lo que es aplicable a toda su área de distribución.



Figura 34. Cambio de coloración en piñas dañadas

La sintomatología de este defoliador se caracteriza por la presencia de acículas cortadas, secas o con acumulación de excrementos finos de las larvas en la base, para finalmente caer. Cuando el ataque es demasiado intenso puede retrasar el crecimiento y disminuir el vigor, permitiendo la acción de otras plagas o causando la muerte, especialmente en árboles jóvenes (Costa y Evaristo, 2008).

Este lepidóptero completa una generación por año y la hembra deposita grupos de huevos en la base de las acículas. Sus larvas tienen un comportamiento gregario y completan 5 estadios (Costa y Evaristo, 2008), formando colonias que se alimentan de las acículas próximas y cambian de rama en busca de alimento, siendo posible observar los nidos o bolsones de seda que usan como protección (Figura 35) (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009). Al final del invierno, las larvas descienden en procesión de los árboles (de ahí su nombre) para enterrarse en el suelo, donde completan su desarrollo (Bourgery y Castaner, 1998; Costa y Evaristo, 2008). Poseen dardos o pelos urticantes desde el tercer estadio larval (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009), que tienen efectos muy nocivos para el hombre, ya que el contacto irrita la piel y ojos (dermatitis, conjuntivitis, rinitis, reacciones alérgicas cutáneas) (Sidoti y De Luca, 2009) (Figura 36).

Figura 35. Nido de Procesionaria (*Thaumatopea pityocampa*)Figura 36. Larvas de Procesionaria (*Thaumatopea pityocampa*)

Los resultados del proyecto META, respecto al estado sanitario de los bosques de la Toscana, Italia, indican una reducción del ataque de este insecto en las Provincias de Arezzo, Grosseto, Pisa, Siena y Lucca, a diferencia de lo observado en la Provincia de Massa, único lugar donde aumentó respecto al año anterior (Russo y Guidotti, 2009). Esto también podría explicarse por la acción del complejo parasitoide de huevos formado por *Ooencyrtus pityocampae* y *Baryscapus servadeii* (Tiberi, 2011a). Un antecedente interesante informado por Martínez-Zurimendi *et al.* (2009) es que la colecta mecanizada afectaría negativamente la supervivencia de las larvas, ya que la vibración bota muchas; una parte muere si la caída coincide con bajas temperaturas, por lo que, además de disminuir la importancia del ataque, facilita la colecta de piñas desde árboles infestados, disminuyendo el contacto de trabajadores con las larvas urticantes.

En Portugal por su parte, un estudio realizado por Arnaldo y Torres (2005), orientado a determinar qué parasitoides forman parte del complejo controlador de la procesionaria en ese país, encontró que las especies presentes eran *Baryscapus servadeii*, *Trichogramma embryophagum* y *Ooencyrtus pityocampae*, siendo este último el más frecuente en *Pinus pinea*.

Entre otros enemigos naturales para cada estadio de desarrollo, destaca *Formica rufa*, hormiga típica de las tierras bajas europeas, que depreda estas larvas en bosques infectados (Bertucci, 1983).

Los métodos de control de esta plaga incluyen la aplicación de químicos (diflubenzurao o tebufenozida) destinados a eliminar las larvas, lo que también se logra con bioinsecticida en base a *Bacillus thuringiensis* (Costa y Evaristo, 2008). Ya en 1983, Bertucci determinó la efectividad de controlar su acción con la aplicación de preparaciones que contienen *Bacillus thuringiensis*, demostrando que es más efectivo y ambientalmente preferible que la aplicación de tratamientos químicos. Su aplicación puede realizarse cuando descienden, pudiendo también recogerse manualmente, teniendo la precaución de no golpearlas para no liberar los pelos urticantes que las cubren. Los nidos pueden eliminarse manualmente, de preferencia en días fríos para asegurar que las larvas se encuentren en su interior, y luego quemarlos o inyectarles insecticida. También se pueden colocar trampas de



feromonas (Figura 37) que atraen machos adultos (1-3 trampas/ha), lo que reduciría la población al alterar el proceso reproductivo de la especie (Costa y Evaristo, 2008).



Figura 37. Trampas de feromonas para atraer machos adultos de Procesionaria (*Thaumatopea pityocampa*)

En España también han probado prevenir su ataque aplicando insecticidas mediante fumigación aérea, pero los resultados no han sido efectivos cuando se ha aplicado en el momento que los brotes de la temporada ya se han manifestado (Cayuela *et al.*, 2011).

Por su parte, en Italia se ha probado la aplicación de “metomil” inyectable en el tronco, contenido en formulaciones autorizadas, como alternativa a la colecta manual de los nidos, ya que este método requiere de mucha mano de obra no siempre disponible en el momento adecuado, por lo que es de alto costo, y además es efectiva sólo en fases larvales de maduración avanzada (Sidoti y De Luca, 2009).

En algunos casos particulares, como en el Parque Migliarino-San Rossore, en Italia, una de las exigencias en la licitación de las piñas en que quien se adjudica la producción de piñones, se compromete a destruir todos los nidos de procesionaria, y en caso de no cumplirse se aplica una multa de €10.000/nido no recogido o destruido (PRMSM, s/f).

- Áfido Lanudo de los Pinos (*Pineus pini* Maquart)

Áfido que ha provocado daños en pinares de Portugal, y cuyos ataques parecen estar asociados con años de sequía o condiciones ambientales desfavorables. Se reconoce porque decolora las acículas, pudiendo provocar deformación, secado y muerte

de brotes tiernos y producción de exudado pegajoso, que facilita la colonización y acción de hongos. Es también posible observar aglomeraciones densas de color blanco sobre la corteza o ramas que corresponden a colonias de individuos de la especie.

Su control se realiza principalmente por medio de enemigos naturales (control biológico) y en caso que el ataque sea demasiado severo, se recurre a cortas sanitarias en poblaciones jóvenes (Costa y Evaristo, 2008).

- Acantholida (*Acantholyda hieroglyphica* Christ.)

Esta especie de la familia Pamphilidae (Hymenoptera), afecta especies del género *Pinus*, provocando defoliación severa producto de la alimentación de las larvas. Los síntomas en los individuos atacados son muy claros, ya que además de observarse la defoliación, la larva va dejando los excrementos pegados a los hilillos de seda que segrega, formando una especie de camino por donde va pasando. Las acículas no son devoradas totalmente, sino que normalmente, incluso en los árboles más atacados, las larvas respetan aproximadamente 1 cm desde la base de la misma (Junta de Andalucía, s/f).

Hay dimorfismo sexual, lo que permite diferenciar a simple vista los machos de las hembras, siendo estas de mayor tamaño (Toimil y Acosta, 1995). La longitud del cuerpo de la hembra es de 15-16 mm, su cabeza, tórax, extremo del abdomen y fémures son de color negro y el resto del cuerpo de color amarillo, por lo que se confunde a simple vista con una avispa (Junta de Andalucía, s/f).

La postura por lo general se realiza en los brotes del año, aunque a veces se observan en acículas del año anterior (Toimil y Acosta, 1995). Los huevos se pegan sobre las acículas y cuando nacen las larvas, se ubican en general en el último verticilo de la rama o en la guía terminal, protegiéndose con una tela de hilos sedosos que segregan continuamente, de la cual salen solo para alimentarse (Junta de Andalucía, s/f). Las larvas tienen seis estadios y a medida que se desarrollan adquieren mayor movilidad, pasando de una rama a otra (Toimil y Acosta, 1995), pudiendo defoliar completamente un pino en pocos días ya que son muy voraces. La pupación tiene lugar 10-15 cm bajo tierra (Junta de Andalucía, s/f). Presenta una generación al año (Toimil y Acosta, 1995), sin embargo, la diapausa¹² puede ser de hasta 5-8 años, lo que dificulta las acciones de control (Junta de Andalucía, s/f).

En Andalucía se ha observado sobre *Pinus pinea*, afectando con más virulencia árboles de menor tamaño. En bosques adultos también se observan daños, pero la defoliación raramente llega a ser total (Junta de Andalucía, s/f). Toimil y Acosta (1995) también indican que las repoblaciones jóvenes son las más afectadas, sufriendo defoliaciones graves e incluso totales, a diferencia de los árboles adultos donde, a pesar de mostrar síntomas de su presencia, el daño es prácticamente nulo.

También se han localizado daños por este insecto en plantaciones en Madrid, Huelva y Segovia; en Huelva, se han reportado ataques de diversa intensidad en el Parque Natural Entorno de Doñana, durante varias temporadas (Toimil y Acosta, 1995). También se han descrito daños sobre esta especie en Polonia (Junta de Andalucía, s/f).

Los métodos de control no están contrastados, ya que los daños que causa no suelen ser muy intensos y los tratamientos no son frecuentes, además que la diapausa obliga a hacerles seguimiento por varios años, lo que encarece estas actividades (Junta de Andalucía, s/f). Sin embargo, en algunos árboles muestreados en Huelva, no se encontró prepupas ni pupas, lo que posiblemente se debe a la depredación llevada a cabo por culebrillas ciegas (*Blanus cinereus*) presentes en los mismos árboles (Toimil y Acosta, 1995).

¹² Estado fisiológico de inactividad, inducida y finalizada por estímulos específicos. Usado por insectos para sobrevivir a condiciones ambientales desfavorables y predecibles, como temperaturas extremas, sequía o falta de alimento.



- Sobre el Fuste

• *Tomicus* spp.

El ataque de especies de este género (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) se reconoce fácilmente por los nódulos (manchas blancas) sobre la corteza, que corresponden a resina que el árbol produce donde la hembra ha puesto los huevos, siendo fácil ver el orificio de entrada al fuste (Loewe y González, 2012) (Figura 38); posteriormente es posible observar el aserrín fino provocado por las larvas al alimentarse. Una vez colonizado el hospedero, la hembra construye una galería vertical bajo la corteza, a lo largo de la cual realiza la postura (Figura 39) (Costa y Evaristo, 2008).



Figura 38. Daños en fuste producidos por *Tomicus* sp.

Se reproduce en los brotes, reduciendo el vigor de las plantas, por lo que al año siguiente se encuentran débiles y por ende susceptibles también a otros ataques. En Italia se encuentran efectos del daño de *Tomicus* spp., entre otros problemas sanitarios, pero se consideran de baja importancia, aunque antes afectaba solo a los árboles dañados por rayos y 3-4 más de su alrededor, en núcleos, y actualmente debido a otros ataques y a la reducción del manejo ha aumentado su presencia (Loewe y González, 2012).

Los adultos de *Tomicus* son atraídos por sustancias volátiles emitidas por árboles recién cortados o secos, los que el insecto coloniza (Faccoli *et al.*, 2005).

Los adultos inmaduros de este género son altamente selectivos de pinos debilitados, detectando precozmente árboles más débiles por efecto de la cosecha mecanizada, de hecho entre 2,4 y 8,7% de ellos son utilizados para su alimentación, por lo que los tratamientos silvícolas aplicados y el control de la población de este escolítido deben ser factores a considerar en poblaciones sometidas a cosecha mecanizada (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).



Figura 39. Galería larval de *Tomicus* sp.

En Portugal existen dos especies morfológicamente parecidas, *Tomicus piniperda* y *T. destruens*, con grandes diferencias genéticas y ciclos de vida también estructurados de manera distinta. Ambos pueden dañar la zona subcortical del tronco y ramas, provocando el secamiento de los brotes y la muerte del árbol atacado (Costa y Evaristo, 2008).

Tomicus piniperda L. (Col. Scolitidae) es especie secundaria sobre *P. pinea*, con marcada preferencia por árboles muertos o debilitados; solamente en altas densidades puede llegar a colonizar árboles sanos. Las hembras detectan árboles debilitados donde oviponen, y los adultos inmaduros se alimentan de los brotes haciendo un orificio de entrada y ascendiendo luego por el eje del fuste (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).

Según Faccoli (2007), *Tomicus destruens* (Wollaston) es una de las principales plagas en bosques mediterráneos, afectando varios pinos, entre ellos *Pinus pinea*; por efecto del cambio climático podría llegar a desarrollarse a mayor altitud, atacando otras especies. Un ejemplo de manejo de esta plaga es el realizado en el Parque de la Maremma, en Italia, donde se considera la corta de árboles o rodales enfermos, y la observación permanente para mantenerlos sanos y poder aprovechar la producción de piñones si se produjese un nuevo foco de ataque (Loewe y González, 2012).

En Portugal, las medidas de control incluyen la corta de árboles que presenten síntomas de ataque en ramas, e inmediata destrucción del material leñoso, para eliminar estados inmaduros que se encuentran dentro de él. También es efectivo el uso de trampas como cebo, utilizando para ello tres trozas recién cortadas, de 50 cm de largo y diámetros entre 15 y 20 cm, las que deben ser sustituidas cada 15 días y destruidas, o al menos descortezadas (Costa y Evaristo, 2008).

Peverieri *et al.* (2006) destacan además la asociación que existe entre *Tomicus destruens* y hongos del género *Leptographium*. Un estudio realizado en la zona central de Italia (Toscana), en *Pinus pinea* y *P. pinaster*, encontró presencia en el 18% de las galerías del escolítido, 35% de insectos emergidos y 18% de insectos inmaduros, siendo las especies más frecuentes *Leptographium wingfieldii* y *L. lundbergii*, además de *L. guttulatum* y *L. serpens*, también encontradas, pero en menor proporción.

También en Italia, asociada a galerías de *Tomicus destruens* en árboles de *Pinus pinea* atacados, se determinó por primera vez la presencia del ácaro *Cercoleipus coelonotus* (Acari, Cercomegistidae), generalmente asociado a otros escarabajos (Peverieri y Francardi, 2010).



- Sobre los Brotes

• Polilla del Brote del Pino (*Rhyacionia buoliana*)

Esta polilla del brote del pino (*Lepidoptera, Tortricidae*) perfora yemas y brotes (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009), provocando daño en brotes terminales, originando curvaturas del fuste visibles varios años más tarde (Costa y Evaristo, 2008). Se reconoce porque la larva pasa el invierno al interior de la yema y produce una resinación que la delata, dañando la guía principal y causando bifurcaciones (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009). Es también evidente el amarillamiento de acículas de brotes atacados (Costa y Evaristo, 2008).

La hembra deposita los huevos en la base de los brotes del año y las larvas nacidas se alimentan de las acículas hasta el otoño, momento en que penetran el brote y permanecen en hibernación (Costa y Evaristo, 2008).

Puede constituirse en plaga en zonas pobres y con estrés hídrico; se considera que daña principalmente a pinos en fases juveniles, comprometiendo incluso la supervivencia de las plantas en zonas menos favorables. Por el contrario, en zonas de mejor calidad los árboles atacados prosperan a pesar de ser atacados, pero puede retrasar su crecimiento, e incluso en ataques mayores dar lugar a árboles achaparrados (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).

Tiene importancia comercial ya que, al destruir las yemas del año, impide la formación de brotes potencialmente portadores de estróbilos femeninos, llegando a ser nula la floración (Gordo *et al.*, 1999), lo que en caso del pino piñonero es de mucha importancia, ya que los brotes afectados no producen piñas (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).

En Portugal se controla colectando y destruyendo los brotes atacados, y en caso de ataques severos, utilizando trampas de feromonas (Costa y Evaristo, 2008).

- Sobre los Frutos

• Oruga de las Piñas (*Doryctria mendacella* Staudinger)

Es indicada como plaga de importancia en *Pinus pinea* (Romanyk y Bachiller, s/f). Las larvas de esta especie pueden afectar entre el 10 y más del 90% de la cosecha de piñas, mermando su valor comercial (Gordo, 1999).

Se alimenta casi exclusivamente en las zonas superficiales de la piña sin penetrar hacia el raquis. Si no son muchas las larvas que viven en la misma piña, esta prosigue su desarrollo y llega a adquirir su tamaño normal pudiendo ser aprovechada, al menos la parte no afectada. No hay flujo de resina cuando se produce el ataque, lo que es un factor diferenciador frente al ataque de otros agentes, pero se caracteriza por la presencia de manchas exteriores de color café en la zona dañada (Romanyk y Bachiller, s/f), que destacan sobre el color verde de la piña (Figura 40).

La oruga tiene entre 18 y 22 mm de longitud y presenta por su parte dorsal una coloración castaña clara con franjas transversales de color verdoso ceroso. Realiza galerías irregulares en el interior de las piñas de pinos, con abundantes excrementos (en forma de aserrín rojizo) mezcladas con hilos sedosos (CIDAM, 2012).



Figura 40. Daños en piña producidos por *Doryctria mendacella*

En Portugal presenta dos generaciones sobrepuestas por año, una con un desarrollo más lento; no aplican métodos de control, excepto la precaución de eliminar las piñas atacadas de manera de evitar la emergencia de nuevos adultos (Costa y Evaristo, 2008).

El 2002 en Italia central se reconocía el daño de cuatro insectos sobre órganos reproductivos (piñas y semillas) de *Pinus pinea*; Innocenti y Tiberi (2002) indican a *D. mendacella* como la especie más dañina, encontrando un 80% de piñas atacadas. Se recomienda que todas las piñas dañadas sean recogidas y quemadas de inmediato, ya que en esta época es precisamente cuando las larvas se encuentran dentro de la piña y pueden ser eliminadas, evitando la expansión de la plaga (IES La Granja, s/f).

• Gorgojo de las Piñas (*Pissodes validirostris* Gyll.)

Junto a *Doryctria mendacella*, es indicado como plaga de importancia en *Pinus pinea*. Su daño es más profundo y al ser afectado el raquis de la piña, esta aborta, detiene su crecimiento y acaba por secarse (Romanyk y Bachiller, s/f).

Se encuentra distribuido por todas las provincias de España que tienen pino piñonero, especie mayormente afectada por este coleóptero (IES La Granja, s/f). Es un insecto muy difícil de localizar en terreno por su color idéntico al de la corteza, lo que le permite pasar inadvertido al observador. Los adultos se alimentan, primeramente, en las ramillas terminales comiendo corteza, y luego, en las piñas de tres años. En ambos casos el daño consiste en pequeños orificios que el insecto perfora con su trompa (Figura 41). Casi inmediatamente después de observarse las primeras picaduras de alimentación aparecen las primeras puestas dentro de orificios idénticos a los de alimentación, pero taponeados (Figura 42).

Figura 41. Daños en piña producidos por *Pissodes validirostris*Figura 42. Orificios de alimentación y puesta de huevos producidos por *Pissodes validirostris*

Una vez que nacen las larvas, 10-15 días después de la postura, comienzan a alimentarse dentro de la piña penetrando en su interior, lo que exteriormente y cuando el daño es más avanzado, se manifiesta a través de exudación de resina; cuanto más avanzado el ataque, más cantidad de resina fluye, y finalmente se secan (IES La Granja, s/f). Ruiz (2011) indica que provoca importantes pérdidas en la producción de piñones, pudiendo llegar a causar la pérdida completa de la piña si alcanza el raquis.

Su control químico es factible sólo en estado adulto, cuando es más vulnerable, ya que larvas, pupas y huevos, por encontrarse dentro de la piña, están protegidos contra la acción de insecticidas.

Es posible su control químico en primavera, aunque es problemático, ya que debe hacerse durante la época de vuelo exacta del adulto y no es compatible con la producción de piñón “ecológico” (Mutke, 2009).

En Portugal no se aplican métodos de control, excepto la precaución de eliminar las piñas atacadas para evitar la emergencia de nuevos adultos (Costa y Evaristo, 2008).

- Chinche Americano del Pino (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann)

Hemíptero de la familia Coreidae, originario del oeste de EE.UU., desde donde se expandió posteriormente al este de EE.UU., Canadá y México (Sánchez-Peña, 2011; Domínguez, 2011), presumiblemente asociado al comercio (Jacobs, 2010).

Fue descrito por primera vez en California el año 1910 (Roversi *et al.*, 2011a; Sánchez-Peña, 2011; Salvadori, 2004). Consume las semillas de varias especies de coníferas y su daño tiene como resultado una pérdida sustancial en la producción de semillas y, por lo tanto, un impacto económico directo en calidad y cantidad de semillas producidas (Jacobs, 2010). Entre las especies afectadas se encuentran *Pinus* spp (incluido *Pinus pinea*), *Picea* spp, *Pseudotsuga* spp., *Tsuga* spp (Jacobs, 2010; Roversi *et al.*, 2011a; Maltese *et al.*, 2011a; Forest Genetics Council British Columbia, s/f), causando pérdidas de productividad de 40-50% y reducción de la germinación de hasta 80% (Salvadori, 2004).

En Norteamérica es considerada una seria plaga en bosques de coníferas, y luego de su introducción casual a Italia, se ha expandido a otros países europeos. En Canadá, afecta las semillas de *Pinus contorta* y *P. monticola*, con pérdidas de hasta 75%; en México por su parte, afecta la producción de semillas de *P. cembroides*, alcanzando tasas cercanas al 30% (Sabbatini *et al.*, 2012). En un estudio desarrollado por Maltese y Caleca (2011) en Italia se determinó la preferencia de los estados juveniles de este insecto de alimentarse de piñas de *Pinus pinea* (Figura 43) por sobre las de otras especies (*P. halepensis* y *Pseudotsuga menziesii*), lo que la haría más susceptible a su ataque.

Fue detectado por primera vez en Europa, en Italia en las regiones de Lombardía y Véneto, desde donde se distribuyó rápidamente hacia los bosques de montaña y costa a lo largo de la península y a sus islas adyacentes (Sicilia y Cerdeña) (Roversi *et al.*, 2011a), desde donde se diseminó a toda Europa (Sabbatini *et al.*, 2012), demostrando su capacidad de afectar a varias especies de *Pinus*, tanto en climas mediterráneos como continentales (Roversi *et al.*, 2011b), y un comportamiento claramente invasor, considerándose un indicador de aclimatación del insecto (Domínguez, 2011).

Figura 43. Daños en piñas producidos por *Leptoglossus occidentalis*

El histórico de detecciones en Europa es el siguiente: 1999 Italia, 2002 Suiza, 2003 España y Eslovenia, 2004 Croacia y Hungría, 2005 Austria, 2006 Alemania, Francia, Serbia y República Checa, 2007 Inglaterra, Bélgica y Eslovaquia, 2008 Montenegro y Polonia (Sánchez-Peña, 2011). El 2008 se realizó también una detección en Japón (Ishikawa y Kikuhara, 2009; Sánchez-Peña, 2011; Domínguez, 2011). El 2009 en Estambul, Turquía, fue reportado por primera, afectando *P. nigra* y *P. pinea* (Arslangündogdu y Hizal, 2010).

Como se ha indicado, este insecto se alimenta del endosperma de los piñones, tanto en piñas maduras como en desarrollo, dañando las semillas, las que abortan o muestran merma en su desarrollo (Sánchez-Peña, 2011). El daño que provoca depende del grado de madurez de la piña atacada; en piñas de una temporada se produce aborto (Figura 44), en las de dos años ocasiona necrosis del piñón y en menor grado aborto de la piña, y en piñas maduras causa necrosis progresiva en los piñones, llegando a una incidencia de daño en las piñas de un 75% (Tiberi, 2011b) (Figura 45). El contenido de las semillas es disuelto por las enzimas salivales del insecto y, cuando el daño se produce en estados avanzados de desarrollo del cono, solo se puede visualizar con la disección o por rayos X (Forest Genetics Council British Columbia, s/f).

Desde que se introdujo en Italia, la producción de piñones ha decrecido rápidamente, no sólo en Italia sino que en toda Europa; en la Toscana, su acción ha ocasionado una disminución creciente, pasando de una producción anual de 80.000 toneladas de piñas el año 1995 hasta llegar a cerca de 6.000 toneladas de piña el 2007 (Benassai *et al.*, 2009), lo que ha tenido un drástico efecto sobre la producción italiana del piñón (Niccoli *et al.*, 2009). Un estudio realizado el año 2005 en el Parque Migliarino-San Rossore, mostró que las piñas inmaduras abortan frente al ataque de *Leptoglossus occidentalis*, llegando a tasas de aborto de 60% para piñas de



una temporada y hasta 80% en las de dos años (Roversi *et al.*, 2011a; Benelli *et al.*, 2011), por lo que este insecto se ha vuelto uno de los más temidos en los pinares italianos (Bracalini *et al.*, 2011).



Figura 44. Piñas de un año abortadas por ataque de *Leptoglossus occidentalis*



Figura 45. Daños producidos por *Leptoglossus occidentalis*

En España se localizó por vez primera en Barcelona el 2003 (Domínguez, 2011); los rendimientos el 2009 alcanzaron 1,4-1,8% (14 a 18 Kg de piñón blanco/tonelada de piña), y el 2010 bajaron a 0,7-1,1%, a lo que se suma un 40% de piñones vanos, lo que es un signo que la plaga se estableció, habiéndose confirmado detecciones posteriores también en Madrid y Cataluña. En particular en Cataluña ha disminuido el rendimiento junto a la reducción de la producción de piñas; en un año normal la producción alcanzaba 8-12 millones de Kg de piñas, y hoy no supera 800 toneladas, a lo que se suma una pérdida de rendimiento desde 3,5-4% a menos del 2%, lo que incluso ha condicionado la operatividad de plantas procesadoras de mayor volumen (Loewe y González, 2012). En Portugal el 2010 se registró oficialmente su presencia (Calado, 2011); probablemente el contagio se debió al envío de piñas infectadas desde Italia para valorizar una materia prima de reducido valor (Loewe y González, 2012), situación ya reportada por Folcrá (2000).

La puesta la realiza la hembra a lo largo de una acícula, formando una fila continua de 4-8 huevos, cada uno de 2 mm de largo y solo 1 mm de ancho, los que eclosionan después de 10-14 días de la postura. Luego pasa por cinco estados ninfales hasta transformarse en adulto. Es una especie de difícil observación, salvo cuando empieza a buscar refugio para hibernar en cortezas de árboles, nidos de aves y roedores, e incluso viviendas, causando alarma entre la población dado el gran número de ejemplares observados, aun cuando no causa lesiones al ser humano (Domínguez, 2011).

Los adultos miden 3/4 de pulgada de largo y son de color marrón sobre la parte superior (Figura 46). El lado superior (dorsal) del abdomen es amarillo o naranja claro con cinco parches negros transversales. Las ninfas jóvenes son de color naranja y llegan a ser marrón rojizo después que mudan la piel varias veces (Jacobs, 2010).



Figura 46. Ejemplar adulto de *Leptoglossus occidentalis*

Es un insecto polífago, es decir, que se alimenta de varios huéspedes, en este caso puede completar 1 a 3 generaciones por año, dependiendo de las condiciones ambientales (Sabbatini *et al.*, 2012). Maltese y Caleca (2011) indican que completa una sola generación en su área de origen, pero que en Italia se le han atribuido de 2 a 3 generaciones por año; en Sicilia no serían más de 2 generaciones por año. En Canadá se desarrolla solo una generación por año (Forest Genetics Council British Columbia, s/f).

No obstante lo anterior, hasta noviembre del 2011 ningún organismo internacional había incluido esta especie en los listados de riesgo para organismos de peligrosidad (Domínguez, 2011). Ante esta situación el Ministerio de Agricultura italiano, junto con la Food and Forestry Policies (PAIS) activaron un estudio para determinar la biología del insecto en el ambiente mediterráneo y con ello definir la estrategia de control (Roversi *et al.*, 2011a). Además, en Italia la producción de piñones de *P. pinea* se localiza principalmente en reservas, parques y otras áreas naturales, donde el control químico de plagas no está permitido dado su efecto negativo sobre la población, el ambiente y los mismos piñones por su uso alimentario (Sabbatini *et al.*, 2012).

A partir de ello comenzó el Proyecto Nacional "Pinitaly: The restart of pine nuts production in Italy by new pest control strategies", que comenzó a operar el 2009 con el objetivo de determinar una especie parasitoide para los huevos de *L. occidentalis* e introducirlo a Italia desde su área nativa, reproducirlo en laboratorio y liberarlo posteriormente para evaluar su efectividad en terreno, y su impacto ambiental y sobre la producción de piñones (Roversi *et al.*, 2011b). Con este proyecto el estado buscó establecer un sistema de defensa fitosanitaria de bajo impacto ambiental para su control (Dapporto *et al.*, 2009).

En su condición natural se han determinado varios parasitoides de huevos que actúan en forma conjunta, que incluyen las especies *Anastatus pearsalli*, *Ooencyrtus johnsoni*, dos especies del género *Anastatus* y otra del género *Ooencyrtus*, además de *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead) (*Hymenoptera*, *Platygastridae*) que actúa parasitando huevos de varias especies del género *Leptoglossus* (Sabbatini *et al.*, 2012). Se determinó entonces que esta última especie, ampliamente distribuida en las regiones sur y medio este de EE.UU., tenía el mayor potencial de uso en un programa de control biológico. Entonces, con la autorización del Ministerio y del Servicio Regional Fitosanitario de Toscana, se colectó este parasitoide en British Columbia (Canadá) y se introdujo al laboratorio del CRA-ABP, Florencia (Roversi *et al.*, 2011a; Roversi *et al.*, 2011b), donde se empezó a criar en condiciones controladas (Maltese *et al.*, 2011b; Sabbatini *et al.*, 2012). Los primeros estudios en laboratorio observaron altas tasas reproductivas, supervivencia y mantención del potencial reproductivo por largos períodos, demostrando tener un alto potencial para el control biológico de *Leptoglossus occidentalis* en Europa (Sabbatini *et al.*, 2012).

La lentitud en la introducción de controladores biológicos se debió a dificultades administrativas, ya que la mayor parte de los bosques de la especie se encuentran dentro o cerca de parques protegidos, donde no está permitida la introducción de especies foráneas (Loewe y González, 2012).

Por ahora en Italia existen parasitoides nativos de huevos, destacando la acción de *Anastatus bifasciatus* (Geoffroy) (Niccoli *et al.*, 2009), pero en bajas tasas (Sabbatini *et al.*, 2012). Bracalini *et al.* (2011) indican que un 13% de los huevos de *L. occidentalis* parasitados se debe a la acción de este controlador natural (Sabbatini *et al.*, 2012).

Roversi *et al.* (2011b) identificaron también en Italia dentro del complejo de controladores naturales a *Ooencyrtus pityocampae* y *Baryscapus* (= *Tetrastichus*) *servadeii*. En España se ha observado que el parásito de huevos de la procesionaria *Ooencyrtus pityocampae*, también actúa sobre los huevos de *L. occidentalis* (Domínguez, 2011). Según Maltese *et al.* (2011a), en EE.UU. y Canadá es común ver como agente controlador biológico además a *Trichoderma pennipes* (*Diptera*, *Tachinidae*).

En ensayos de laboratorio realizados por Rumine y Barzanti (2008) en Italia, también se logró controlar esta especie sobre *Pinus nigra*, utilizando el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, que se aplicó por aspersión sobre ramas y adultos de *L. occidentalis*; sin embargo aún faltan investigaciones para demostrar su efectividad en terreno.

Tiberi (2011b) comunica la ineffectividad de los métodos de control basados en atraer o repeler *L. occidentalis* y la imposibilidad de usar insecticidas, por lo que el uso de controladores biológicos es la única posibilidad efectiva de aplicación en Italia.



- Otros Insectos

Otros insectos, de menor impacto, también atacan la especie. En 2001 un severo ataque de *Paleococcus fuscipennis* (Homoptera, Margarodidae) se detectó en *Pinus pinea*, *P. halepensis* y *Cupressus sempervirens*, en un Parque público de Lleida, España (Eizaguirre et al., 2002). Soria et al. (2000) ya habían dado cuenta de su presencia en *P. pinea* y *P. halepensis*, en Murcia, en zonas agrícolas.

Otra especie de cochinilla identificada atacando *Pinus pinea* en España, corresponde a *Coccus hesperidum*, plaga cosmopolita y de gran polifagia, que en España es más común de encontrar sobre cítricos y lauros que sobre coníferas, pero que fue capturada en Madrid sobre *Pinus uncinata* y *P. pinea* (Soria et al., 2000).

Larvas de *Arhopalus syriacus* Reitter (Coleoptera, Cerambycidae) se encontraron en árboles muertos de *Pinus pinea* y *P. pinaster*, acelerando su descomposición. El ciclo de vida de este insecto se completa en tres años, y aunque no se han observado parasitoides en ninguno de sus estadios, es atacado por el hongo polífago *Beauveria bassiana* (Campadelli y Sama, 1993).

Otros insectos, como *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera, Diprionidae), producen grandes daños en algunos pinos, especialmente *P. silvestris* y *P. nigra*, a diferencia de *P. pinea* que, por el contrario, es evitado por este himenóptero; Martini et al. (2010) atribuye esto a los extractos volátiles que libera, ya que *P. pinea* emite una cantidad muy superior de limoneno que otros pinos, a la vez que libera menos mircenos que otros pinos estudiados.

En Argentina no se han detectado problemas fitosanitarios, de acuerdo a estudios realizados por la Universidad de La Plata, salvo la hormiga podadora que puede llegar a matar las plantas, no obstante éstas no se combaten (Loewe, 2011b).

Enfermedades

Una enfermedad es la alteración del cultivo producida por hongos, bacterias y virus que causan daños y perturbaciones en el metabolismo de las plantas. Suelen ser de difícil determinación y control (IES La Granja, s/f).

Es importante la correcta identificación del agente causante de daño cuando los individuos presentan síntomas de alguna enfermedad, por lo que ésta debe ser realizada por técnicos especializados (Costa y Evaristo, 2008).

En Portugal, las principales enfermedades fungosas que afectan *Pinus pinea* son *Cenangium abietis* (*C. ferruginosum*), *Lophodermium seditiosum*, *Dothistroma septospora* (*Mycosphaerella pini*) y *Elytroderma lusitanicum* (Fonseca y Azevedo, 1990).

En Eslovenia, el hongo *Thyriopsis halepensis* ha sido encontrado afectando *Pinus pinea* y *Pinus halepensis*, solo en el área costera del Mar Adriático, y aunque afecta el follaje, su impacto en la sanidad de dichas especies es baja (Jurc, 2007).

En Roma, específicamente en árboles que se encuentran en la ciudad, se han detectado varios hongos afectando a *Pinus pinea*; *Heterobasidion annosum*, *Armillaria mellea*, *Phaeolus schweinitzii*, *Ganoderma* spp, siendo los dos últimos los de mayor importancia, dado el efecto que tiene su ataque frente a la estabilidad del árbol, ya que pueden hacer colapsar el sistema radicular, sin que externamente haya indicios que puedan predecir su caída (Sciré et al., 2009).

En viveros, la germinación y posterior desarrollo de plántulas depende en gran medida de la presencia o ausencia de determinados organismos que afectan la semilla, antes que haya germinado, durante el proceso de germinación o una vez emergida la planta, pudiendo estos organismos en casos extremos llegar a causar una mortalidad de toda la producción de plantas. Las más comunes son las micosis ocasionadas por el conocido dumping-off (Muñoz et al., s/f). Hay que distinguir en este complejo fúngico la microflora externa, que contamina las cubiertas seminales, pero también puede causar pudriciones en las radículas de plántulas jóvenes. En *P. pinea* se ha detectado la presencia de *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. semitectum*, *F. merismoides*, *F. mo-*

niliforme, *Botrytis cinerea* y *Trichothecium roseum*. Entre la microflora interna, que puede destruir el embrión, se han identificado *Alternaria alternata* y *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*.

Además, cuando los daños se producen en pequeñas radículas, también se ha determinado la presencia de *Rhizoctonia solani*, *Pythium debaryanum*, *P. aphanidermatum* y *P. ultimum* (Muñoz et al., s/f).

Cabe mencionar que la mayoría de los hongos identificados son cosmopolitas y en general se comportan de forma saprofítica. Se determinó que existe correlación entre las especies fúngicas aisladas en piñones, con las que se aíslan de las escamas de la misma piña, por lo tanto, la utilización posterior de piñones infectados tiene un alto efecto sobre la siembra, debiendo tomarse la precaución de desinfectarlas antes del almacenaje o antes de la siembra (Op cit.).

Phellinus pini (Brot.: Fr.) Ames, corresponde a un basidiomicete cosmopolita que parasita de manera muy intensa la madera de más de un centenar de coníferas, siendo *Pinus pinea* una de las más afectadas, llegando incluso a afectar al 100% de los individuos de un rodal. En Valladolid, España, García y Montero (1998) determinaron que las variables que más influyen en el ataque de este hongo son la edad (factor fundamental), la altura dominante y el área basal, afirmándose que la intensidad del ataque a nivel de rodal aumenta con la edad y el área basal; por el contrario, los rodales con mayor altura hacen más difícil la progresión del hongo. La colonización de este hongo se produce siempre a través de heridas en el cambium o ramas desganchadas, por lo que las frecuentes podas practicadas en pinares de esa provincia dejan el camino expedito para la entrada del hongo en individuos sanos. Su ataque causa graves daños en la madera, la que no puede destinarse a usos más valiosos (chapa y madera aserrada), pudiendo emplearse únicamente para producir astillas. Respecto a su efecto en la producción de piñas indican que, aun cuando se ve afectada, sólo ocurre en estados muy avanzados de pudrición.

Aun cuando *Lophodermium seditiosum* también ataca pinares adultos, los mayores daños los causa en formaciones jóvenes y viveros, donde se puede llegar a mortalidades del 90% de las plántulas. Se reconoce por el apareamiento de manchas sobre las acículas, con forma de anillo, de color verdoso-castaño y borde amarillo, para finalmente causar el secado de las acículas. Para evitar su acción se recomienda la recogida y eliminación de material atacado desde los pinares y evitar la instalación de vivero cerca de pinares infectados (Costa y Evaristo, 2008).

El principal agente causante de la muerte apical del pino es *Sphaeropsis sapinea*, que además daña las acículas, con pérdidas importantes cuando provoca canchales en el tronco, ramas y piñas, afectando su aprovechamiento. En vivero puede causar la muerte de la totalidad de las plantas (Costa y Evaristo, 2008). Santini et al. (2008) también identifica a *Sphaeropsis sapinea* junto a *Leptographium serpens* y *Heterobasidion annosum* como patógenos que afectan a la especie, proponiendo el uso de árboles cebo como método para su control, ya que son patógenos capaces de sobrevivir en tejidos de plantas muertas por largos períodos de tiempo (al menos 3-12 meses). Otros ensayos de terreno desarrollados por Annesi et al. (2005) en las cercanías de Roma, demostraron que *Heterobasidion annosum* también se controla biológicamente mediante la inoculación de ramas y tocones con una cepa local de *Phlebiopsis gigantea*.

Botrytis cinerea corresponde a otro hongo de pudrición que puede causar pérdidas importantes en viveros, cuando hay exceso de riegos y falta de aireación, llegando a mortalidades del 80%. Es posible observar su sintomatología desde la primavera, por los cambios de color que sufren las acículas, las que terminan por secarse. Las recomendaciones para su control se relacionan con la remoción del material infestado y la utilización de buenas prácticas culturales para evitar su aparición (Annesi et al., 2005).

En Portugal, *Pinus pinea* se ha mostrado más resistente al ataque del hongo *Dothistroma* sp, que otras especies de pino.

Como se ha indicado, pino piñonero es menos susceptible a enfermedades y plagas que otros pinos mediterráneos. Ha demostrado ser resistente a la mayor plaga de *Pinus pinaster* en Portugal, *Bursaphelenchus xylophilus*, identificada en 1999 y que el 2008 estaba presente en todo ese país. Esta resistencia incrementa el interés de *Pinus pinea* para reforestar áreas donde *Pinus*



pinaster ha sido seriamente atacado por esta plaga (Pinea Project, 2011). Este nemátodo fue detectado por primera vez en 1999 en Portugal, en el área de Setubal, lo que significó que la CEE tomara medidas de emergencia para evitar su dispersión al resto del país y de Europa. El año 2008 Portugal declaró oficialmente la presencia del nemátodo en todo su territorio, e interceptó material infectado proveniente de Portugal en Suecia, Finlandia y España, siendo este último el segundo país europeo que ha notificado la presencia del nemátodo en su territorio, y ha aplicado medidas de control (EC, 2008).

Bursaphelenchus xylophilus (Steiner et Buhner), es un nemátodo dañino regulado en la UE, a través de restricciones a las importaciones y al movimiento de material de especies susceptibles. Existen programas de monitoreo en cada país y en distintas áreas, como es el caso del plan de monitoreo establecido por la Autoridad Fitosanitaria Regional de la Región de Piamonte (Cotroneo, 2012). Las especies susceptibles pertenecen a los géneros *Abies*, *Cedrus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga* y *Tsuga* (EC, 2008).

La enfermedad se manifiesta por un decaimiento que conduce rápidamente a la muerte de la planta afectada; primero, durante el verano se detiene el flujo de resina, seguido por un cambio en el color de las acículas, que se tornan de color grisáceo, y luego rojo-marrón, aun cuando permanecen adheridas a las ramas (Cotroneo, 2012).

Destaca en este sentido el trabajo que realiza COST (European Cooperation in Science and Technology), grupo de apoyo y cooperación permanente entre científicos e investigadores europeos, y particularmente el Grupo 873 que comenzó sus actividades a fines del 2006, y se dedica a actividades específicas para el análisis de enfermedades bacterianas sobre especies que producen frutos de carozo y nueces.

Entre los países participantes están Austria, Bélgica, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Israel, Italia, Letonia, Lituania, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Serbia, Eslovenia, España, Suiza, Turquía, Reino Unido, además de instituciones de Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Líbano, no miembros del COST.

Sus actividades se concentran en cuatro grupos de trabajo: Diagnóstico y detección precoz, Prevención y Epidemiología, Resistencia del hospedante y dispersión, y finalmente Estrategias de Control, abarcando así toda la gama de problemáticas que se podrían enfrentar frente a la aparición y dispersión de agentes bacterianos (COST, 2009).

Destaca la resistencia, observada en España, de *Pinus pinea* al ataque del hongo dañino *Pestalotia stevensonii*, mostrando plántulas y árboles jóvenes una alta resistencia, sin desarrollar síntomas incluso con altas concentraciones de sus esporas (Veroz et al., 2004).

Otros Agentes Bióticos

En algunas zonas españolas, las poblaciones de ardilla y su gran apetencia por el fruto son causa de preocupantes daños a la cosecha, difíciles de cuantificar, ya que no sólo consumen las piñas maduras del último año sino también piñas de dos años (Gordo et al., 1999).

Situación Sanitaria de la Especie en Chile

En Chile *Pinus pinea* es una especie poco difundida con fines comerciales, pero si presente hace décadas. Existe la ventaja que la mayor parte de los agentes de daño registrados en su área de distribución natural no están presentes en Chile. En una prospección realizada en cerca de 70 hectáreas en numerosas formaciones, entre los años 2008 y 2010, no se registró ningún agente biótico afectando la especie, lo que demuestra su interesante potencial para fomentar su uso en plantaciones con fines productivos, tanto de piñas como también de madera.

Agentes Abióticos

Existen factores físico-químicos como temperatura, humedad y pH que pueden desencadenar enfermedades de importancia, como el caso del dumping-off, enfermedad causada por un complejo de hongos que pueden incluso afectar al 100% de la producción de plantas e incluso afectar a plantas jóvenes, siendo las semillas el principal vector de dichos hongos (Muñoz et al., s/f). En Italia, un estudio de Sciré et al. (2009) en la ciudad de Roma, determinó que ciertos factores abióticos, principalmente estrés hídrico, favorecen la acción de algunos patógenos que reducen la estabilidad de los árboles. En este mismo sentido, Del Río et al. (2011), indican que controlar densidad de plantaciones a edad temprana, eliminando árboles suprimidos y a su vez mejorando el vigor de los árboles remanentes, es fundamental para evitar la muerte apical y la reducción de productividad ocasionada por períodos de sequía extrema.

El granizo compromete el crecimiento vegetativo al romper los brotes y las pequeñas heridas que produce sirven de ingreso del hongo *Diplodia pinea* que afecta la producción de piñas del año y puede dañar irreversiblemente también piñas de dos años (Peruzzi et al., 1998).

Cabe mencionar que las acículas y yemas de *Pinus pinea* son más resistentes al fuego que otras especies de pino y su corteza es más gruesa, lo que podría ser un factor a considerar para escoger esta especie al momento de realizar plantaciones en zonas frecuentemente afectadas por incendios (Yilmaz y Erbilgin, 2010).

En zonas expuestas a vientos intensos, los árboles regulan su crecimiento reduciéndolo en la parte aérea y concentrando sus recursos en un mejor anclaje, aumentando el crecimiento radicular. Este mismo efecto es provocado por los vibradores durante la cosecha mecanizada, aunque mientras más vigoroso sea el árbol, menor es el efecto sobre su desarrollo (Martínez-Zurimendi et al., 2009).

En Europa es común ver árboles deformes por la acción de rayos que impactan el fuste durante tormentas eléctricas, ocasionando cicatrices en este (Figura 47), pero que en el largo plazo, no inciden en la producción de piña (Loewe y González, 2012).



Figura 47. Fuste deformado por impacto de rayo

Ruíz (2011) también destaca el efecto que tendría el cambio climático sobre la especie, debido al nuevo escenario caracterizado por un incremento de la aridez. Dado que el pino piñonero se localiza en la zona más mediterránea y está adaptado a los periodos de sequía y bajas precipitaciones estivales, podría darse como consecuencia (positiva) una desaparición progresiva de la zona límite y transformarlo en especie sustituta de encinas y alcornoques, menos resistentes a estas condiciones.

Tal como se indicó anteriormente, la sanidad de *Pinus pinea* en Chile es, en general, muy buena, y sólo se ve expuesta a situaciones climáticas excepcionales (nieve y granizo) en contadas ocasiones. Sólo se ha registrado la respuesta a deficiencias nutricionales, a través del acortamiento y endurecimiento de las acículas, en un sector de la Región de O'Higgins, situación que puede ser enmendada con la aplicación de los nutrientes deficitarios o, en el caso de futuras plantaciones, con la elección de zonas óptimas para su desarrollo. En la Región del Maule, en una plantación de 14 años, se observó un evidente daño apical, después de la caída de nieve, fenómeno raro en la zona, que fue observado dos años más tarde (Figura 48).

Otro factor de importancia corresponde a las heladas, que pueden afectar las cosechas de piñas cuando afectan su desarrollo trienal en periodos claves del crecimiento (Mutke *et al.*, 2007a). Gordo (2004b) por su parte, indica que las heladas tardías destruyen los estróbilos sin lignificar durante la floración, ya que su efecto depende del nivel de hidratación de los tejidos.



Figura 48. Daño apical debido a nevazón inusual (Toconey, Región del Maule, Chile)

CAPÍTULO 2. EL PIÑÓN

Se denomina piñón a las semillas comestibles de ciertas especies del género *Pinus*, cosechadas en varias partes del mundo desde hace varios milenios, donde han sido un componente importante de la alimentación de diferentes poblaciones indígenas de América, Siberia y el lejano Oriente, y han sido reconocidos por sus importantes propiedades nutricionales.

Se conocen también como pine nuts, pinyon nuts o pinekernels (inglés), piniennufts o piniennüsse (alemán), pinoli o pinolo (italiano), pinhão (portugués), pignons (francés), pignólia (griego) y song guo (chino).



CARACTERÍSTICAS DEL PIÑÓN

Marlene González G.

Actualmente es habitual encontrar en diferentes medios de comunicación artículos que demuestran la importancia de una buena alimentación sobre la salud y, a su vez, sobre la calidad de vida de las personas; esta tendencia, observada a nivel global, incluye la sugerencia de realizar cambios importantes en los hábitos alimenticios. Se habla entonces de consumir productos sanos, de origen natural e incluso orgánicos, que provocan efectos positivos demostrados sobre el organismo, ya sea como agentes preventivos o mitigadores de molestias o enfermedades (OMS, 2003).

Los frutos secos en general, y los piñones en particular, son productos favorables para la salud (Salas-Salvadó *et al.*, 2005). Existen alrededor de 30 especies de pino que producen piñones comestibles, teniendo solo algunos importancia a nivel comercial: *Pinus gerardiana* (piñón pakistaní), *Pinus koraiensis* (piñón chino), *Pinus sibirica* (piñón ruso) y *Pinus pinea* (piñón mediterráneo); pero no todos ellos tienen las mismas características nutricionales y organolépticas.

Los piñones de *Pinus pinea* se han utilizado históricamente como alimento y se ha demostrado científicamente que su consumo en ciertas dosis disminuye considerablemente el riesgo de accidentes vasculares (Segura *et al.*, 2006). Destacan por su contenido en ácido linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3) (Costa y Evaristo, 2008).

En general, los piñones de pino son cosechados, comercializados y consumidos de diversas formas: Crudos, secos, tostados, en salsas, repostería en general, como condimento, y otras. Poseen un alto valor comercial, con un mercado caracterizado por una demanda insatisfecha y creciente, sobre todo en algunos países como EE.UU., donde el consumo de piñones, principalmente chinos, se ha incrementado considerablemente, debido al reconocimiento de sus propiedades saludables (Ros y Mataix, 2006; Ryan *et al.*, 2006) y a aspectos de mercado descritos más adelante. En los puntos de venta habitualmente se encuentran en paquetes de pocos gramos y a un precio elevado en comparación con otros frutos secos (Navarro *et al.*, 2010). Muchos platos de la cocina mediterránea y oriental incluyen piñones dentro de sus ingredientes habituales (Fundación Ahdonay, 2011).

Los piñones representan un enorme potencial como alimentos saludables per se y como fuente para la obtención de compuestos bioactivos (fitoesteroles, ácidos grasos, fibra dietética y polifenoles, entre otros) que pueden ser incorporados en la formulación de otros alimentos procesados; ACEPI (2003a) indica que el consumo de 100 g de estos frutos complementa las necesidades diarias del organismo humano de aminoácidos y otros microelementos.

En este punto se incluyen entonces algunos antecedentes sobre los beneficios de incorporar frutos secos en forma habitual a la dieta, antecedentes generales de la composición química del piñón mediterráneo cosechado en su lugar de origen y en Chile, y la comparación de este último con piñón producido en Europa, en términos de su calidad organoléptica (sabor, aroma, otros).

Los Frutos Secos y su Importancia en la Dieta

Según la OMS¹ (2003) la dieta y la nutrición son muy importantes para promover la buena salud a lo largo de toda la vida; se ha establecido su función como uno de los factores determinantes de enfermedades crónicas no transmisibles, lo que las convierte en un componente fundamental en actividades de prevención. La carga de enfermedades crónicas está aumentando rápidamente en todo el mundo, entre las que destacan los accidentes vasculares y la diabetes tipo II. Esta institución calculó que el 2001, las enfermedades crónicas causaron cerca del 60% del total de muertes en el mundo, y se prevé que esta proporción siga en aumento al menos hasta el año 2020.

Hasta hace unos años, los nutricionistas pensaban que los frutos secos oleaginosos eran nocivos para la salud debido a su elevada proporción de grasa, pero posteriormente se dejó de considerarlos como enemigos del corazón pues varias investigaciones confirmaron su acción protectora de las arterias y reductora del nivel de colesterol (Valle, 2011).

Un estudio de la Universidad Rovira i Virgili de Reus, de España, publicado en el European Journal of Clinical Nutrition, demostró que los individuos que consumen habitualmente frutos secos son, en general, más delgados que los que no los consumen, y presentan un menor índice de masa corporal (IMC). No obstante, el hecho de comer frutos secos sin ganar peso no es el único beneficio que médicos y nutricionistas atribuyen a los frutos secos (López, 2007), habiéndose demostrado que, en particular los de cáscara dura, son muy nutritivos y buenos para la salud, en especial para el sistema coronario (BBC, 2011).

Los frutos secos se incluyen en el grupo de frutas y derivados, se caracterizan por un contenido de agua inferior al 50% y, en general, un elevado contenido lipídico. Por su alto contenido en grasas poseen un elevado aporte energético, concepto que puede inducir a error, ya que no sólo aportan al organismo energía, sino que también minerales, vitaminas y fitoquímicos, como esteroides y polifenoles, que les confieren características nutricionales muy relevantes. Por ello, aunque existen otros alimentos muy energéticos, difícilmente poseen ambas características (Salas-Salvadó *et al.*, 2005).

Aproximadamente el 60% del peso de los frutos secos es grasa, pero a diferencia de los alimentos de origen animal, principal fuente de grasas saturadas y con muy poca fibra, los frutos secos contienen principalmente ácidos grasos insaturados y son una buena fuente de fibra; esta diferencia ha centrado la atención de investigaciones sobre los efectos del consumo de frutos secos en la reducción del riesgo de padecer cardiopatías coronarias, surgiendo la hipótesis de la influencia de la dieta en los lípidos plasmáticos. Estudios epidemiológicos y clínicos han mostrado que su consumo habitual en pequeñas cantidades se asocia a menor mortalidad por enfermedades cardiovasculares, por lo que actualmente numerosos organismos oficiales y sociedades científicas reconocen la importancia de su consumo para la salud, y promueven la sustitución de alimentos ricos en ácidos grasos saturados por frutos secos, cuya grasa está formada mayoritariamente por ácidos grasos mono y poli insaturados, con efectos positivos sobre el perfil lipídico y otros factores de riesgo cardiovascular (Op cit.).

Además, otros autores citados por Salas-Salvadó *et al.* (2005), indican que la comida de calidad es una de las bases fundamentales para el desarrollo de la inteligencia humana; algunos de los ácidos grasos poli insaturados que el cerebro necesita para procesar y almacenar información se hallan en frutos secos, por lo que su consumo se considera una estrategia alimentaria oportunista (por aporte energético rápido), encaminada a la complementariedad estacional (en temporadas con menor producción de frutas y verduras), pero determinante en una alimentación de calidad.

En otro ámbito, los frutos secos en general tienen un elevado contenido proteico, una de las cualidades nutricionales más reconocidas del piñón mediterráneo, que alcanza el 26-30% (Falder, 2004; Escalona, 2005), superior al de otros piñones de pino (*P. edulis*, *P. monophylla*, *P. cembroides*, *P. cuadrifolia*, *P. sabiniana*, *P. strabiformis*, *P. sibirica* o *P. gerardiana*), cuyos niveles fluctúan entre 10 y 30% (FAO, 1995b). Otros frutos secos poseen un contenido proteico cercano al 10%, como el pecano (*Carya illinoensis*) y la nuez (*Juglans regia*); la almendra (*Prunus amygdalus*) contiene un 15%, en tanto que la avellana (*Corylus avellana*) un 7-8%; el maní (*Arachis hypogaea*), que es una leguminosa, contiene un 26%, y el piñón de araucaria (*Araucaria araucana*), que no es un pino, un 26%; la castaña (*Castanea sativa*) en tanto, también considerada un fruto seco, sólo aporta un 2%. A pesar de que las castañas de cajú poseen un 17,2% de proteínas (Anónimo, 2012), Peterson (2007) indica que superarían en el contenido de proteínas a los piñones.

Es importante destacar que el año 2003, la Food and Drug Administration (FDA) permitió el uso de un mensaje saludable asociando el consumo de semillas con la reducción de riesgo de enfermedades cardiovasculares (ECV), debido a que reducen los niveles de colesterol (FDA, 2003). Desde entonces, las dietas saludables incluyen frutos secos y su demanda se ha incrementado significativamente (King *et al.*, 2008; Nash y Nash, 2008). Incluso la American Heart Association recomienda su consumo para mantener la salud cardiovascular y reducir las ECV hacia el año 2020 (Lloyd-Jones *et al.*, 2010).

Composición Química del Piñón Mediterráneo

Los piñones de distintas especies de pinos difieren en tamaño, contenido nutricional, valor medicinal y sabor, pero la mayoría de los consumidores no son capaces de distinguirlos, por lo que es habitual el uso del término “piñones” para los frutos de especies

¹ OMS: Organización Mundial de la Salud

del género *Pinus*, a menos que se haga expresa mención de la especie o de su origen, dato que podría orientar sobre posibles especies, dada su distribución conocida. En ese contexto, es importante tener presente que muchas veces se utilizan datos sobre la composición de piñones sin especificar la especie, siendo habitual el uso de información no diferenciada o que hace mención a piñones en términos generales, o incluso a mezclas. Un ejemplo de ello es el perfil que entrega USDA² sobre los piñones en su National Nutrient Database, que presenta un perfil nutricional y lipídico muy completo, pero para una mezcla de piñones de *Pinus pinea* y *Pinus koraiensis*, por lo que sus datos sólo pueden ser usados como referencia y no como específicos para ambas especies (USDA, 2011).

Para el caso de los piñones de *Pinus pinea*, su composición química se ha caracterizado en Italia (Peruzzi *et al.*, 1998; Ruggeri *et al.*, 1998), Turquía (Bagci y Karaagaci, 2004; Ozcan, 2006), Túnez (Nasri *et al.*, 2005 a y b), España (Cañellas *et al.*, 2000), Portugal (Carvalho, 2006; Costa y Evaristo, 2008; Evaristo *et al.*, 2008) y Chile, (Escalona, 2005; INFOR, 2009).

La mayoría de los autores indican que estos piñones contienen cantidades elevadas de proteína vegetal, ácidos grasos insaturados, fibra (Salas-Salvadó *et al.*, 2006), vitaminas (ácido fólico o B9, niacina o B3, tocoferoles o vitamina E, vitamina B6 y B2), minerales y un bajo contenido de sodio, así como diversos compuestos bioactivos saludables, como fitoesteroles y polifenoles (Blomhoff *et al.*, 2006), por lo que constituyen un alimento de alto valor nutricional (Segura *et al.*, 2006). Entre los minerales que contiene se encuentran calcio, potasio, hierro, cobre, zinc, sodio, magnesio y manganeso (Castaño *et al.*, 2004).

En estudios más específicos se ha observado que los piñones de *P. pinea* poseen cantidades significativas de compuestos bioactivos saludables: fitoesteroles, escualeno y polifenoles simples y complejos (Gurí *et al.*, 2006). El estudio efectuado por Escalona (2005) encontró que en el caso de los fitoesteroles ningún otro fruto seco presentó valores comparables a los encontrados en este piñón; se sabe que los polifenoles, al ser consumidos en la dieta, podrían mejorar las defensas antioxidantes del organismo, contribuyendo a la prevención de enfermedades no transmisibles en las que participa el estrés oxidativo. Su gran cantidad de energía y nutrientes los hace ideales para el consumo de deportistas y excursionistas (Arnau, 2008).

Cuadro 15. Composición nutricional de piñón mediterráneo (g/100g)

VARIABLE	CHILE	ESPAÑA ²			PORTUGAL		TURQUIA ⁴	ITALIA ³
	Mix País ¹ *	Andalucía	Meseta Norte	Sistema Central	Alcacer do Sal ²	Mix País ³	Kozak	Mix País
Humedad	4,42	4,66	4,88	5,18	7,70	5,90	5,10	5,51
Cenizas	4,53	4,45	4,60	4,96	4,43		4,50	4,14
Proteínas	35,93	36,37	36,99	37,44	36,52	33,85	31,60	39,45
Grasa total	46,02	49,26	48,15	47,36	46,17	44,71	44,90	42,50
Fibra cruda	1,09	2,44	4,79	3,22	4,99			
Hidratos de Carbono	8,02	4,95	5,89	5,04	6,00		13,90	
Energía(Kcal)	590,00	608,58	604,90	596,20	585,60		580,00	

(Fuentes: 1: INFOR, 2009; 2: Borrero, 2004; 3: Costa y Evaristo, 2008; 4: Nergiz y Dönmez, 2004; 5: Peruzzi *et al.*, 1998).

* Mezcla de piñones colectados entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía durante el año 2009

En las plantas, estos metabolitos secundarios (compuestos fenólicos y sus derivados terpenoides y alcaloides) definen parcialmente características organolépticas, como textura, color, aroma y sabor (astringencia y amargor); sirven como mecanismo de defensa frente a la radiación UV, ataque de insectos e infecciones bacterianas o fúngicas; actúan como protección antioxidante

² USDA: United States Department of Agriculture

frente a los radicales libres generados durante el proceso fotosintético, y participan en la quelación de metales tóxicos (Karakaya, 2004; Soobrattee *et al.*, 2005; Stevenson y Hurst, 2007). La concentración y el tipo de polifenoles dependen del genotipo, sitio y zona geográfica de crecimiento (temperatura, radiación), práctica de cultivo (orgánico, sustentable o convencional), características del suelo, condiciones de almacenamiento y métodos de procesamiento, entre otras, que afectan los compuestos bioactivos (Tomás-Barberán y Espín, 2001; Boyer y Lui, 2004).

Nasri *et al.* (2007) establecieron que el contenido de residuo insaponificable de semillas de *Pinus pinea* fluctúa entre 1,3 y 2,1%. En esta fracción se encuentran los fitoesteroles o esteroides vegetales que han formado tradicionalmente parte de la dieta y que como ya indicado, presentan efectos benéficos para la salud (Lagarda *et al.*, 2006).

Nergiz y Dönmez (2004) realizaron un análisis químico de piñones de *Pinus pinea* de Turquía, obteniendo altos contenidos de proteína, grasa, vitaminas (B1 y B2), potasio y fósforo; sus resultados confirman que estas semillas son una rica fuente de muchos nutrientes importantes que tendrían un efecto muy positivo en la salud humana.

En un análisis comparativo de 27 muestras de Portugal se encontró un promedio de proteínas de 33,85 g/100 g de muestra seca, que pone de manifiesto su alto valor proteico, el que es incluso superado por variedades cultivadas en España e Italia, confirmando que el aporte proteico del piñón de pino mediterráneo supera al de otras especies (Costa y Evaristo, 2008; Evaristo *et al.*, 2010; Evaristo *et al.*, 2011). Además, destaca su bajo contenido de almidones, que los hace muy atractivos para el consumidor y le confiere ventajas comerciales. Presentan un importante contenido de vitamina D, que mejora la fijación del calcio, de provitamina A, y de las vitaminas hidrosolubles C y del complejo B, como B1 y B2.

Es importante mencionar que existen diferencias entre los piñones según su procedencia; un estudio realizado por la Universidad de Huelva que diferenció biomolecularmente piñones de *Pinus pinea*, encontró que el elemento más abundante en el piñón es el manganeso, en concentraciones que oscilan entre 26 microgramos/gramo en el caso del piñón catalán y 559 microgramos/gramo del piñón atlántico. Además, el zinc se ha identificado en proporciones dispares: 25 microgramos/gramo para el catalán en comparación a 113 microgramos/gramo del sur de España (Piñeiro y Zudaire, 2008). Por ello se caracterizó químicamente el piñón producido en Chile, comparándolo con resultados de otros estudios realizados con la especie, con otros piñones de pino y con otros frutos secos de consumo habitual, de manera de verificar si sus destacadas virtudes alimenticias se mantienen en este país. Los resultados obtenidos muestran que las cantidades indicadas para cada elemento se mantienen, y en algunos casos superan los registros bibliográficos para piñones de otras procedencias (Cuadro 15).

Los resultados de los análisis realizados al piñón chileno, indican que el nivel proteico y el porcentaje de grasas totales, que corresponden a los principales elementos destacados de este fruto, se encuentran en niveles muy similares a los obtenidos en los principales países productores de esta especie; el contenido total de ácidos grasos fue de 46,02%, de los cuales un 86% corresponde a ácidos grasos insaturados (INFOR, 2009).

El biplot de los dos primeros componentes principales del análisis multivariado (Figura 49) explica el 80,6% de la variabilidad; las variables que más contribuyen a explicar la variabilidad total entre muestras son el contenido de hidratos de carbono y proteínas, seguido por las grasas totales. Los piñones de las tres localidades de España se caracterizan por presentar un menor contenido de hidratos de carbono y un elevado contenido proteico, diferenciándose de los piñones procedentes de Turquía, que presentan una relación inversa. Los piñones italianos presentan un comportamiento diferente al resto de los orígenes analizados, debido al mayor contenido proteico y bajo contenido de grasas totales. La muestra chilena es muy similar a la mezcla de Portugal, ubicándose en una posición intermedia respecto a todas las variables evaluadas (González *et al.*, 2011; 2012).

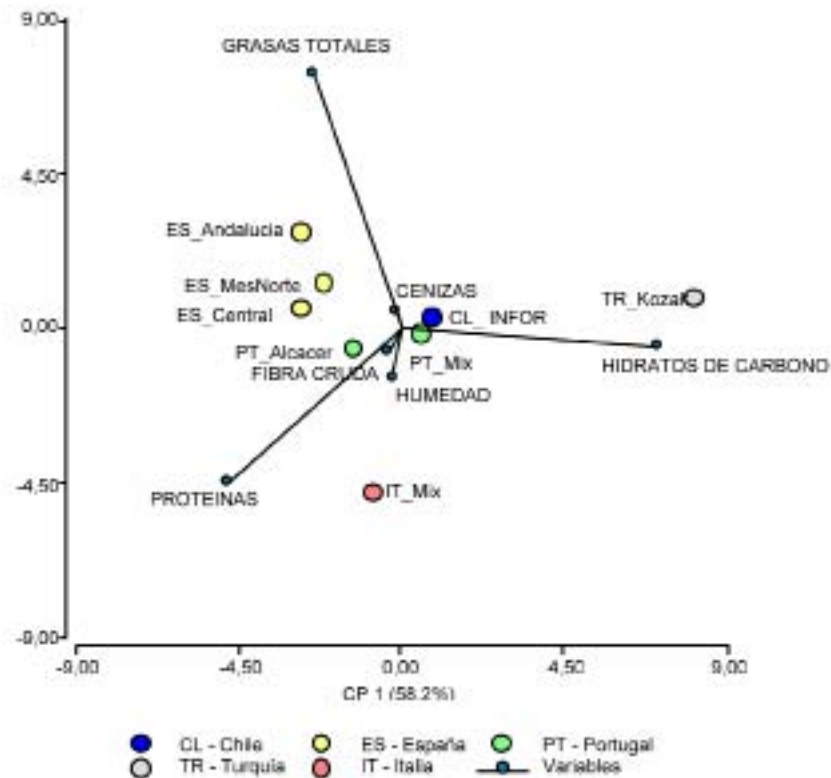


Figura 49. Biplot para la composición nutricional de Piñón mediterráneo según origen

Respecto al contenido de ácidos grasos, los piñones de *Pinus pinea* son considerados un producto nutricional muy rico en ácido linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3 y 6), y por lo tanto de elevada calidad para la salud (Costa y Evaristo, 2008).

Los lípidos constituyen la principal fracción y poseen un perfil de ácidos grasos muy interesante por su potencial saludable y su alto valor energético. Los piñones de pino contienen 40 a 50% de grasas, de las cuales los ácidos grasos insaturados corresponden al 93% (Nergiz y Dönmez, 2004) con cerca de 40% de ácidos grasos mono insaturados y 50% de poli insaturados (Evaristo *et al.*, 2007). El perfil lipídico de muestras de diferente origen indica valores similares, presentando el piñón chileno en algunos casos valores superiores, como es en contenido de ácido linolénico (Cuadro 16).

El aceite de piñones de pino se caracteriza por poseer un elevado contenido de ácido linoleico, poli insaturado y esencial (omega 6) (47,28%), seguido del ácido oleico, mono insaturado (omega 3) (36,56%); el 88,01% del total de ácidos grasos de este aceite son insaturados (Nasri *et al.*, 2005a). En Chile, un estudio realizado por Escalona (2005) con aceite de piñones de *Pinus pinea* procedentes de Quirihue, Región del Bío Bío, mostró contenidos de ácidos grasos saturados del 10,6%, ácidos grasos mono insaturados del 40,1% (mayoritariamente ácido oleico), y que los ácidos grasos poli insaturados representaron el mayor contenido (45,9%), predominando el ácido linoleico.

Cuadro 16. Ácidos grasos presentes en el piñón mediterráneo (% metil éster)

VARIABLE	CHILE	ESPAÑA ²			PORTUGAL		TURQUÍA ⁴
	Mix País ^{1*}	Andalucía	Meseta Norte	Sistema Central	Alcacer do Sal ²	Mix País ³	Kozak
Ác. Grasos saturados							
Ac.Palmítico	6,15	5,85	5,87	5,96	6,03	5,91	6,49
Ac.Esteárico	5,02	3,12	3,94	3,38	3,78	3,79	3,47
Ác. Grasos mono insaturados							
Ac.Palmitoleico	0,11	0,19	0,18	0,11	0,21		0,22
Ac.Oleico	39,43	37,89	37,69	37,67	39,40	36,82	38,60
Ac.Eicosaenoico	0,91					0,84	
Ác. Grasos poli insaturados							
Ac.Linoleico	46,19	46,73	46,94	47,32	44,97	44,90	47,60
Ac.Linolénico	0,84	0,64	0,71	0,67	0,72		0,68
Ac.Eicosadienoico	0,67	0,53	0,61	0,56	0,58	0,54	

(Fuentes: 1: INFOR, 2009; 2: Borrero, 2004; 3: Costa y Evaristo, 2008; 4: Nergiz y Dönmez, 2004)
* Mezcla de piñones colectados entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía durante el año 2009

El aceite de piñón se ha usado históricamente para controlar el hambre en épocas de escasez; ahora se sabe que este efecto se debe al contenido de ácido pinolénico, un inhibidor del apetito, lo que ha llevado a utilizar el aceite, o el ácido, en preparados adelgazantes (Sunfood, 2010; Fundación Ahdonay, 2011) como factor coadyuvante en el tratamiento del sobrepeso y obesidad causados por sobrealimentación (Piñeiro y Zudaire, 2008). Pero su utilización va más allá de lo culinario, ya que el ácido pinolénico también reduce los niveles de colesterol “malo” (LDL) y estimula la producción de insulina, ayudando a prevenir y tratar la diabetes. Investigadores rusos le atribuyen también propiedades beneficiosas en el tratamiento de úlceras y gastritis (Navarro *et al.*, 2010).

El ácido pinolénico se encuentra exclusivamente en los piñones de pino y aceites derivados, y no está presente en ningún otro vegetal; su contenido varía entre 0,1 y más del 20%, destacando el piñón siberiano que contiene un 27% (Piñeiro y Zudaire, 2008).

Al comparar el contenido de los principales ácidos grasos de aceites de piñón y de otras semillas, se tiene que la cantidad de ácido palmítico en el de piñón es similar al del aceite de almendra, y que para los ácidos esteárico, oleico y linolénico sus valores son similares al del aceite de maní. La composición en ácidos grasos de los aceites influye en su estabilidad oxidativa, que es un parámetro de su calidad por su potencial aplicación comercial y utilización en alimentos y otros productos comerciales (Escalona, 2005).

Al comparar el contenido de ácidos grasos de la mezcla de piñones de Chile con el presente en piñones de otros orígenes, el biplot de los dos componentes principales explica el 90,9% de la variabilidad entre muestras (Figura 50); las variables de mayor contribución a esta diferenciación corresponden a los ácidos linoleico y oleico, seguidas del ácido esteárico. Las muestras españolas y turca se diferencian por presentar un mayor contenido de ácido linoleico; las muestras chilena y portuguesa tienen un contenido similar de ácido oleico, pero la primera presenta mayor contenido de ácido esteárico.

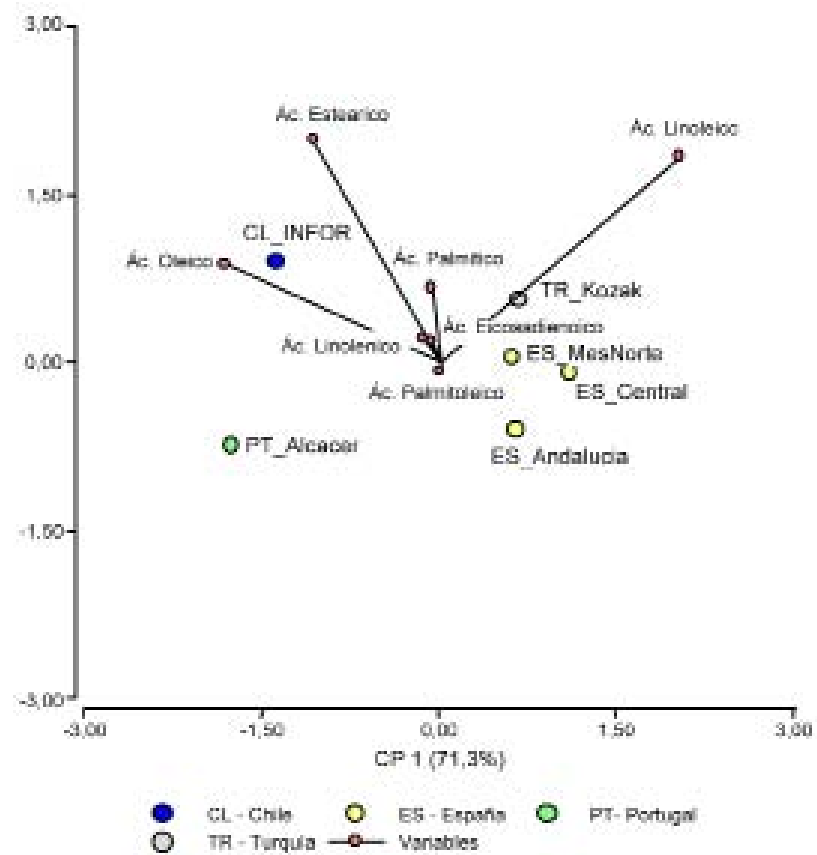


Figura 50. Biplot para el contenido de ácidos grasos de Piñón mediterráneo según origen

Dada su clasificación como fruto seco, también es interesante comparar el piñón de *Pinus pinea* con otros frutos secos, ya que su consumo entrega un enorme aporte nutritivo, requieren de poca preparación y pueden comerse enteros, picados, molidos, al natural, tostados, etc. En relación a otros frutos secos, 100 g de piñón aportan 510 Kcal, valor superior al de avellana y castaña, pero inferior a almendra y nuez. Su aporte en fibra dietética es mayor al de la nuez y similar al de avellana y castaña. Su aporte en calcio es superior a todos los frutos, excepto el de la almendra, mientras que el contenido de sodio es inferior al de almendra, castaña y nuez (Falder, 2004; Arnau, 2008).

Un estudio realizado por Costa y Evaristo (2008) en Portugal, muestra que el contenido de proteínas del piñón mediterráneo supera al de otros frutos secos populares, y también al piñón chino (Cuadro 17); destaca su mayor aporte en tiamina y riboflavina (vitaminas B1 y B2 respectivamente), por sobre la mayoría de los frutos secos analizados, a excepción de la almendra, que presenta un contenido de vitamina B2 superior a la media.

Al comparar el aceite de piñón con el de otros frutos secos, como avellana europea, maní, nuez y almendra, se obtuvo que los valores de tocoferoles triplican al valor más cercano, que corresponde al de la almendra (Escalona, 2005).

Cuadro 17. Composición química de piñones y otros frutos secos

VARIABLE ANALIZADA		Frutos secos						
		Piñón Mediterráneo	Almendra	Avellana	Piñón chino	Pistacho	Nuez	Castaña
Agua (g/100g)		5,9	4,9	4,5	2,5	3,0	4,9	48,5
Proteína (g/100g)		33,9	21,6	14,0	14,0	18,0	16,7	3,1
Ácidos grasos (g/100g)		47,7	56,0	66,3	68,1	53,0	67,5	1,1
Tiamina (Vit B1) (mg/100g)		0,54	0,21	0,30	0,01	0,59	0,33	0,22
Riboflavina (Vit B2) (mg/100g)		0,19	0,75	0,16	0,18	0,20	0,14	0,12
Macro y Micro nutrientes (mg/100g)	Potasio (K)	891	855	730	595	1.050	500	600
	Calcio (Ca)	32	266	249	10	135	90	20
	Fósforo (P)	1.129	405	274	539	500	288	63
	Magnesio (Mg)	533	259	159	246	158	160	33
	Zinc (Zn)	11,1	3,1	2,0	6,2	2,2	2,7	0,5
	Cobre (Cu)	3,4	nd	nd	1,3	nd	nd	Nd
	Fierro (Fe)	11,1	4,0	3,0	5,5	7,0	2,6	0,8
	Manganeso (Mn)	16,1	nd	nd	7,1	nd	nd	Nd
	Sodio (Na)	1,0	6,0	2,0	0,2	650	1,9	9,0

(Fuente: Costa y Evaristo, 2008)

Los minerales (nutrientes inorgánicos) son elementos esenciales para la fisiología humana, cumpliendo funciones específicas primordiales; son constituyentes estructurales de moléculas orgánicas importantes como vitaminas, hormonas y proteínas. Su equilibrio es muy importante dada su variedad de funciones: Constituyen tejidos y líquidos corporales en forma iónica, participan en funciones específicas como energética muscular, transporte osmótico, formación de hormonas y otras (Salas-Salvadó *et al.*, 2005).

En ese sentido, otra característica de los frutos secos es su bajo contenido en sodio y en cambio un alto contenido de potasio, lo que ayuda a mantener un adecuado equilibrio entre ambos iones, previniendo o mitigando incrementos indeseados de la presión arterial (Salas-Salvadó *et al.*, 2005). Esta proporción también se mantiene para el caso del piñón, lo que aumenta su potencial de uso preventivo en el ámbito de la salud. Así se verifica también en el estudio de Costa y Evaristo (2008), quienes observaron que el piñón mediterráneo es uno de los frutos secos con menor contenido de sodio y alto contenido de potasio. Un análisis realizado el año 2012 por la Universidad de Valparaíso, Chile, con piñones colectados en Chile por INFOR, obtuvo valores similares para los principales minerales: 960 mg/100g de K; 42,3 mg/100g de Ca; 980 mg/100g de P; 580 mg/100g de Mg; 10,2 mg/100g de Zn; 2,5 mg/100g de Cu; 11,9 mg/100g de Fe; 12,4 mg/100g de Mn; y para sodio un valor superior, de 9,02 mg/100g.

Otros componentes de interés presentes en el piñón de pino piñonero son algunos monoterpenos como el limoneno, encontrados en *P. pinea*, *P. piniceana* y *P. lumholtzii* (Obst, 1998). El limoneno es uno de los terpenos más comunes en la naturaleza y se considera un excelente disolvente del colesterol. Debido a su capacidad de neutralizar el ácido gástrico se ha utilizado tam-

bién para aliviar la acidez estomacal y en pruebas preliminares para el control de ciertos tipos de cáncer (Sun, 2007). El estudio realizado por Sabillón (2001) mostró que los principales monoterpenos emitidos por el pino piñonero en orden de importancia son: linalol, limoneno, trans-ocimeno y 1,8-cineol, que constituyen el 80%, estando el 20% restante compuesto por el mirceno, β -felandreno, α -pineno, α -terpineol y cis-óxido de linalol, aunque las proporciones relativas de los mismos cambian según el periodo; las emisiones máximas se observan en primavera y disminuyen en verano, alcanzando valores mínimos en invierno, y que también están relacionados con el desarrollo de la biomasa foliar, disminuyendo a medida que disminuyen nuevos brotes; también se constató que la variación interanual en la composición no es significativa.

Características Organolépticas del Piñón en Chile

Como “una exquisitez en la mesa”, definen expertos culinarios al piñón mediterráneo (*Pinus pinea*), que es un fruto aromático y de sabor delicado. Aunque se encuentran en el mercado otros piñones, especialmente el pakistaní (*P. gerardiana*), el ruso (*P. sibirica*) y el chino (conjunto que incluye *P. koraiensis*, *P. koraiensis*, *P. yunnanensis*, *P. armandii*, *P. pumila*, *P. tabulaeformis*, *P. massoniana* y *P. griffithii*), los que son más pequeños y anchos (Figura 51), y aunque bastante más económicos, no tienen el mismo sabor.



Figura 51. Piñones comestibles de distintos pinos

Si se emplean como aperitivo junto a otros frutos secos resultan energéticos y reconstituyentes, aunque conviene mastarlos bien para asegurar su plena digestión. Pueden tostarse, hervirse, freírse, salarse, molerse, caramelizarse, bañarse en miel o cubrirse de chocolate. Normalmente se emplean tostados o fritos, se añaden crudos a ensaladas (Figura 52) o se incorporan a rellenos. Si se tuestan ligeramente en un sartén sin aceite, revolviendo constantemente para que se doren homogéneamente, o al horno a fuego suave, ganan en digestibilidad y se realza su sabor; es importante evitar que se quemen porque, además de ponerse amargos, sus grasas saludables se desnaturalizan.

Los piñones son reconocidos a nivel mundial como una merienda saludable y como ingredientes esenciales en diversos platos (Sharashkin y Gold, 2004). Aunque es popular su uso en dulces tradicionales árabes y catalanes, como mazapanes, empiñonados, turrone y panellets, se usan en muchas recetas dulces y saladas (tortas, pasteles, pastas secas, galletas, helados, arroces, verduras, pescados y aves, así como carnes rojas).



Figura 52. Mezcla de frutos secos para ensaladas

Es importante considerar su conservación, primordial para garantizar la calidad del producto, ya que los piñones se enrancian rápidamente (Perea, 2008; Paz, 2009). El enranciamiento es consecuencia de la oxidación del aceite del fruto seco, que afecta los ácidos grasos, principalmente los insaturados linoleico y oleico (Salas-Salvadó *et al.*, 2005). Por ello, es recomendable que los piñones pelados se mantengan en frascos de vidrio herméticos en lugares oscuros y secos; en los meses calurosos pueden refrigerarse, porque con el calor se deterioran. Deben consumirse dentro de un mes y también se pueden congelar, lo que aumenta su vida útil (Navarro *et al.*, 2010). En general, para mantener las propiedades químicas y sensoriales del piñón se recomienda almacenarlos bajo condiciones estrictas de temperatura (0 a 3,3°C) y humedad relativa (<65%). De hecho, en Pedrajas de San Esteban, Valladolid, centro elaborador y comercializador del piñón, una vez pelados suelen almacenarlos en cámaras climatizadas o de atmósfera controlada.

Las características organolépticas o sensoriales de piñones cosechados en Chile fueron muy positivas (Loewe, 2011a), catalogando su calidad sensorial como “muy buena” (Cuadro 18). Los parámetros evaluados para determinar su calidad fueron aroma, apariencia, sabor y textura; a las tres últimas variables los panelistas (panel entrenado de 12 personas³) atribuyeron una buena calidad, con valores entre 7,8 y 8,1 en una escala con un máximo de 9 (“excelente, típico, excepcionalmente agradable”) y 1 corresponde a “extraño, desagradable, putrefacto”. Para el aroma, el resultado fue “satisfactorio leve”, donde el valor fue de 6,7 también sobre un máximo de 9.

3 Análisis realizado por INTA, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile

Cuadro 18. Resultados del test de calidad del piñón

Variable Evaluada	Valor Promedio
Aroma	6,7 ± 1,1
Apariencia	7,8 ± 0,6
Sabor	8,1 ± 0,8
Textura	8,1 ± 0,9

Otro análisis realizado por DICTUC⁴ evaluó la intensidad de cada parámetro en una escala de 0 a 9, donde 0 corresponde a “no se percibe” y 9 a “intensidad alta”, comparando la calidad sensorial entre la muestra de piñones chilena y piñones importados desde Italia, mediante evaluación por parte de un panel entrenado de 8 consumidores. Los resultados obtenidos (Figura 53) indican que ambas muestras presentan perfiles sensoriales distintos:

Respecto del “aroma”, la muestra importada presenta, en general y con mayor intensidad, notas a granos secos.

- El piñón importado fue evaluado con puntuaciones más altas para atributos negativos como plástico, amargo, rancio y aceitoso.
- El piñón nacional obtuvo promedios medios o bajos para todos los atributos, excepto “harina cruda (S)”, “pegajoso”, “cremoso” y “lechoso”.
- En cuanto a la aceptabilidad general de las muestras, el piñón importado fue evaluado con aceptabilidad media (5,2), mientras que la nacional como aceptable (6,6).

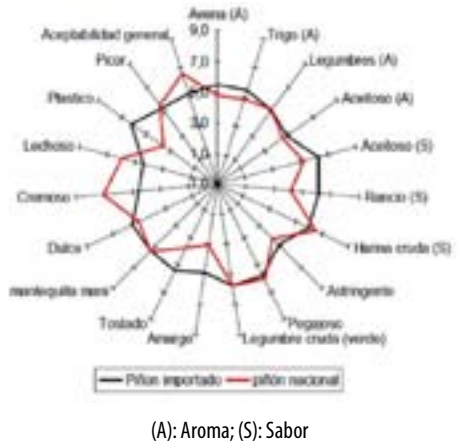


Figura 53. Perfil sensorial de muestras de piñón nacional e importado

Posteriormente, se hizo una prueba más detallada de aceptabilidad entre ambos productos mediante un Test Hedónico de 9 categorías, en la cual el piñón nacional alcanzó un valor de 6,8 frente a 5,6 del importado, sobre un máximo de 9; estos valores corresponden al promedio de la evaluación realizada por 40 consumidores que destacaron del piñón nacional los atributos dulce, suave, no rancio, no amargo, no chicloso, y mejor sabor. Al evaluar la forma preferencial para su consumo, 28% lo consumiría directamente, 28% en ensaladas, 17% mezclado con yogurt, 17% en salsas y/o aderezos, y 4% en otros usos.

⁴ DICTUC: Área de Aromas, Ingeniería Química y Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile

Finalmente, el 60% de los consumidores testeados prefirió el piñón nacional por sobre el importado y un 35% prefiere el importado versus el nacional, siendo sólo un 5% indiferente al origen del producto. En términos generales, y considerando los resultados obtenidos de los análisis de la muestra nacional, se concluye que se mantienen todas las propiedades benéficas conocidas de los piñones, y que en algunos casos se superan los registros bibliográficos. Esto garantiza que el éxito de su comercialización no dependería de la calidad del producto sino de otros factores, como disponibilidad, mercado potencial nacional e internacional, entre otros (Loewe y Delard, 2011).

Entre las actividades realizadas por INFOR, el 2010 se hizo una degustación de piñones crudos y de preparaciones dulces y saladas con piñones, elaboradas por la chef Ana María Covili⁵, a la que asistieron distribuidoras de frutos secos, chefs de cocina internacional conocedores de sus bondades, representantes de embajadas de países productores, propietarios de bosques y periodistas especializados. Las preparaciones tuvieron alta aceptación, encontrándose de igual calidad que los europeos, de gran versatilidad y con el contenido justo de aceites. Se reconoció el potencial de Chile para producir piñones y el mercado potencial al que podrían destinarse, a nivel nacional especialmente a las colonias árabes, italiana y española, para quienes es un producto tradicional y se beneficiarían con la reducción de precio derivado de la sustitución de importaciones.

Al hablar de la calidad sensorial del piñón, se debe destacar que desde hace más de una década (Nielsen, 1990) se han detectado alteraciones derivadas del consumo de piñones, conocidas comúnmente como “Pine Mouth” o “Pine Nuts Syndrome (PNS)”, que consiste en la aparición de un sabor a aluminio o metálico en la lengua, amargo, cuyo nombre médico es dysgeusia o metallogueusia, junto a aversión a los alimentos y otros síntomas (Mutke, 2011); esta alteración suele aparecer dos días después de la ingesta y puede permanecer hasta por nueve semanas. El PNS ha sido declarado como un problema emergente por el Journal of Medical Toxicology, y está siendo activamente investigado por UK Food Standard Agency y por la European Union Food Safety Group (Ryan, 2011). Aún cuando se presenta como un tema generalizado para los piñones, los últimos estudios han determinado que la manifestación del síndrome es provocado por el consumo de piñones de origen chino; como ya mencionado, existen varias especies de piñones asiáticos comercializados bajo el mismo nombre genérico: *Pinus koraiensis*, *P. sibirica*, *P. yunnanensis*, *P. armandii*, *P. pumila*, *P. tabulaeformis*, *P. massoniana* y *P. griffithii*. Investigaciones recientes señalan que la especie que causa esta alteración corresponde a *P. armandii* (Destailats et al., 2011), estimándose que esta situación podría afectar el prestigio y presencia en el mercado del piñón chino, por lo que las autoridades de ese país han comenzado a tomar medidas al respecto. La Cámara de Comercio China (CCCFNA⁶) creó un sistema de control para garantizar que los piñones exportados a la Unión Europea sean comestibles y de buena calidad, que establece que todas las plantas transformadoras deberán estar acreditadas, que el embalaje de los piñones exportados especifique el nombre científico y común (en chino e inglés), tamaño, y otra información que permita diferenciar la especie; además, definió que todos los piñones exportados deben ser inspeccionados por la empresa SGS S.A. en calidad de tercero, para evitar nuevos casos de PNS. También se modificó la clasificación comercial del producto y se excluyeron las especies *P. armandii* y *P. massoniana* debido a que sus frutos presentan sabor amargo, no siendo aptas para el consumo (FSA, 2011).

⁵ Ana María Covili, propietaria del Restaurant y Fábrica de Pastas Anita Covili, Capitán Pastene, comuna de Lumaco, Región de la Araucanía

⁶ CCCFNA: Chinese Chamber of Commerce of Imports and Exports of Foodstuffs

USOS DEL PIÑÓN

Verónica Loewe M.

Alimentario

El piñón, de calidad universalmente reconocida, apreciado como delicatessen, denominado como “caviar”, “oro blanco” o “diamante de los frutos secos”, se usa en preparaciones saladas (Figura 54) y para elaborar dulces típicos en Italia (Figura 55), España (Figura 56), países del norte de Europa y en Alemania e Inglaterra, donde se importa, así como en Norteamérica. También se usa para preparar salsas y condimentos, y se consume en infusiones en los países árabes durante el periodo del Ramadán.



Figura 54. Antipasto con piñones de pino piñonero



Figura 55. Dulces típicos italianos con piñones de pino piñonero



Figura 56. Dulces típicos españoles con piñones de pino piñonero

En la industria del chocolate se emplea como ingrediente aromatizante de la pasta de cacao. Mezclado con agua se transforma en leche o crema de piñón, una bebida sustituta de la leche, de sabor dulce y apetitoso (Sharashkin y Gold, 2004). Últimamente se están usando piñones con éxito en catas de vino, en reemplazo del pan (Herrero, 2009).

La harina de piñón es un ingrediente altamente nutritivo adicionado a fórmulas infantiles (Nehme y Johnson, 2010).

El piñón inmaduro, conocido como piñón de leche, también se usa en algunas preparaciones (Pérez, 2007). En el pasado, en épocas de pobreza, los habitantes Valladolid consumían la piña verde cruda, aún tierna, una vez pelada y cortada en rebanadas. El polvo seco de piña, obtenido mediante deshidratación, también tiene numerosas aplicaciones culinarias.

Finalmente, el polvo negro que cubre el piñón con cáscara, llamado cisco (Figura 57), se usa en el sur de Francia como aromatizante en la industria panificadora.



Figura 57. Piñones con cáscara (semillas) de pino piñonero recubiertas por cisco

Medicinal

En la antigüedad los piñones se consideraban como estimulante sexual masculino (Fletcher, 2007); Ovidio lo incorpora en una serie de pociones para el amor, y Galeno recomendaba comer miel con almendras y piñones durante tres noches consecutivas para aumentar la potencia sexual; Apicius, celebridad romana, recomendaba una mezcla de piñones, cebolla cocida, mostaza blanca y pimienta con el mismo fin.

Los piñones se usan para elaborar aceite de uso farmacéutico, para el que la literatura menciona numerosos usos, entre ellos propiedades balsámicas y expectorantes; contra la acidez y úlceras estomacales; para recuperar fuerza en casos de extrema debilidad; para afecciones renales y de la vesícula. Megré (1997) precisa indicaciones técnicas para elaborar un aceite de piñón de calidad que incluye, entre otros aspectos, cosechar piñones maduros en el árbol, cosechados por personas sanas, y la extracción del aceite en los primeros tres meses después de la cosecha sin elementos metálicos. Este aceite curaría incluso enfermedades desconocidas (sin diagnóstico), tomando una cucharada sopera en ayunas. De hecho el aceite de piñón con fines curativos se está produciendo en una fábrica médica rusa de acuerdo a dichas indicaciones (Megré, 2000). En el mercado de Londres, donde se fija el estándar de los precios mundiales de aceites, el aceite de piñón de pino se transaba a US\$ 500/Kg (Megré, 1996).

Industrial

Los piñones de calidad inferior se usan para elaborar aceite industrial usado en la fabricación de jabones, o para alimentación de animales domésticos.

Se utilizan también para coagular la leche de cabra en la fabricación del queso, y para elaborar mostaza (Prada *et al.*, 1997).

Se han encontrado piñas cerrando ánforas, a modo de tapón, usadas en la antigüedad para transportar vino, que además de su función de sellado habrían adicionalmente perfumado y conservado el vino.

Energético

Las cáscaras del piñón y los restos de piña (Figura 58) se usan como bioenergía (Figura 59), a veces previa carbonización (Cruz, 2008). Cabe señalar que un 56,3% de la piña corresponde a biomasa, 23,7% a agua y 20% a piñón con cáscara (Martínez, 2008). Las cáscaras de piñones (Figura 60), según Martín y Pérez (2008), son un excelente combustible de alto poder calórico.



Figura 58. Cáscaras de piñón y restos de piña



Figura 59. Residuos de la elaboración del piñón empleados como bioenergía



Figura 60. Cáscaras de piñón mediterráneo

Otros Usos

Las piñas abiertas más hermosas se exportan con fines decorativos, tanto para elaborar artesanías como adornos navideños (Figura 61) (Fonseca, 2003). Las alas y tegumentos del piñón se usan como sustrato inerte y fertilizante en floricultura. En algunas áreas los piñones se usaron como moneda de cambio (Anónimo, 2009a). Piñas y piñones se usaron en templos como comida ritual, ofrenda a los dioses o para su combustión por el aroma que generan; con piñones se elaboraba en el pasado un vino especial utilizado en ritos a la diosa Cibeles (Anónimo, 2009a). El aceite esencial obtenido de las piñas mediante hidrodestilación contiene un 62,8% de limoneno (Tumen *et al.*, 2010).



Figura 61. Uso decorativo de piñas de pino piñonero

ELABORACIÓN DEL PIÑÓN

Marlene González G. y Verónica Loewe M.

Como indicado anteriormente, *Pinus pinea* produce un piñón comestible, ampliamente conocido y consumido en Europa. Existen registros de su cosecha desde el año 1800 en Italia, pero la forma en que ésta se ha realizado ha variado por la introducción de labores mecanizadas y su industrialización, limitando o disminuyendo en forma considerable la participación humana en algunas etapas. En sus inicios el procesamiento de los piñones era realizado por pequeñas empresas familiares, lo que se fue perdiendo con el tiempo.

Tal como indica Muñoz (s/f), el producto más valorado del pino piñonero es su fruto, la piña, por lo que la reproducción y conservación de la especie es necesaria y rentable, aún cuando desde que la piña está en el árbol hasta que llega a manos del consumidor final en forma de piñones sin cáscara o en blanco, ha recorrido un largo y costoso proceso. Cabe mencionar que a partir de 100 kilos de piña se obtienen en promedio solamente 20 Kg de piñón con cáscara y 4 Kg de piñón blanco. En los últimos años, producto del ataque de un insecto sobre las piñas, identificado como *Leptoglossus occidentalis*, los rendimientos han disminuido considerablemente (González, 2012), tanto en Italia como en zonas de España (Cataluña), llegando a valores cercanos al 2%, es decir, obteniéndose sólo 2 Kg de piñón blanco/100 Kg de piña (Loewe y González, 2012).

En este acápite se describe este proceso, abarcando desde la cosecha de las piñas en formaciones naturales o plantaciones, hasta la obtención del “piñón blanco”, que corresponde al piñón apto para su consumo.

Cosecha

Esta faena se realiza entre noviembre y abril (Muñoz, s/f) en su zona de origen, extendiéndose en algunos casos hasta mediados de mayo cuando hay abundante producción o cuando, por razones climáticas, los brotes están demasiado frágiles y pueden dañarse (Peruzzi *et al.*, 1998). En Portugal, el período de cosecha se extiende entre el 15 de diciembre y el 30 de marzo

del año siguiente, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ley N°528/99 (Pinheiro, 2007). En España el período legal de cosecha inicia el 1 de noviembre de cada año, aunque varía según Comunidad Autónoma, y su realización fuera del período autorizado es penalizada, aún cuando es ampliamente conocido que la cosecha “informal” comienza antes del inicio de la temporada (Loewe y González, 2012). En Turquía las autorizaciones para esta faena nunca son anteriores al 10 de noviembre, concentrándose entre diciembre y últimas semanas de mayo en la región de Kozak, aún cuando es habitual que en otras regiones la cosecha se realice antes (Sülüsoglu, 2004).

El año 2010, en Valladolid se autorizó la cosecha a partir del 11 de noviembre (Loewe y González, 2012); en Andalucía, según Orden del 2 de noviembre de 1995, la época habilitada para la recogida de piñas de la especie es desde el 28 de noviembre al 31 de marzo, estando prohibida la recolección fuera de ese período (Gutiérrez, 2007). En Cataluña la regulación obliga a los recolectores a contar con una licencia anual para tal efecto, junto con la autorización escrita del propietario del bosque para realizar dicha faena, la que debe realizarse entre el 1 de noviembre y 15 de mayo del año siguiente; la cosecha fuera de dicho período está prohibida. Además, se exige dejar al menos 5 conos por árbol para garantizar la reproducción de la especie (Centre de la Propietat Forestal, 2009b).

Es importante destacar que los costos que se incurren durante la recogida o cosecha de la piña, son los de mayor incidencia en el precio final del piñón (Junta de Andalucía, 2004).

Cosecha Manual

Corresponde al método de cosecha tradicional, que ha permanecido invariable hasta hoy; realizado por los cosechadores de piña, llamados tradicionalmente “piñeros”, profesionales conocedores del oficio con un elevado grado de especialización. Se practica desde el suelo en el caso de árboles de menor altura o de huertos injertados (Figura 62), o subiendo a la copa usando escaleras o cuerdas, y con la ayuda de ganchos amarrados a los tobillos (gancheros), desprenden las piñas con la ayuda de largas varas de madera, que en su parte superior tienen un gancho en forma de media luna, denominados “hocino o gorguz” (en Europa) o “key” (Turquía) (Sülüsoglu, 2004) (Figura 63); trabajan usualmente sin artículos de protección (Martínez *et al.*, 2009). Existen registros de daños sufridos por orugas de la procesionaria del pino, que afectan la vista y provocan ronchas, principalmente en la cara (Ayuntamiento de Pedrajas de San Esteban, 2008).



Figura 62. Cosecha manual en huerto con gorguz (Provincia de Valladolid, España)



Figura 63. Cosecha manual en plantación con gorguz

En Portugal esta operación, además de ser peligrosa, es de alto costo, siendo cada vez más difícil encontrar quien la realice (Barriguiña *et al.*, s/f), lo que también ocurre en los demás países productores. Según Castaño *et al.* (2004), el corto período de tiempo en que se desarrolla dificulta el aprendizaje del oficio, actualmente en declinación debido a la demanda por trabajos más estables, seguros y de menor esfuerzo físico, y por el costo creciente de la mano de obra.

La Junta de Andalucía (2004) indica que los piñeros profesionales trabajan toda la temporada, ya que compensan las dificultades de acceso a la piña con su mayor destreza para bajar la piña del árbol, a diferencia de otros que participan del “floreo”, que consiste en la recogida de piña en rodales con mayor producción y de mejor accesibilidad.

Los rendimientos registrados varían entre 90 y 150 árboles/día (Torres *et al.*, 2009b), lo que depende del predio y del piñero. Respecto del nivel de producción alcanzado, se utiliza como variable para medir el rendimiento de la cosecha el peso de las piñas; antiguamente se medía en “cargas”, que correspondían a 255 piñas (Ayuntamiento de Pedrajas de San Esteban, 2008). En Cataluña se registran rendimientos promedios de 200-300 Kg piña/jornada, llegando a 700-800 Kg en masas más productivas (Centre de la Propietat Forestal, 2009b).

La legislación laboral española e italiana exige el uso de arneses de seguridad y la contratación de seguros contra accidentes, lo que encarece la faena, contribuyendo tanto a su sustitución por la mecanización como a la cosecha manual informal e ilegal, practicada principalmente por inmigrantes (Herrero⁷, 2010, com. personal).

7 Jorge Herrero C., Ing. Técnico Forestal, MBA, Jefe Área Marketing del Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (CESEFOR), España

Una baja especialización en la cosecha tiene consecuencias negativas sobre los árboles al producir heridas en el fuste y afectar la producción de los dos años siguientes cuando se eliminan piñas de uno y dos años, aún en desarrollo (Junta de Andalucía, 2004).

Una vez que las piñas caen al suelo los mismos piñeros o sus ayudantes, recogen y acopian la piña en puntos llamados “piñeras”, que corresponden a zonas accesibles a los medios de transporte que las llevan a los puntos de transformación (Gutiérrez, 2007).

Cosecha Mecanizada

Consiste en provocar un movimiento vibratorio sobre el árbol, de manera de propiciar el desprendimiento de las piñas (Gutiérrez, 2007). Este método comenzó a utilizarse en Italia hace más de 30 años (Figura 64), y abarca casi el 70% de la producción del país, no existiendo grandes diferencias de rendimiento entre la recolección manual y mecanizada en cuanto a la producción de piñas y piñones, crecimiento de madera y estabilidad de las plantas (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006).



Figura 64. Cosecha mecanizada en bosque adulto (Pisa, Italia)

En España es cada vez más frecuente la recolección mecanizada de piñas con máquinas vibradoras utilizadas en frutales (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009); en dicho país este método se masificó a partir de la temporada 2000/2001, principalmente por la necesidad de reemplazar la cosecha manual de alta peligrosidad para el trabajador, así como por la dificultad de encontrar recolectores experimentados y por el elevado costo de los que, siendo especializados, son cada vez más escasos. Ovando *et al.* (2008) mencionan además las mayores exigencias de seguridad laboral para quienes cosechan manualmente y la mayor productividad de la cosecha mecánica como factores determinantes de su masificación. Esta situación se repite también en Portugal, donde la cosecha mecanizada ha permitido disminuir los costos de producción del piñón y aumentar los niveles de seguridad laboral (Barriguiña *et al.*, s/f; Pinheiro, 2007).

El uso de vibradoras aumenta los rendimientos de cosecha de piña sin efectos negativos a los árboles si se usan correctamente (Pinheiro *et al.*, 2003b; Centre de la Propietat Forestal, 2009b).

La vibradora se mueve en bandas de 20-30 metros de ancho, abarcando toda la superficie del rodal en que se trabaja, o floreando sólo los árboles más cargados. Existe un guía que indica al maquinista cuales árboles vibrar, en función de la cantidad de piñas. Tras ellos viene un grupo de recolectores, que recogen la piña del suelo y la llevan en cestos o baldes hasta lugares de acopio o vehículos.

La duración y rendimiento varían según la experiencia del operador y el tipo de maquinaria empleada (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2011). El tiempo promedio de trabajo productivo para el maquinista es de 30,26 s/árbol, de los cuales 5,67 corresponden al vibrado propiamente tal y la diferencia a labores complementarias (desplazamiento y posicionamiento) (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006), aun cuando estos tiempos se han reducido a 27,06 y 3,77 s/árbol, respectivamente (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2011), probablemente debido al avance tecnológico. En España se reglamentaría el proceso, para evitar que se vibre más de 3 s/árbol a fin de reducir la pérdida de piñas inmaduras de 1 y 2 años (Mutke⁸, 2009, com. personal).

En Italia un conocido productor de piñón cosecha las piñas vibrando 15 segundos distribuidos en 3 repeticiones de 5 segundos, proceso que considera más suave y que, según su experiencia, no afecta la producción de años posteriores, cosechando 200-300 árboles/jornada de 8 horas (Loewe y González, 2012); esto coincide con lo expresado por Blanco *et al.* (2011), quienes afirman que dos vibraciones cortas aumentan la eficiencia de la cosecha sin incrementar el daño al árbol.

La pinza se ubica a 1,5-2,0 metros de altura del tronco, aunque en árboles de mayores dimensiones se trabaja hasta 4 metros de altura. Las pinzas pueden vibrar fustes de hasta 80 cm de diámetro, pero hay que considerar que a mayor dimensión del árbol menor eficacia del vibrado, lo que puede limitar la edad de los árboles para realizar una cosecha mecanizada. La altura habitual de trabajo fija también la altura de poda de limpieza del fuste (Torres *et al.*, 2009b).

El rendimiento medio alcanzado con este método en rodales españoles es de 793,4 Kg de piña/hora. Si se compara con el método tradicional, este rendimiento es 8 a 15 veces superior en número de árboles y 5 a 6 veces superior en cantidad de piña obtenida (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006); en Cataluña el rendimiento medio de la cosecha mecanizada varía entre 3.000 y 5.000 Kg de piña/jornada, llegando en zonas más productivas incluso a 7.000-8.000 Kg/jornada (Centre de la Propietat Forestal, 2009b). En Italia y Portugal se han obtenido rendimientos de hasta 1.000 Kg/hora (Junta de Andalucía, 2004).

Los vibradores se clasifican en equipos compuestos y compactos. Los primeros corresponden a tractores a los que se les acopla un cabezal de vibración durante la época de ejecución de la faena, permitiendo su uso en otras funciones el resto del año; los equipos compactos, por el contrario, corresponden a máquinas diseñadas específicamente para el vibrado, de peso menor pero menos usados debido a su menor versatilidad (Torres *et al.*, 2009b).

Existe preocupación por el efecto que puede provocar la maquinaria en el suelo, en la regeneración natural y al árbol mismo; hasta ahora las restricciones vigentes limitan el peso de las máquinas a 4 toneladas por eje y el tiempo de vibración a tres segundos por árbol, no pudiendo realizarse la faena durante heladas (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009). El límite de peso se debe a los daños edáficos que produce la maquinaria de mayor tara, visibles por mucho tiempo; el suelo calizo se daña mucho si está húmedo, pero es menor el daño si está seco; en suelos arenosos las huellas quedan más marcadas, aumentando el daño si está muy seco o muy húmedo (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006). Según Peruzzi *et al.* (1998), no afecta negativamente las características cualitativas de la madera, pero hay que considerar que el terreno vibra hasta 20-30 m de distancia de la máquina, por lo que podrían alterarse las raíces, lo que depende de la textura del suelo.

También se restringe su uso cuando la topografía es incompatible con la mecanización, cuando existen matorrales de grandes dimensiones que pueden dañar la máquina, cuando se protegen especies acompañantes de interés y cuando se busca recuperar los bosques mediante regeneración natural (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006). Pinheiro (2007) y Castro *et al.* (2010a) agregan que esta faena debe realizarse con cuidado y bajo estrictos criterios, ya que la vibración también puede afectar los nuevos

brotos o a las piñas de uno y dos años (Figura 65), comprometiendo la productividad de las próximas temporadas; Martínez-Zurimendi *et al.* (2009) estudiaron el efecto del vibrado entre noviembre y abril, y los resultados indican que éste no influye en el crecimiento de los brotes.



Figura 65. Pérdida de brotes por efecto de cosecha mecanizada

Aun cuando existen estudios sobre el efecto de la cosecha mecanizada de la especie, se ha observado que los árboles vibrados anualmente se desarrollan menos en altura y crecen más en diámetro que los cosechados en forma manual, no existiendo diferencias en la producción de piñón. Al analizar el vigor de los árboles evaluando el largo de brotes, se observa que la cosecha mecanizada afecta negativa y moderadamente el crecimiento del pino piñonero, disminuyendo la longitud de sus brotes, efecto más notorio en áreas de crecimiento vigoroso.

Al analizar su efecto en las principales plagas que afectan la especie en España, se ha encontrado que en el caso de *Tomicus piniperda* es directo, ya que este insecto prefiere atacar árboles vibrados por su pérdida de vigor; en cambio con la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) ocurre lo opuesto. Para el caso de *Rhyacionia buoliana* no hay diferencias entre ambos tipos de cosecha (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).

García *et al.* (2009) indican que el uso de maquinaria para la cosecha también afecta la regeneración de plantas de menos de 20 cm de altura, existiendo registros de hasta 38,5% de mortalidad por esta causa; existe también un número importante de plantas (53%) que aún sin ver comprometida su sobrevivencia, han sufrido daños que pueden afectar su forma o crecimiento posterior; estos valores corresponden al doble de la mortalidad que se produce en forma natural, lo que demuestra que su uso daña la regeneración en bosques de *Pinus pinea*. Los niveles de mortalidad y daño disminuyen a medida que aumenta la altura de las plantas, ya que un mayor porte permite que el operador las vea y esquivé durante la faena. Los autores observaron niveles de mortalidad y daños menores en una plantación realizada con distribución lineal y sistemática, que permite esquivar las plantas con facilidad, que en formaciones con regeneración natural, donde la distribución de plantas es más irregular, por lo que indican la necesidad de capacitar a los operadores.

Pinheiro *et al.* (2003b), independiente de los aspectos que se deben mejorar para hacer más eficiente la colecta mecanizada, destacan la enorme ventaja de este tipo de cosecha respecto a la manual, dado el mayor número de piñas obtenidas por unidad de tiempo. Sin embargo, su conveniencia también depende del periodo del año; por ejemplo en Portugal se realiza cosecha mecanizada durante diciembre, enero y los primeros días de febrero, pero después se continúa con cosecha manual, para evitar pérdida de piñones porque las piñas se encuentran más secas (Loewe y González, 2012).

Hay casos en que por otras razones, como por ejemplo la protección de fauna silvestre, como verificado en Italia en la Residencia Presidencial de Castelporziano (Roma), se prohíbe el uso de cosecha mecanizada (Op cit.).

La recogida de piñas desde el suelo se hace de la misma forma indicada anteriormente, aunque también existe la opción de complementar la cosecha mecanizada con la recogida de piñas desde el suelo con equipos especializados, que resulta interesante en zonas de escasa disponibilidad de mano de obra y en huertos de grandes dimensiones.

No obstante lo anterior, el uso de máquinas vibradoras está limitado por algunos factores (Peruzzi *et al.*, 1998):

- Periodo: En primavera su uso puede causar daños importantes a la planta, porque sus brotes son muy frágiles. Además, la maduración de las piñas define su peso y humedad, y por lo tanto la facilidad con que se desprenden.
- Clima: Se debe evitar su uso en días muy fríos o en las primeras horas después de una helada, ya que las ramas en estas condiciones son frágiles y caen muchos ápices vegetativos y productivos.
- Modo de operación: El tiempo de vibrado debe ser acorde al diámetro de la planta (5-8 segundos).
- Diámetro del fuste: La máquina empleada debe tener relación con la dimensión de los árboles a cosechar.
- Distanciamiento entre plantas: Debe permitir la circulación de la maquinaria, y por lo tanto su uso debe ser previsto desde el diseño de la plantación.
- Presencia de sotobosque.
- Presencia de enfermedades: Por ejemplo, los nidos de procesionaria caen fácilmente, desinfectándose las copas, pero el operador debe estar protegido para evitar daños.

En Chile se comercializan vibradores adaptables de diferentes marcas, con valores cercanos a € 25.000, y maquinaria completa norteamericana usada por unos US\$ 85.000 más impuesto puesta en el país.

En conclusión, la cosecha mecánica permite actuar con mayor inmediatez y en menor tiempo, aumentando la productividad y reduciendo significativamente su costo. Sin embargo, su potencial efecto negativo sobre el vigor de los árboles resalta la importancia de una adecuada aplicación, limitando la potencia de la maquinaria y los tiempos de vibrado, pero aprovechando las ventajas del sistema (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).

Cosecha en Huertos

Es importante destacar que las plantaciones injertadas presentan, por la conformación de sus árboles, una fácil cosecha desde el suelo, que no requiere piñeros especializados, por lo que se puede realizar con mano de obra contratada y vender la piña en cargadero, en vez de su adjudicación a “riesgo y ventura” en pie (Mutke *et al.*, 2000b). De hecho, en la mayoría de las plantaciones injertadas la cosecha se realiza de forma manual utilizando un gorguz desde el suelo.

La cosecha de huertos también puede realizarse utilizando máquinas vibradoras, para lo cual las ramas bajas de los árboles deben podarse durante los primeros años después del injerto, de manera de formar un fuste robusto, recto y cilíndrico de al menos 2 m hasta la base de la copa, para permitir un movimiento libre de la copa vibrada. Además, fustes limpios en la base y un control adecuado de la maleza pueden garantizar una protección del huerto contra incendios ocasionales (Mutke *et al.*, 2007c).

Cabe señalar que no se han realizado estudios sobre el efecto del vibrado (cosecha mecanizada) sobre pinos injertados (Loewe y González, 2012).

Despiñado o Desgrane

A partir de esta etapa se trabaja en plantas procesadoras, las que deberían encontrarse cerca de los pinares productores y en zonas cálidas y de baja humedad ambiental, para evitar que factores como la lluvia afecten las piñas, ya que si los piñones se humedecen podrían germinar (Junta de Andalucía, 2004). Este proceso se podría detener por acción del secado, pero determina un deterioro organoléptico del fruto.

Para evaluar la conservación de los piñones con cáscara, se realizó un seguimiento a cinco lotes mantenidos en bodega cerrada en Santiago durante casi dos años, analizando el estado de la pepa de piñones con cáscara enteros y sin grietas (íntegros), y de piñones con cáscara agrietados, debido a que se observó que aún estando secos, una parte de los piñones con cáscara se parten o agrietan; Herrero (2009) indicó que esto se verifica cuando los piñones con cáscara se humedecen en alguna de las fases del procesamiento. Se diferenciaron piñones sanos, germinados y con pudrición (Figura 66). Cuando el embrión está blanco o casi blanco y no se desprende fácilmente del cotiledón, aunque tenga un pequeño crecimiento de la radícula no presenta alteraciones gustativas; en cambio cuando éste presenta un color amarillo a verde y se desprende fácilmente del cotiledón ya está deteriorado, y posee mal sabor.



Figura 66. Piñones sanos, germinados y deteriorados

En la Figura 67 se observa que el porcentaje de piñones deteriorados es muy superior en los piñones agrietados, mientras que en los piñones íntegros se mantiene siempre bajo el 8%. El peak de deterioro observado a los 16 meses corresponde a enero, verano en Chile, por lo que las elevadas temperaturas afectarían la conservación incluso del piñón con cáscara, aspecto que deberá cuidarse. No se observaron diferencias significativas entre sacos y bolsas plásticas.

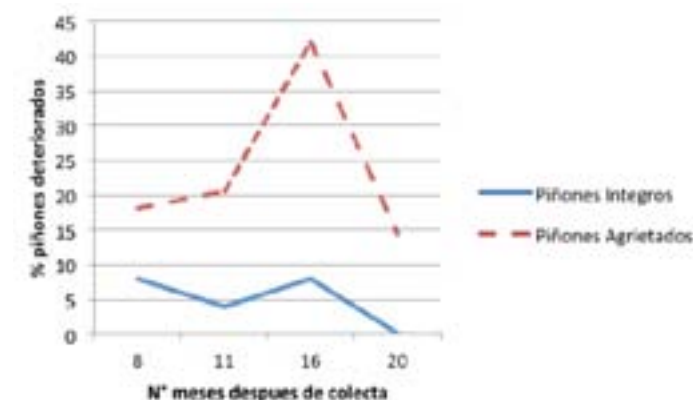


Figura 67. Efecto del almacenamiento del piñón con cáscara en la calidad de la pepa comestible

El proceso de separación del piñón con cáscara de la piña se llama “despiñado” o “desgrane”; se realiza generalmente entre mayo y agosto (periodo estival en el Hemisferio Norte); la Junta de Andalucía (2004) indica que en esa provincia se realiza en mayo, y en Castilla y León, en junio (Gutiérrez, 2007).

El método tradicional considera el almacenamiento de las piñas colectadas hasta el verano (Figura 68), lo que permite que los piñones mantengan sus cualidades naturales, que mejorarían con la continuación del proceso de maduración de los piñones al interior de la piña, obteniéndose un piñón de mejor calidad. En verano, cuando las temperaturas son más altas, se extienden las piñas en grandes superficies de concreto (Figura 69) o ladrillo, rara vez en tierra, que en muchas ocasiones abarcan varias hectáreas, en capas de 1 piña de altura para garantizar su secado; estas áreas son llamadas “sequeros”, donde el calor del verano provoca la apertura y caída del piñón con cáscara, los que posteriormente se recogen con rastrillos (Muñoz, s/f). La piña extendida debe removerse de vez en cuando para homogeneizar su secado y facilitar su apertura (Junta de Andalucía, 2004).



Figura 68. Almacenamiento de piñas



Figura 69. Cancha de acopio de piñas para secado al sol

Con el calor la piña suelta cerca del 80% de sus piñones; para recuperar el 20% restante, las piñas abiertas deben golpearse repetidamente (Gutiérrez, 2007) o introducirse en molinos desgranadores que las rompen, separándose luego los piñones de las brácteas y del centro de la piña mediante el uso de cribas y aire a presión (Muñoz, s/f). Los restos de piñas se utilizan como combustible en calderas industriales (Perea, 2008).

El método industrial, empleado por los principales productores a nivel mundial; Ciavolino (Roma, Italia), Puig o Tres Pins (Cataluña, España), considera el calentamiento de la piña durante 5-7 minutos a temperaturas elevadas (cerca de 200 °C), sin que se abran. A continuación se introducen en un rotor que las rompe y luego se separan los piñones con cáscara de los restos de piña, residuos que también se comercializan con fines principalmente energéticos. Con este proceso se logra un mayor rendimiento de piñón entero y disminuye la manipulación del producto (Loewe y González, 2012). Para la apertura de las piñas en verde también se sumergen en agua hirviendo, pero los procesos que utilizan rápidos incrementos de temperatura alteran negativamente el sabor y aroma de los piñones (Junta de Andalucía, 2004). El rendimiento de este proceso depende de la maquinaria empleada, pero varía entre 25.000 y 50.000 Kg/jornada. Su principal ventaja está dada porque permite elaborar piñón de forma continua todo el año, evitando así la concentración de la oferta (Gutiérrez, 2007).

En general, las empresas familiares sólo procesan hasta piñón con cáscara, vendiéndolos a empresas más grandes quienes elaboran el piñón blanco (Junta de Andalucía, 2004).

Partido, Cascado o Descascarillado

Una vez extraídos los piñones con cáscara, éstos se almacenan, y de acuerdo a la demanda se procesan, partiéndolos. Dada la extrema dureza de su cáscara, antes del partido se recomienda un remojo en agua durante algunas horas, lo que también evita que los piñones se rompan durante el proceso (Muñoz, s/f), ya que aumenta su elasticidad y disminuye la carga de rotura de la cáscara, facilitando su fractura y la separación posterior del piñón de las cáscaras.

Los sistemas empleados varían desde una simple pileta donde se sumergen los piñones, hasta sistemas más elaborados con conexión directa a red de agua (Gutiérrez, 2007). El tiempo de remojo depende del grosor de la cáscara, que a su vez depende de la procedencia (Junta de Andalucía, 2004). No obstante lo anterior, en Italia hay productores que consideran que el remojo deteriora la calidad del piñón y no lo realizan (Loewe y González, 2012).

Al igual que en el caso de otros frutos secos, el partido se realiza en forma manual o mecanizada, dependiendo de los volúmenes y de la calidad del producto en elaboración.

Partido Manual

El partido manual del piñón fue el método empleado durante siglos y efectuado generalmente por mujeres. Es un proceso largo y tedioso, que requiere precisión para evitar pérdidas por partido, por lo que actualmente no se emplea; Süllüsoğlu (2004) menciona el uso de este método durante las primeras producciones efectuadas en Turquía, con una merma del 5-10% por daños debido al proceso.

En Chile se utiliza el partido manual en la industria de las nueces; Valbifrut y Anakena, dos de las principales empresas del rubro, lo prefieren por el alto valor del producto obtenido y la especialización alcanzada por las operarias, lo que no se logra con maquinaria. En este contexto y considerando la cantidad restringida de piñones que existe en Chile, se realizaron ensayos de partido manual, obteniéndose rendimientos que fluctuaron entre 2,35 jornadas/Kg de piñón blanco para partido individual (un piñón a la vez) y 1,67 jornadas/Kg empleando planchas de acero con orificios de distinto calibre (1 placa por calibre, con capacidad de 30 piñones), lo que permite golpear varios en forma consecutiva, aumentando la productividad.

Cabe señalar que estos rendimientos son inferiores a los europeos, lo que se cree se debe al desconocimiento del fruto en Chile, y a la particular dureza de la cáscara.

Partido Mecanizado

En la mayoría de los casos, antes que los piñones con cáscara pasen por los molinos partidores, se clasifican de acuerdo al tamaño mediante cribas (Figura 70), que también separan las impurezas (restos de piña y piñones rotos) (Junta de Andalucía, 2004).



Figura 70. Sistema vibratorio de clasificación de piñón según calibre

Las primeras máquinas partidoras estaban formadas por dos rodillos, escasamente separados entre sí, que giraban por fuerza humana mediante una manivela. Las actuales mantienen los rodillos (Figura 71), pero se accionan con electricidad (Ayuntamiento de Pedrajas de san Esteban, 2008), rompiendo la cáscara del piñón mecánicamente; uno de los rodillos es fijo y el segundo móvil, permitiendo regular la separación de acuerdo al calibre del piñón a partir, ajustándola a la décima de milímetro. Los rendimientos varían entre 500 y 2.000 Kg/jornada (Junta de Andalucía, 2004). Posteriormente, por medio de una bomba de aire se separan los piñones pelados de la cáscara (Muñoz, s/f), permitiendo incluso volver a pasar los piñones que no fueron partidos. Maquinaria de este tipo se emplea actualmente en Turquía, con pérdidas por procesamiento de 1-2% (Sülüsoglu, 2004).



Figura 71. Cilindros ajustables en sistema mecánico de partido de piñones

El partido mecanizado evolucionó al partido por aire comprimido, actualmente usado por los grandes productores. El proceso considera el calentamiento de los piñones con cáscara húmedos, proceso con el que la cáscara se agrieta, y luego su propulsión mediante aire comprimido contra una placa de acero, produciéndose la ruptura con el golpe (Loewe y González, 2012).

En Chile y dado el avance de la industria de otros frutos secos, se realizaron pruebas de partido de piñones con cáscara empleando maquinaria utilizada para partir nueces⁹, con adaptaciones del calibre; destacó en el proceso la dureza extrema de su cáscara, que reduce la proporción de piñones enteros. Se procesó 1,17 Kg de piñón con cáscara sin remojar, diferenciando los productos obtenidos entre:

- Pepa entera: Producto obtenido de un partido perfecto (piñón blanco).
- Pepa molida: Producto con daños (partida o con trozos faltantes).
- Cáscara: Coraza dura, de color café, sin piñón ni restos de él.
- Producto semi-partido: Piñones que no lograron ser partidos por la máquina.

Se obtuvo un 11% de pepa entera, 7% de pepa molida, 28% de pepa con cáscara (sin pelar) y 54% de cáscara. Los piñones sin partir o partidos con cáscara adherida se repasaron, obteniéndose 4,4% de pepa entera, 2,4% de pepa molida, 87,3% con cáscara y 5,9% de cáscara. Considerando los resultados, se verificó la necesidad de contar con maquinaria específica que permita, además de nivelar por calibres, romper las cáscaras sin dañar los piñones. También se hicieron pruebas de partido con maquinaria utilizada para el pelado de castañas¹⁰, con resultados insatisfactorios ya que la cubierta del piñón es mucho más dura y por lo tanto se debe prolongar el tiempo de proceso para remover la cáscara, lo que daña la semilla, no considerándose un tratamiento factible dado el mayor valor del piñón.

Una vez separado el piñón de la cáscara, aún es necesario retirar la cutícula que cubre el piñón, de color café rojizo, proceso que es denominado mondado.

En Portugal, secan los piñones con cutícula durante 80 minutos a unos 80°C, hasta que la cutícula se torna brillante, para después colocarlos en tambores giratorios, donde producto del movimiento se separan el piñón pelado y la cutícula (Loewe y González, 2012). Originalmente esto se realizaba mezclando los piñones con aserrín en un cilindro giratorio, donde el roce entre el aserrín y el piñón resalta la blancura y brillo del piñón (Junta de Andalucía, 2004), al final una separadora neumática devolvía el aserrín al cilindro para su reutilización y por otro salía el piñón pulido. Actualmente el uso de aserrín con este propósito está prohibido por requerimientos sanitarios; algunos productores españoles mezclan y agitan los piñones con 30-40% de salvado de trigo, sémola de trigo, harina de arroz de segunda selección, gruesa y granulada, u otros similares, a fin de desprender la cutícula y eliminar restos del polvo negro de la cáscara. Luego se separan con aire los piñones de la harina, que contiene restos de cutícula y polvo, la que se elimina; posteriormente los piñones se cepillan (Loewe y González, 2012).

Secado

Los piñones pelados se deterioran rápidamente, en pocas semanas o incluso días, en condiciones húmedas y templadas, por lo que es esencial secarlos. Tradicionalmente se secan desde el 20% de contenido de humedad (Loewe y González, 2012) hasta alcanzar un contenido cercano al 6% (máximo permitido según la norma europea). Es habitual el secado mediante aire caliente a 70-80 °C, hasta un 3-4% de humedad, que debe mantenerse si se almacenan por un tiempo prolongado (Junta de Andalucía, 2004).

⁹ Gracias a colaboración de la empresa Anakena.

¹⁰ Colaboración del Prof. Ing. Agrónomo Fernando May Colvin, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Algunos productores, antes del secado lavan los piñones para darles un color más blanco, valorado por ciertos consumidores, e incluso utilizan productos químicos para potenciar el blanqueamiento; se realiza sumergiendo los piñones en agua y en algunos casos también adicionando otros productos, mantenidos en reserva (Loewe y González, 2012). Sin embargo, muchos productores reconocen que con el lavado se pierde parte del sabor y aroma característicos del piñón.

Otros frutos secos, como las nueces, se secan hasta 8% de contenido de humedad, umbral definido internacionalmente, superior al del piñón dadas sus características de resistencia y durabilidad. Teniendo en cuenta estos antecedentes, se realizó en la Universidad de Chile¹¹ pruebas para determinar las condiciones de secado necesarias para alcanzar un 4% de contenido de humedad en piñones colectados en Chile; se utilizó una muestra de 2 Kg de piñón blanco, los que se mantuvieron en estufa a 40°C; el tiempo de secado para alcanzar un contenido de humedad de $3.5 \pm 0.6\%$, se determinó midiendo la humedad cada 5 minutos según método oficial AOAC 934.01, y fue de 20 minutos.

Selección y Clasificación

El piñón blanco obtenido contiene aproximadamente 20% de impurezas (restos de cáscara y de cutícula, piñones rotos o deteriorados), las que tradicionalmente se eliminaban en forma manual, mediante selección visual por parte de seleccionadores, generalmente mujeres. El rendimiento promedio de esta faena es de 500 Kg de piñón/hora, para un grupo de 5 operarios.

Últimamente en el procesamiento industrial se ha incorporado maquinaria utilizada en la selección de otros productos, que corresponden a máquinas clasificadoras ópticas electrónicas de alta resolución, con células fotoeléctricas y colorimétricas, las que detectan y eliminan productos defectuosos y material extraño según definiciones de patrones de color o tamaño. Su uso aumenta la productividad mediante la automatización y reduce el costo, generando un producto atractivo y uniforme; el rendimiento medio es de 50 Kg/hora por canal, y pueden tener varios canales (Gutiérrez, 2007).

A pesar de este avance, y de realizarse varias pasadas por el clasificador fotoeléctrico, en el caso del piñón siempre al final del proceso se realiza un repaso manual (Figura 72) (Muñoz, s/f; Loewe y González, 2012), con el que se elimina las impurezas restantes que escapan la selección colorimétrica, que ascienden al 1%.



Figura 72. Selección manual de piñón blanco

¹¹ Laboratorio de Química de Alimentos y Materias Grasas, Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Los piñones también se clasifican de acuerdo a su tamaño, para diferenciar el producto que accede a algunos mercados específicos. Por ejemplo el piñón pequeño se utiliza mayoritariamente en pastelería (se prefiere mayor número para igual peso por el impacto visual), aunque no existen grandes diferencias en su precio, ya que los valores adicionales por este concepto alcanzan € 0,25/Kg. Algunos productores españoles trabajan con calibres diferenciados, comercializando el piñón grande (5,5 a 8,0 mm) y mediano (hasta 5,5 mm) a diferentes clientes; o calibres mediano, grande y extra grande. También se comercializan piñones partidos a menor precio (aproximadamente 30% inferior), principalmente a pastelerías, para preparaciones con piñones triturados y/o molidos (Loewe y González, 2012).

Cepillado y Otros Tratamientos

El objetivo del cepillado, realizado a solicitud del cliente, es eliminar la capa grasa que cubre el piñón en forma natural para lograr una superficie brillante y limpia, importante cuando se comercializan en envases de plástico, para no alterar la estética del producto y del envase por la adherencia de la grasa, y para uso en pastelería, donde la apariencia es un factor importante, por sobre el tamaño. Este proceso, que se hace en forma mecanizada, es menos efectivo mientras mayor sea el tamaño del piñón, en los cuales permanecen imperfecciones.

Dadas las mayores exigencias de la industria alimentaria en los últimos años, algunos productores han incorporado al proceso de producción la exposición del producto final a luz ultravioleta, justo antes del envasado, como método de desinfección (Loewe y González, 2012). Gutiérrez (2007) entrega antecedentes de otro método de esterilizado, realizados introduciendo los piñones en cámaras de esterilización, durante un muy corto período de tiempo, a elevada temperatura hasta niveles que garantizan total asepsia.

Conservación y Almacenamiento

Los productores que no comercializan directamente, envasan en sacos de 25 o 50 Kg (Figura 73), los que se entregan a exportadores y mayoristas, quienes envasan el producto de acuerdo a cada mercado (Gutiérrez, 2007; Loewe y González, 2012).



Figura 73. Piñón blanco envasado

Para conservar el piñón blanco es fundamental controlar la temperatura, manteniéndolos 12-18 meses a temperaturas entre 7 y 10°C; si se exponen a mucho calor, su deterioro se produce en pocos días; otros productores recomiendan conservarlos a 10 °C con 40% de humedad ambiente, logrando duración de hasta un año.

La Universidad de Chile también recomendó que una vez finalizado el proceso de secado, los piñones pelados se almacenen al vacío o con atmósfera controlada (N_2) para evitar la oxidación y variación de humedad del producto, coincidiendo con Perea (2008), quien indica que en Europa es habitual que una vez terminado el secado, el producto se almacene en cámaras frigoríficas para conservar sus propiedades.

Cabe mencionar que el piñón con cáscara se puede conservar 4-10 años, lo que facilita su procesamiento durante todo el año y no sólo durante la temporada de cosecha (Loewe y González, 2012). No obstante esto, en Chile se ha observado que una proporción del piñón con cáscara se abre si no se conserva en condiciones protegidas de humedad, coincidiendo con lo afirmado por Gutiérrez (2007), quien recomienda almacenar piñón con cáscara en espacios con cubierta impermeable, de cierre hermético, donde además el suelo y las paredes se tratan con aditivos hidrófugos como barrera anti-humedad.

Líneas Completas de Producción

El proceso completo para obtener el piñón blanco requiere, en general, de gran especialización y cantidad de mano de obra, aun cuando se realiza combinando tecnología y técnicas artesanales tradicionales, ya que es la única manera de mantener las características naturales del piñón (Muñoz, s/f; Ayuntamiento de Pedrajas de San Esteban, 2008).

Independiente de las soluciones tecnológicas particulares que se ofrecen para cada etapa del proceso, existen en el mercado líneas completas para su procesamiento que incluyen molino (extrae los piñones de la piña), seleccionador (separa piñones con cáscara según calibre), partidor o descascarador (se ajusta a diferentes calibres; algunos separan la cáscara del piñón pelado y además reenvían a descascarado aquellos que mantienen parte de la cáscara); separador (separa las cutículas de los piñones); secador (de acuerdo a requerimientos); y limpieza (separa piñones partidos y otros elementos extraños). En cualquier caso, si se quiere introducir algún grado de tecnología en los procesos intermedios para la producción del piñón, sobre todo en aquellos donde se requiere de un cierto nivel de sensibilidad de parte del operador, es fundamental capacitar a los operadores de los equipos, ya que en algunos casos, aun contando con equipamiento moderno, los resultados no han sido los esperados precisamente por fallas en este factor (Barriguiha *et al.*, s/f).

Los valores de líneas completas de producción de piñón blanco en el mercado internacional fluctúan entre US\$ FOB 10.000 y 50.000 en China, y cercanos a US\$ 150.000 en México, debiéndose considerar que los piñones de las especies presentes en dichos países tienen cáscara más blanda por lo que se pueden necesitar adaptaciones en el caso de procesar piñones de *P. pinea*. En España los valores referenciales fluctúan entre € 100.000 y 500.000 dependiendo de la tecnología (partido mecánico o por aire comprimido, presentando las primeras valores inferiores), capacidad, proveedor y otros factores.

La inversión para adquirir la maquinaria necesaria para procesar el piñón debe compensar el beneficio obtenido con la venta del producto elaborado, por lo que la cantidad de materia prima a elaborar debe sustentarla. Por esto, las pequeñas empresas no pueden mecanizar todo el proceso y realizan algunas partes de manera artesanal, ya que por tratarse de negocios familiares dedican parte de su tiempo (Junta de Andalucía, 2004); una forma de enfrentar esta situación es a través de asociaciones o cooperativas, tanto de procesamiento como de maquinaria.

RENDIMIENTOS DEL PIÑÓN

Claudia Delard R., Andrea Álvarez C. y Marlene González G.

Los factores más importantes en la producción de piñas y piñones, corresponden a la precipitación y disponibilidad hídrica (Gordo, 2004b). Existe gran variabilidad en la producción de piña por árbol, tanto entre años como dentro de una misma zona y cosecha. El rendimiento de piña a piñón también es muy variable, estando ligado a la producción y tamaño de las piñas (Piqué, 2004b). A su vez, el peso de las piñas también es muy variable y depende fundamentalmente de la clase de edad y de la densidad del rodal (Prades *et al.*, 2005). En Portugal las piñas verdes pueden pesar 500 g cada una (Loewe y González, 2012); en Andalucía verdes pesan 237 g y secas 193 g (23,7% de humedad) (Martínez, 2008); y en Cataluña verdes pesan 276 g y secas 173 g (Centre de la Propietat Forestal, 2009b).

En Chile se evaluó el tamaño de piñas entre las Regiones de Valparaíso y la Araucanía, obteniéndose una media de 364 g por piña, con un mínimo de 208,5 g y un máximo de 562,39 g. A su vez, el número de piñones por piña varió entre 84,7 y 135,9 con una media de 108 piñones (Álvarez, 2010). En Cataluña, el número de piñones por piña es sólo de 65 (Piqué, 2004b; Centre de la Propietat Forestal, 2009b).

Según Herrero¹², de 1 Kg de piña se obtienen 0,2 Kg de piñón con cáscara, y de 1 Kg de piñón con cáscara se obtienen 0,2 Kg de piñón blanco; es decir, se requieren 25 Kg de piña para obtener 1 Kg de piñón blanco, lo que equivale a un rendimiento del 4%. En general el rendimiento fluctúa entre 3,5 y 4,2%, dependiendo de la zona de origen, del año y de las condiciones climáticas. Los rendimientos según país o región son: Albania 4%; Turquía 4%; Portugal 3,7%, y en zonas de mejores crecimientos hasta de 14% (Loewe y González, 2012), y España 3,7%. Dentro de España los valores difieren según la provincia: En Cataluña se indican rendimientos de 3,5 a 4,0% cuando se consideran piñas verdes, y de 4,4 a 6,0% con piñas secas (Piqué, 2004b; Centre de la Propietat Forestal, 2009b); en Castilla y León el rendimiento es del 4%, aunque en Pedrajas asciende a 4,2%, mientras que en Andalucía es de 3,8%, debido al mayor contenido de humedad.

Los valores indicados, a excepción de valor extremo para Portugal, son similares a los señalados por Montoya (1990), quien reporta rendimientos de piña a piñón con cáscara de 15-22% y de piñón con cáscara a piñón blanco de 18-22%, lo que en promedio corresponde a un 3,7% de rendimiento de piña a piñón blanco.

Martínez (2008), en un estudio realizado en Andalucía, encontró que el contenido de humedad de las piñas disminuye a lo largo del período de cosecha, y por lo tanto su peso también. Los mayores rendimientos de piña a piñón con cáscara se obtienen a partir de piñas de tamaño y peso medio, las que conforman aproximadamente el 20% del total de la producción. Al igual que con la piña, el contenido de agua del piñón es importante al establecer el rendimiento de piñón con cáscara a piñón blanco; para una media de humedad de $6,4 \pm 2\%$, el rendimiento de piñón con cáscara a piñón blanco fue de 23%.

En los últimos cinco años ha habido una disminución significativa del rendimiento y productividad de las piñas relacionada con la presencia de *Leptoglossus occidentalis* (Loewe y González, 2012). En Italia, el rendimiento actual se acerca al 0,5% (50 g de piñón blanco/100 Kg de piñas); además, las pocas piñas que completan su desarrollo tienen un piñón por bráctea, y aproximadamente un 40% de los piñones están vanos (Figura 74). En España el 2009 se registraron valores de 1,4-1,8% (14-18 Kg de piñón blanco/tonelada de piña), que el 2010 disminuyó a 0,7-1,1%; en Barcelona este valor alcanzó 2% el 2010, lo que condicionó incluso la operatividad de la planta de un importante productor. En Portugal, el rendimiento de piña a piñón blanco el año 2010 fue del 2%.

Según algunos productores catalanes, los bajos rendimientos obtenidos en la temporada 2009/2010 se presume se deben principalmente a cuatro factores: Plagas, escasez de precipitación en los últimos años, edad y densidad de las masas de pino piñonero, y falta de profesionalidad de los recolectores.

12 Ibid 7



Figura 74. Piñón vano debido al ataque de *Leptoglossus occidentalis*

En Chile, el rendimiento medio de piña a piñón con cáscara y de piña a piñón blanco entre las Regiones de Valparaíso y la Araucanía alcanzó el 2010 valores de $28,0\pm10,12\%$ y $7,3\pm3,49\%$, respectivamente. Estos valores, muy superiores a los observados en la región de origen, deben considerar una disminución si se evalúan piñas muy verdes. Al igual que indicado por Mutke (2009), se encontró que el tamaño de las piñas es independiente del número de piñones, por lo tanto el rendimiento de piñones no se ve influenciado por el peso ni el tamaño de estas. En Cahuil (Región de O'Higgins), donde las piñas son de menor tamaño y peso (209 g en promedio), se observa alto rendimiento, del 12,7% de piña a piñón blanco, coincidiendo con Martínez (2008), quien concluye que las piñas de mayor rendimiento presentan peso y volumen medio, y no las más grandes y pesadas. Esta situación también se observó en la localidad de Mulchén (Región del Bío Bío), donde piñas de 225 g promedio presentaron un rendimiento a piñón blanco de 10,9%; en otro extremo, en la misma región, en la localidad de Cobquecura, piñas de más de 500 g presentaron un rendimiento a piñón blanco de sólo un 4,2% (Cuadro 19) (Álvarez, 2010). La autora constató, al analizar piñas cosechadas en diferentes formaciones (árboles aislados, bosquetes y plantaciones), que al aumentar la densidad de la formación, y por lo tanto la competencia, el tamaño de las piñas disminuye. Respecto al rendimiento de piña a piñón blanco este aumenta con significancia estadística a medida que aumenta la densidad de la formación, encontrándose los mayores valores en plantaciones. El tamaño del piñón blanco se mantiene inalterado en todos los casos.

La evaluación de piñas colectadas en Toconey (Región del Maule) durante tres años consecutivos (2009 a 2011), obtuvo rendimientos de piña a piñón blanco de 3,8; 3,8 y 3,4%, respectivamente.

Cuadro 19. Medias de piñas y piñones con y sin cáscara, clasificados según lugar de colecta y ordenados de Norte a Sur

Región	Sectores	Peso Piña (g)	pcc (N°)	Peso Total pcc (g)	Rendimiento pcc (%)	psc (N°)	Peso Total psc (g)	Rendimiento psc (%)
Valparaíso	Peñuelas	234,09	AB	72,05	ABC	93,73	ABCD	8,87
	Casablanca	329,96	CDE	73,29	ABC	81,00	A	8,56
O'Higgins	Cahuil	208,54	A	72,96	ABC	129,10	H	12,66
Maule	Toconey	380,21	E	109,00	DE	116,00	FGH	9,55
	Federico Albert	312,83	CDE	54,40	A	80,29	A	5,20
	Los Maquis	299,53	BCD	94,90	BCD	97,09	ABCDE	6,32
	Camarico	363,21	DE	86,90	BCD	95,67	ABCDE	5,95
	Camino Sauzal	224,29	AB	83,61	ABCD	92,38	ABC	5,65
	Pocilla Sur 1	260,73	ABC	78,56	ABCD	87,38	AB	6,81
	Ovejería negra	217,49	A	66,78	AB	81,30	A	7,60
Bío Bío	Pocilla Sur 2	331,56	CDE	98,63	CD	93,83	ABCD	4,48
	Cobquecura	562,39	G	89,59	BCD	110,56	CDEFG	4,21
	Guarilhue	513,61	FG	108,70	DE	94,50	ABCDE	4,41
	Quinchamalí	531,86	FG	130,70	E	121,25	GH	4,56
	Cataluña	517,09	FG	108,80	DE	112,11	DEFGH	5,33
	Quillón	459,40	F	132,20	E	102,00	BCDEF	5,91
	El Bordo	481,29	F	132,30	E	120,46	GH	8,54
Araucanía	Mulchén	225,03	AB	93,51	BCD	112,57	EF-GH	10,92
	Antiquina	349,98	DE	98,07	BCD	127,67	GH	10,39
	Purén	494,20	FG	91,80	BCD	97,50	ABCDE	3,95

(Fuente: Álvarez, 2010)

Promedios en la columna con la misma letra no son diferentes significativamente ($P\leq0,05$), según pruebas de rango múltiple de Duncan. pcc: Piñón con cáscara. psc: Piñón sin cáscara.

Latitudinalmente, Álvarez (2010) observó que en las regiones más australes las piñas son de mayor tamaño, lo que concuerda con Mutke (2005), quien sostiene que el peso medio de la piña guarda relación lineal directa con la precipitación. Sin embargo, el mayor rendimiento de piñones se encuentra en la Región de O'Higgins, ya que a pesar de tener piñas más pequeñas, presentó la mayor cantidad de piñones por piña (Figura 75). En este mismo estudio, el análisis del rendimiento en zonas costeras y de valle interior, indicó que este es superior en las primeras, probablemente por la existencia de suelos arenosos y con mayor disponibilidad hídrica, que tal como señala Mutke (2009), corresponden a las zonas donde la especie se desarrolla mejor. Nasri *et al.* (2004) también encontraron en Túnez variabilidad morfológica de piñas y piñones en función de las condiciones geográficas.



Figura 75. Piña colectada en Cáhuil (Región de O'Higgins, Chile) con sus piñones

El Cuadro 20 muestra que los mayores tamaños y pesos de piñas se verifican en localidades con más de 1.300 mm de precipitación anual; pero los rendimientos son variables, confirmando lo indicado por Mutke (2009), quien señala que si bien la disponibilidad hídrica es un factor que incide en la producción de frutos de *Pinus pinea*, no tiene mayor influencia en los rendimientos cuando esta no es un factor limitante.

Por último, es importante señalar que las temperaturas mínimas absolutas influyen en el rendimiento de piña a piñón blanco; valores sobre 9°C permitieron un rendimiento de 12,7% en la localidad de Cáhuil (Región de O' Higgins).

Cuadro 20. Valores de peso, tamaño de piñas y piñones con y sin cáscara, clasificados según precipitación

Sector	Precipitación (mm)	Peso piña (g)	pcc por piña (Nº)	Peso total pcc (g)	Rendimiento pcc (%)	pcc por piña (Nº)	Peso total pcc (g)	Rendimiento pcc (%)	pcc por piña (Nº)	Peso total pcc (g)	Rendimiento pcc (%)				
Casablanca	254,99	329,96	CD	87,63	A	73,3	A	24,46	AB	81	A	24,5	BC	8,56	CD
Peñuelas	411,24	234,09	AB	99	AB	72,1	A	34,05	CDE	93,7	AB	18,8	AB	8,87	CD
Cáhuil	716,40	208,54	A	135,9	F	73	A	35,82	DE	129	F	25,8	C	12,7	E
Toconey	771,53	380,21	DE	122,1	DEF	109	CD	30,41	BCD	116	DEF	34,8	D	9,55	CD
Camarico/C. Saual/ F. Albert/ Los Maquis	962,88	301,37	BC	97,2	AB	82,2	AB	28,87	ABCD	92,3	AB	17,4	A	5,85	AB
Quillón	1.046,59	459,4	FG	107,3	BCD	132	E	28,8	ABCD	102	BCD	27,1	C	5,91	AB
Mulchén	1.124,23	225,03	A	118,6	CDE	93,5	BC	41,59	E	113	CDE	24,3	BC	10,9	DE
Gavián/O. Negra	1.141,84	236,71	AB	88,5	A	72	A	30,93	BCD	84	A	16,8	A	7,25	BC
Guarilhue	1.302,15	513,61	G	99,4	B	109	CD	21,37	A	94,5	AB	22,3	ABC	4,41	A
El Bordo	1.305,45	481,29	FG	126,9	EF	132	E	27,6	ACBD	120	EF	40,9	E	8,54	CD
Quinchamal/ Cataluña	1.383,32	524,04	G	122,6	DEF	119	DE	22,73	AB	116	DEF	25,9	C	4,97	AB
Purén/Antiquina	1.778,75	376,2	DE	128,6	EF	96,9	BC	26,53	ABC	122	EF	32,9	D	9,22	CD
Cobquecura/ Pacheco	2.296,05	430,49	EF	106,2	BC	94,8	BC	24,42	AB	101	BC	18,6	AB	4,36	A

(Fuente: Álvarez, 2010)
Promedios en la columna con la misma letra no son diferentes significativamente ($P \leq 0.05$), según pruebas de rango múltiple de Duncan.
pcc: Piñón con cáscara, psc: Piñón sin cáscara.

MERCADO INTERNACIONAL

Verónica Fuentes D. y Janina Gysling C.

Al observar la producción mundial de los principales frutos secos comercializados (Cuadro 21), se observa la supremacía de la almendra, con una producción de más de 2 millones de toneladas, seguida por las nueces, con 1,7 millones de toneladas, mientras que la producción de piñón blanco (pelado) alcanza tan sólo 6.000 toneladas, con lo cual se observa la baja importancia económica de este fruto a nivel mundial.

Cuadro 21. Producción mundial de los principales frutos secos

Fruto seco	Producción mundial (t)
Almendras	2.112.815
Nueces	1.724.172
Avellanas	1.052.001
Castañas	1.260.306
Pistachos	566.963
Piñones	6.000*

(Fuente: Adaptado de Bravo (2010) citando a FAO (2008))

(*ASFOVA, 2004)

En algunos países como Rusia, los piñones (*Pinus sibirica*) se utilizan para fabricar aceite con un proceso de prensado. Este aceite participa en el nicho de productos gourmet de alto valor o se vende como medicina en botellas o cápsulas; es usado en cosméticos y aceite para masaje; también tiene una variedad de usos especiales tales como terminaciones de madera, fijador en pinturas y en tratamientos de pieles finas en la industria del cuero.

Últimamente el aceite de piñón chino (*Pinus koraiensis*) ha adquirido importancia como producto adelgazante y complemento en dietas, debido a su contenido de ácido pinolénico que produce una sensación de saciedad, disminuyendo el apetito, aún cuando no se existen pruebas científicas que lo confirman. El subproducto del prensado para aceite se usa en chocolates, cereales y otros productos para snacks (Sharashkin y Gold, 2004).

Producción

La producción de piñones constituye el aprovechamiento más importante y rentable de *Pinus pinea*, otorgándole un carácter frutal, superando con creces los ingresos por la venta de madera. Uno de los factores más característicos de la producción de estos piñones es el carácter añero de la especie, con cosechas buenas cada 3 a 4 años, dependiendo esta periodicidad del estado de los bosques y del clima. Cabe destacar que el efecto del añerismo es de carácter regional; por lo general en climas moderados el efecto es menor, produciéndose oscilaciones pequeñas, mientras que en climas continentales las variaciones son más pronunciadas, y en condiciones climáticas intermedias, las variaciones son medias. Por esto la producción de piñones es oscilante y además hay pocos registros.

De acuerdo a las cifras disponibles, la producción mundial de estos piñones con cáscara asciende a alrededor de 30.000 toneladas anuales, de las cuales España, Portugal y Turquía son responsables del 83,3%, es decir, estos tres países producen unas 25.000 toneladas anuales de piñón con cáscara (ASFOVA, 2004), que correspondería a unas 6.000 toneladas de piñón blanco.

De acuerdo a información proporcionada por empresas transformadoras en España, Portugal e Italia, se estima una producción total en estos países de 90.000 toneladas anuales de piña procesada, lo que significa alrededor de 3.600 toneladas anuales de piñón blanco (Gutiérrez, 2007).

España es el mayor productor mundial, con cerca del 45% de la producción de piñones con cáscara (ASFOVA, 2004). Al respecto, Barranco y Ortuño (2004) indican que según datos de los Anuarios de Estadística Agraria de España, en el período 1974-2000 la producción promedio de piñón con cáscara de ese país fue de 6.466 toneladas anuales. La producción española presenta variaciones anuales significativas, con rendimientos que oscilan entre 300 y 1.200 Kg de piñas/ha, con un rendimiento medio en piñón blanco de 3,5 a 4%, es decir, entre 15 y 52 Kg/ha/año.

De acuerdo a Loewe y González (2012), el año 2010 el precio medio de las piñas en España fue de € 0,6/Kg, registrándose precios similares en Italia y Portugal. Destaca el prestigio de las piñas provenientes de Portugal, dado su mejor tamaño y mayor número de piñones. Incluso existen casos en que se han transportado piñas de otros países, mezclándolas para comercializarlas como portuguesas y así obtener un mejor precio.

En relación a la producción mundial de piñones con cáscara de la especie, Eurocompany (2008) indica que España representa entre un 40-50%, seguido de Turquía con 18-22%. Italia es el mayor consumidor, y su producción no cubre la demanda interna, por lo que importa volúmenes significativos. Le sigue en consumo España, y bastante más abajo Portugal y Turquía, cuyas producciones son esencialmente para exportación (Cuadro 22). El precio promedio el año 2010 en España e Italia fue de € 5,3/Kg de piñón con cáscara.

Debido a su buena ordenación y mantenimiento, los bosques de Portugal son altamente productivos, lo que ha provocado que este país, antiguo proveedor de piñones hacia España, se haya transformado en un competidor directo en el mercado internacional, con un 80% de su producción destinada a la exportación (EGMASA, 1998).

Cuadro 22. Países productores de piñón de *Pinus pinea*

País	Participación en la Producción Mundial (%)	Destino de la Producción Nacional	
		Consumo Interno (%)	Exportación (%)
España	40 – 50	60	40
Turquía	18 – 22	10	90
Italia	17 – 21	100	-
Portugal	16 – 20	20	80

(Fuente: Eurocompany, 2008)

Turquía presenta bajos costos de mano de obra, lo que le permite competir ventajosamente frente a España, ocupando parte importante del mercado de los países árabes; situación similar ocurre con el piñón chino. En Francia, a pesar de existir bosques de pino piñonero, en general no se colectan las piñas debido a la escasez de mano de obra.

Es importante destacar que en España, y en general en los principales países productores, el factor que regula el mercado es la piña, verificándose una fuerte competencia entre los productores para abastecerse de materia prima. El abastecimiento depende de la producción del año, mientras que la cantidad de materia prima necesaria para mantener la rentabilidad de la empresa depende del precio de mercado del producto elaborado. En este contexto, es importante incentivar la asociación de empresas para participar en subastas de piñas junto a las grandes empresas; de esta forma habría más competencia y los propietarios de bosques obtendrían mejores precios.

En España las principales zonas productoras se agrupan en tres regiones: Andalucía (todas sus provincias) (Figura 76); zona central (Castilla y León, Madrid y Toledo) y Cataluña (Barcelona y Gerona). Andalucía, con 192.144 hectáreas, 41% de la superficie total en España, es la región más importante en extensión de pino piñonero; las provincias con mayor superficie son Huelva, se-

guida de Córdoba, Jaén, Sevilla, Cádiz y Málaga. En esta zona se colectan 20.000 - 40.000 toneladas de piña, pero la participación en su transformación es baja. La zona central, articulada principalmente alrededor de Pedrajas de San Esteban (Castilla y León), colecta 15.000 - 30.000 toneladas de piña, produciendo cerca de 1.500 - 2.000 toneladas de piñón con cáscara; esta producción no es sólo de la región, ya que una parte de las piñas proviene de Portugal. En la zona hay 42 empresas transformadoras que distribuyen piñones al interior de España y al extranjero. Por último, en la región de Cataluña se colectan 4.000 - 15.000 toneladas de piña y, al igual que en la zona central, parte de estas procede de Portugal, produciendo 3.000 - 4.000 toneladas de piñón con cáscara. Cataluña produce, importa y transforma, y cuenta con una importante red de comercialización de productos (Barranco y Ortuño, 2004).



Figura 76. Bosque de pino piñonero en Andalucía, España

En Turquía, país que fija la tendencia del precio de la temporada, se ha observado un aumento del precio de las piñas, ya que allí maduran antes. También destaca que en el mercado asiático hay precios muy altos, debido al aumento del consumo de piñones, principalmente en China. También en Rusia se ha elevado la demanda por piñones, debido al aumento de población con poder adquisitivo y al impacto significativo de una serie de libros que destaca sus bondades (Sharashkin y Gold, 2004; Loewe y González, 2012).

Hace pocos años llegó a Europa la plaga *Leptoglossus occidentalis*, que ataca las piñas de un año provocando su caída del árbol, mientras que las piñas de 2 y 3 años que permanecen vivas presentan un alto número de piñones vanos. Después de dos años de la detección en Italia, la producción de piñones disminuyó en un 50% y su efecto se incrementó hasta alcanzar actualmente casi la totalidad de la producción del país. Asimismo, redujo el rendimiento de piña a piñón blanco, tradicionalmente de 3,5-4%, a 0,8%. Esto ha provocado que en algunas zonas, como la provincia de Grosseto, muchas personas que participaban en distintas etapas de la cadena productiva, tanto en el manejo de *Pinus pinea* como en la elaboración de su piñón, han sufrido importantes pérdidas económicas.

El primer país donde se detectó este insecto fue Italia, donde ha ocasionado pérdidas importantes en los ingresos derivados de la producción de piñones; actualmente las piñas procesadas en este país provienen principalmente de Portugal y Turquía (Loewe y

González, 2012). Posteriormente, en el norte de España también fue detectado y un 40% de la producción presentó piñones vanos, con lo cual durante el 2010 el rendimiento bajó de 4% a 0,7 - 1,1%. El 2010 se obtuvo en Portugal un rendimiento del 2%, signo de que también había llegado la enfermedad (Loewe y González, 2012), lo que fue confirmado oficialmente con las detecciones realizadas por el INRB a partir de octubre de 2010 en distintas localidades del país (Silveira, 2011). Por lo anterior, se constata que la producción de los principales países productores de piñones mediterráneos se encuentra significativamente mermada.

Cabe señalar que el abastecimiento en el caso de bosques públicos comienza con la estimación visual de la producción de piña, denominado aforo, trabajo controvertido si se considera que el método no tiene base científica, dependiendo de la experiencia y conocimiento del encargado de la operación. Luego del aforo, se hace una subasta o licitación en la que se oferta el recurso en pie. También existe venta directa entre privados, en las fechas estipuladas por la autoridad (Loewe y González, 2012).

Principales Empresas y Asociaciones

Las principales empresas productoras de piñones de *Pinus pinea* enfatizan el hecho que la competencia más fuerte en este mercado se da en el momento de adquirir la piña, porque determina el nivel de producción que alcanzará la empresa; por esto, compran a diversos productores y en varios países (Loewe y González, 2012). Reconocen la existencia de un importante mercado informal y destacan la frecuente ocurrencia de robo de piñas desde los bosques.

A nivel mundial, la industria líder del sector del piñón mediterráneo es la empresa italiana Ciavolino Daniele e Figli (Roma), con un volumen de producción de más de 30.000 toneladas de piña anual y una trayectoria de 60 años en el mercado, cuya actividad principal es la producción de piñón blanco. Sus canales de abastecimiento incluyen España (Castilla y León, Andalucía y Cataluña), Portugal, Turquía e Italia, produciendo alrededor de 1.200 toneladas de piñón blanco anualmente. En los países donde se abastece trabaja con intermediarios y empresas privadas con las cuales negocia directamente. Fuera de Italia, los principales destinos de sus productos son Alemania, Suiza, Francia, España, EE.UU. y Oriente Medio.

La empresa más importante de España es Frutos Secos Puig SA, la segunda más relevante a nivel mundial, que comenzó a elaborar y comercializar piñones hace más de 90 años. Posee tres sucursales en España (Castilla, Cataluña y Andalucía) y una en Portugal, procesando unas 20.000 toneladas de piñas anualmente, de las cuales al menos 15.000 toneladas proceden de Portugal, produciendo cerca de 800 toneladas de piñón blanco. El principal destino de sus productos es el mercado español, en tanto que exporta fundamentalmente a Italia (Gutiérrez, 2007).

Por otra parte, el incremento de la competencia en este sector por la entrada al mercado de nuevos actores, principalmente el piñón chino, ha estimulado la creación de distintas asociaciones. Como ejemplo, en España la Asociación Castellana de Elaboradores del Piñón (ACEPI) agrupa 37 empresas la mayoría de las cuales pertenece a la localidad de Pedrajas de San Esteban, municipio donde se elabora más del 80% del piñón español; su objetivo es la unión de los empresarios del sector, la defensa de los intereses comunes, mejorar la calidad y promover el piñón de origen ibérico.

También en Pedrajas de San Esteban se encuentra la cooperativa Piñones de Castilla SA (PICASA), que surgió de la necesidad de los productores de la zona de asociarse para comercializar independientemente de las grandes empresas; su objetivo actual es abrir nuevos mercados en el exterior. Otro ejemplo es la cooperativa Piñonsol, creada para comercializar en forma directa el piñón de sus asociados, y Coforest, cooperativa andaluza dedicada a la elaboración del piñón con cáscara.

Entre las asociaciones no dedicadas exclusivamente al piñón, cabe mencionar al Consorcio Forestal de Cataluña (Consorti Forestal de Catalunya), con 1.200 socios, creado por un grupo de silvicultores catalanes, que se ha convertido en la primera organización forestal de Cataluña y de España, reconociendo en los bosques un valor incalculable por sus funciones que benefician a los propietarios y a la sociedad. Los representa a nivel local, nacional y europeo, y entre sus áreas de acción destacan su representación ante el gobierno y los agentes sociales en defensa de sus derechos como propietarios y como silvicultores, la comunicación y divulgación, el asesoramiento, la formación, la innovación y la transferencia de tecnología.

En Portugal se encuentra la Associação dos Produtores Florestais do Vale do Sado (ANSUB), que nace de un grupo de asociados de la región de Alcácer do Sal, Grândola y Santiago do Cacém, organizados con el objetivo de defender y promover el desarrollo del bosque de la región. Tiene convenios con diversas entidades sectoriales (Asociación de Agricultores de Grândola, Autoridad Forestal Nacional (AFN), MICOPLANT (Micología Forestal), Universidad de Évora e Instituto nacional de Recursos Biológicos (INRB) (participa en proyectos de investigación), Portucel, DGRF (lucha contra el nematodo del piñonero), ECOTIMBER (Aprovechamiento de Residuos Forestales), entre otros. Tiene un huerto clonal con 64 clones de pino piñonero del Registro Nacional de Materiales de Base (RNMB), seleccionados por ser excelentes productores de piña, tanto en cantidad como en calidad, desde el cual obtiene y proporciona púas para injertos, con la garantía que las plantaciones que se injerten tendrán excelentes producciones cuando se verifiquen condiciones climáticas adecuadas.

Demanda

En Europa existe una demanda importante por piñones de pino, en la cual actúan con mayor presencia dos tipos: Piñones mediterráneos y chinos.

Se estima que la producción mundial de piñones se sitúa bajo la demanda, incluso en años de buena cosecha, lo que significa que el tamaño del mercado podría crecer rápidamente si la disponibilidad del producto aumentara. Esta situación tiene dos consecuencias importantes: Altos precios e inelasticidad de los mismos (Fuentes, 2009).

Considerando a Italia, Francia y Alemania, el mercado anual del piñón blanco es de unos € 27 millones, en el cual España participa con € 7 millones, lo que representa algo más de la cuarta parte del mercado (ASFOVA, 2004). Fuera de la Unión Europea (UE), EE.UU. es un gran importador, con montos interesantes y crecientes, de los cuales gran parte corresponde a piñón chino. Sin embargo, si se considera que el mercado interno en China ha aumentado notablemente junto con el crecimiento económico del país, se puede esperar que sus exportaciones de piñón a EE.UU. disminuyan y con ello aumente el potencial para otros proveedores externos.

Las líneas de productos que demanda el mercado se pueden clasificar en base a la presentación del mismo: piñón con cáscara, piñón blanco, piñón tostado, confites con piñones y otros.

La demanda de piñón se estructura en diferentes grupos con distintas exigencias. Los exportadores y restaurantes demandan piñón blanco de calidad, que incluye la esterilización. Para el consumo doméstico el piñón es de calidad y se caracteriza porque pese a los cambios en los precios, se mantiene, mientras que el piñón de menor calidad se destina al sector industrial (pastelería). Es importante mencionar que en este sector los compradores enfrentan las alzas del piñón de *Pinus pinea* sustituyéndolo por piñones de otras especies, aumentando la entrada de productos similares a menores precios, como el piñón chino o pakistaní (Gutiérrez, 2007).

La demanda global de piñón es principalmente por piñón blanco, en tanto que el piñón con cáscara es demandado fundamentalmente en zonas españolas de tradición, como Castilla y Madrid, principalmente por parte de empresas elaboradoras de piñón blanco. La demanda por este producto es muy baja en relación a la del piñón blanco (Fuentes, 2009).

Por otro lado, el piñón destinado a repostería industrial sufre la competencia de otros frutos secos como la almendra y el "piñón chino", y puede ser sustituido.

Comercio Exterior

Una dificultad importante en el comercio exterior de piñones en la UE es el uso de diferentes códigos arancelarios por cada país, agrupándose en ocasiones los piñones con y sin cáscara; incluso en ciertos casos también se incluyen las piñas dentro de los

mismos códigos. Además, es importante mencionar que en las estadísticas no se diferencian distintas procedencias de los piñones, es decir no se especifica la especie productora, por lo que los datos corresponden a piñones en general, y no necesariamente a piñón de *Pinus pinea*. Los datos presentados a continuación provienen del *Statistical Office of the European Communities*¹³ (Eurostat, 2012); el código arancelario usado es 08029050¹⁴, *Pine nuts, fresh or dried, whether or not shelled or peeled*. Según Eurostat, la UE es un importador neto, con un monto total importado el 2011 de € 228 millones, disminuyendo un 6,7% respecto al monto importado el 2010. Durante el período 2000-2011, cerca de la mitad de las importaciones provinieron de la misma UE, y el porcentaje restante desde otras zonas del mundo.

En relación a las exportaciones, durante 2000-2011 los montos fueron mayoritariamente en alza, con un monto total de € 122,7 millones el año 2011, registrándose un aumento del 4,4% respecto al 2010. En el período estudiado, más del 80% del monto exportado se destinó a la UE (Figura 77).

De los principales productores de piñones de *Pinus pinea* de la UE, España exhibe los mayores montos exportados bajo el código mencionado en el período 2000-2011, con un peak el año 2011, cuando alcanzó € 38,8 millones, con un incremento del 47,5% respecto al 2010. El segundo mayor exportador fue Portugal, cuyos montos han oscilado en el período, con un máximo el 2011 de € 21,2 millones, 28,7% más que en el año anterior. Italia obtuvo el tercer lugar, con un monto exportado de € 13,1 millones el 2011, disminuyendo un 16,8% respecto al 2010, cuando registró el peak del monto exportado del período (€ 15,8 millones) (Figura 78) (Fuentes, 2009).

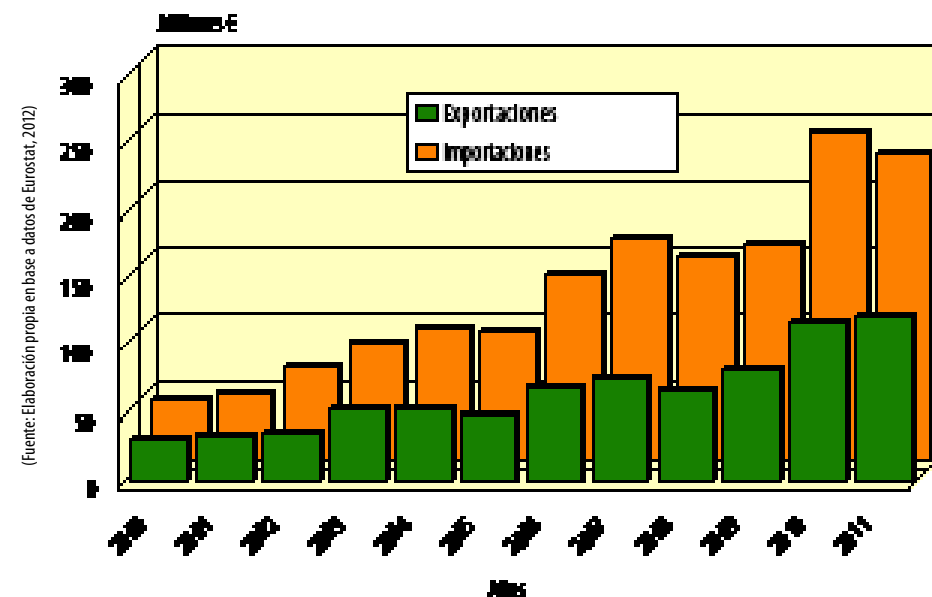


Figura 77. Exportaciones e Importaciones de la Unión Europea, período 2000-2011

¹³ Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas

¹⁴ 08029050: Piñones, frescos o secos, con o sin cáscara o mondados

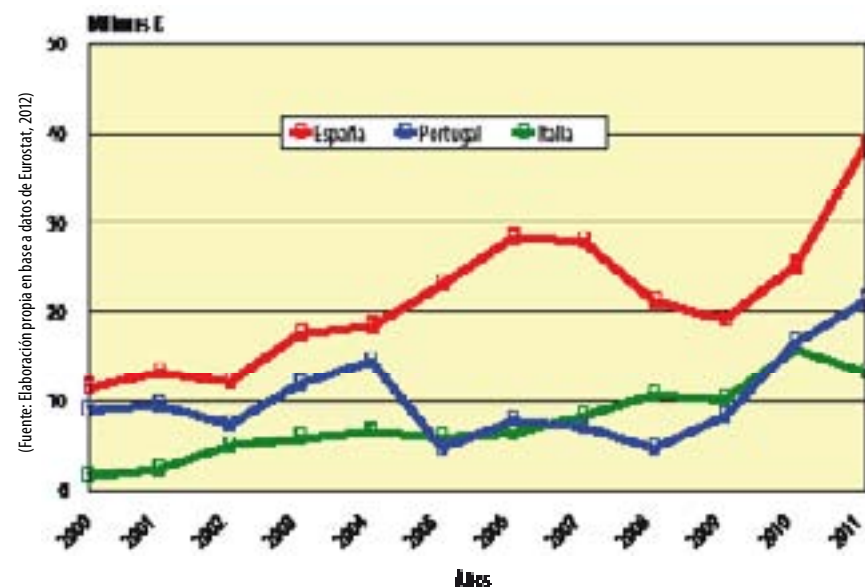


Figura 78. Exportaciones de piñones de España, Portugal e Italia, período 2000-2011

En relación a las cantidades exportadas, hasta el año 2004 el exportador indiscutido de la UE es Portugal, pero desde el 2005 se ha verificado una drástica caída en sus exportaciones, lo que según Eurostat y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de Portugal, se debería a la confidencialidad estadística de las empresas, es decir ciertas compañías que no autorizan la difusión de su información, por lo que es muy probable que estas cifras no reflejen la totalidad de las exportaciones. Otro aspecto importante es que Portugal es un gran exportador de piñas, fundamentalmente a España e Italia, no así de piñones, por lo que es posible que las cantidades indicadas entre 2000-2004 incluyan piñas y que desde el 2005 a la fecha las cantidades registradas conciernen solamente a piñones, lo que explicaría la drástica caída en los montos exportados, puesto que el rendimiento promedio de piña a piñón con cáscara es de alrededor de un 20% y de piña a piñón pelado de un 4%.

Respecto del comercio histórico de piñones de España, Herranz (2000) indica que sus exportaciones entre 1995-1998 se destinaron en un 65-78% a la UE, siendo Italia y Francia los mercados más importantes, con más del 80% de las exportaciones; a continuación se ubican Alemania y Portugal. Fuera de la UE (22 - 35% del total exportado), Suiza es el principal destino de las exportaciones españolas, superado sólo el año 1997 por EE.UU.; además de estos dos países, Israel y Australia son destinos significativos de piñones en este período. De acuerdo a cifras del periodo 2000-2011, alrededor de la mitad del monto exportado por España correspondió a Italia; el año 2011, el 43,3% del monto exportado se destinó a Italia, mientras que el segundo lugar fue para Portugal con 14,5%, seguido muy de cerca por Francia, con 14,2%. Posteriormente se ubicaron Alemania, EE.UU. y Suiza con 9,3; 5,5 y 2,6%, respectivamente. La trayectoria de participación de estos países en el monto total exportado por España se muestra en la Figura 79.

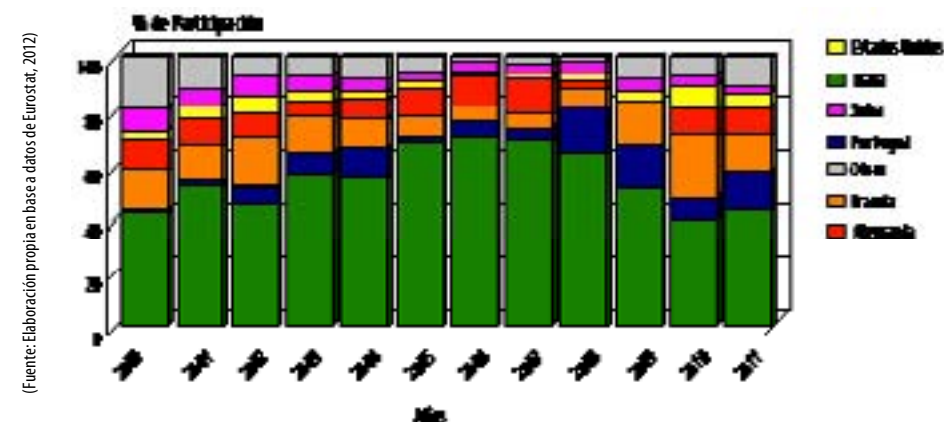


Figura 79. Principales destinos de exportaciones de piñones de España, período 2000-2011

El 59,1% del monto total exportado por Portugal se destinó a España, seguido de Italia, con 28,2%; durante 2000-2011, más del 90% del monto exportado por Portugal fue para estos países.

En relación a Italia, el principal mercado de destino de sus exportaciones el 2011 fue Suiza, con un 35,2% del monto total exportado; le siguen Inglaterra con 28,9% y Bélgica con 18,7%. Estos tres países han sido los principales destinos de Italia durante el periodo 2000-2011.

En cuanto a los montos importados, Italia ha sido el líder indiscutido. No obstante, el año 2011 registró una baja de 7,4% respecto al 2010, con un monto total importado de € 61,7 millones. En segundo lugar se posicionó España, con € 31,8 millones, un 8,3% más que el año anterior. Le siguió Portugal, pero con valores bastante inferiores, con un significativo incremento el 2011 de más del 200% en relación al 2010, con un monto importado de € 4,4 millones (Figura 80).

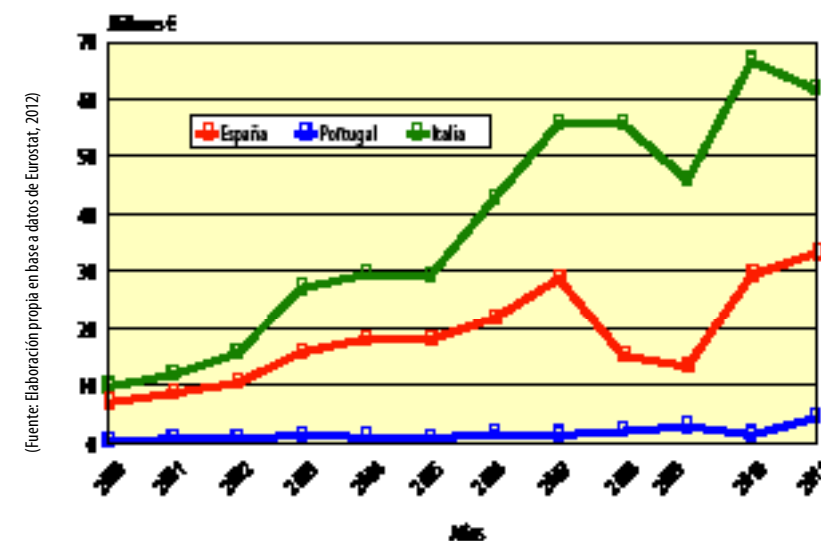


Figura 80. Importaciones de piñones de España, Portugal e Italia, período 2000-2011

Los mayores proveedores de piñones a Italia, mayor importador de piñones de la UE, durante el 2011 fueron: España con un 31,7% del monto total importado, aumentando un 72,9% respecto al 2010; Turquía con un 21,9%, país que disminuyó su participación en 37% respecto al año anterior; y Portugal con 19,4%, registrando un alza del 12,1% respecto al 2010. Estos tres países fueron en el periodo 2000-2011 los principales proveedores de piñones a Italia en términos de monto, pero su participación en el total importado ha tenido variaciones importantes. Otros orígenes de importancia durante el período fueron Alemania y China (Figura 81).

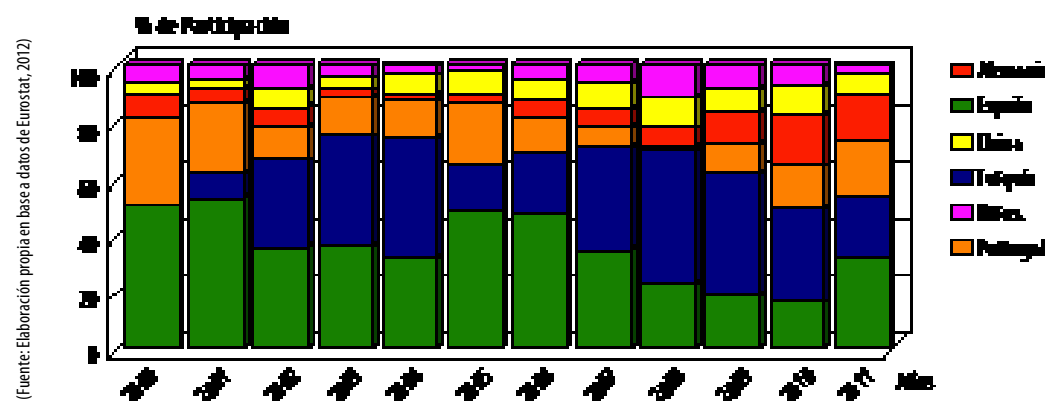


Figura 81. Orígenes de importaciones italianas, período 2000-2011

Los orígenes de las importaciones españolas de piñones durante el período 1995-1998, correspondieron mayoritariamente al área intracomunitaria, mayoritariamente de Portugal (70 a 95%); le siguen Italia (10%), Países Bajos (2,4%) y por último Francia (2,2%). Fuera de la UE, China es el mayor proveedor de España, pero de piñones de otras especies. Otros países relevantes fueron Turquía, Pakistán y Marruecos (Herranz, 2000).

De acuerdo a Eurostat, entre 2000-2011 Portugal se mantuvo como principal proveedor de España, participando con el 83% del monto importado el 2011, cifra 30% superior al 2010. En segundo lugar se encuentra China, cuya participación llegó al 32% el 2008, pero posteriormente disminuyó significativamente, hasta el 9% el 2011, 4,9% menos que el año anterior. El tercer proveedor el 2011 fue Turquía, quien también sufrió una importante baja del 69,8% respecto al 2010, con sólo un 3,5% de participación.

Cabe mencionar que España es un país tanto importador como exportador, lo que pareciera paradójico, pero que se explica porque parte importante de las importaciones corresponde a piñón chino que se destina a consumo industrial.

Las importaciones de Portugal crecieron en más de un 200% en términos de valor y más de 300% en cantidad durante el 2011. España fue el principal y casi único proveedor, con una participación de 91,9% del monto total importado; otros orígenes, aunque con montos pequeños en relación a España, fueron Francia e Inglaterra.

Comercialización

Características de los Consumidores

Por tradición y tamaño, España es el principal exponente del mercado de piñones de *Pinus pinea*. Un caso similar se da en Italia, país con importante tradición de consumo de este fruto en gastronomía. Portugal en cambio no absorbe toda la producción local y sólo se registran mayores ventas en Navidad, por lo que la mayoría de su producción es exportada.

Diversos autores presentan como dificultad importante en la comercialización de piñones, el hecho que la mayoría de los consumidores no distingue los piñones de pino de distintas especies, razón por la cual el piñón chino está entrando con fuerza en los mercados gracias a su menor precio, producto de los menores costos de cosecha (mano de obra más barata), a pesar que este fruto presenta propiedades organolépticas inferiores a las del piñón de *Pinus pinea*, lo que hace importante su diferenciación, fácil para quienes trabajan con ellos. Es importante mencionar el efecto en el mercado que ha ocasionado el fenómeno del "Pine Mouth" o "Pine Nuts Syndrome (PNS)", ya descrito, que influye sobre el mercado de piñones en general y últimamente del piñón chino, que se ha traducido en la toma de medidas por parte de las autoridades de ese país. De acuerdo al INC (2011), al aplicar medidas restrictiva, entre las que se incluye la prohibición de exportar piñones de especies que provocan el síndrome, la industria del piñón de *P. pinea* reportaría resultados alentadores.

Arranz y Álvarez (2008) analizaron el perfil de los consumidores de este producto en la localidad de Pedrajas de San Esteban (España), donde se elabora el 80% del piñón español, constatando que la mayoría de la comunidad consume este fruto (77%) y citando entre las causas de quienes no lo hacen su alto precio y no ser de su agrado. Los principales consumidores son personas sobre 35 años, los más jóvenes se encuentran menos vinculados al sector, por lo que lo consumen de manera poco frecuente, fundamentalmente como fruto seco o en repostería, mientras que los primeros lo hacen en forma de guisos o empiñonadas (dulce tradicional de mazapán y piñones). La mayoría de los entrevistados que consumen piñón se encuentra ligada de alguna forma a este sector, ya sea porque trabaja en él o porque algún familiar lo hace. No observaron diferencias de género respecto al consumo de piñones, pero sí de edad.

Herrero (2009) indica que en España el mayor hábito de consumo se encuentra en la costa mediterránea y que los principales compradores son las dueñas de casa, para consumo doméstico.

Formatos de Venta

Los piñones se comercializan con y sin cáscara. Cuando se venden con cáscara, se trata principalmente de piñones de pinos de Norteamérica que tienen cáscara blanda, habitualmente usados como alimento para aves. De acuerdo a Loewe y González (2012) y a oferentes de internet, la venta de piñones en Europa se realiza principalmente en los siguientes formatos:

- Piñones con cáscara
- Piñones sin cáscara o crudos (Figura 82)
- Piñones tostados (Figura 83)
- Repostería, como turrón de piñón (Figura 84), piñones confitados (Figura 85), dulces árabes con piñones, trufas con piñones, chocolates con piñones (Figura 86), entre otros (Figura 87)
- Salsas con piñones, especialmente pesto
- Aceite de piñón
- Mantequilla de piñón
- Mermelada de piñón.

También se comercializan productos menos tradicionales, como helado de piñones (Figura 88) y las piñas de la especie como adorno (Figura 89).



Figura 82. Piñón blanco en comercio (Portugal)



Figura 83. Piñones tostados de pino piñonero (España)



Figura 84. Turrón de piñón



Figura 85. Piñones confitados



Figura 86. Chocolates con frutos secos, entre ellos piñones



Figura 87. Uso de piñones en repostería (España)



Figura 88. Helado de piñón de pino piñonero (Italia)



Figura 89. Piñas empleadas con fines decorativos

Canales de Distribución

En España, los productores corresponden a grandes y medianas empresas que realizan el proceso de transformación completa del piñón, exportando la mayor parte. En el mercado interno, entregan los productos tanto a mayoristas como minoristas, distribuyéndolo escasamente al consumidor final. Las empresas mayoristas los comercializan generalmente a minoristas y a pastelerías y restaurantes. Los distribuidores suelen ser tiendas de frutos secos que venden el producto al consumidor final o bien a industriales. Además de las empresas productoras, existen empresas dedicadas exclusivamente a la exportación, las que se abastecen de las productoras (Figura 90).

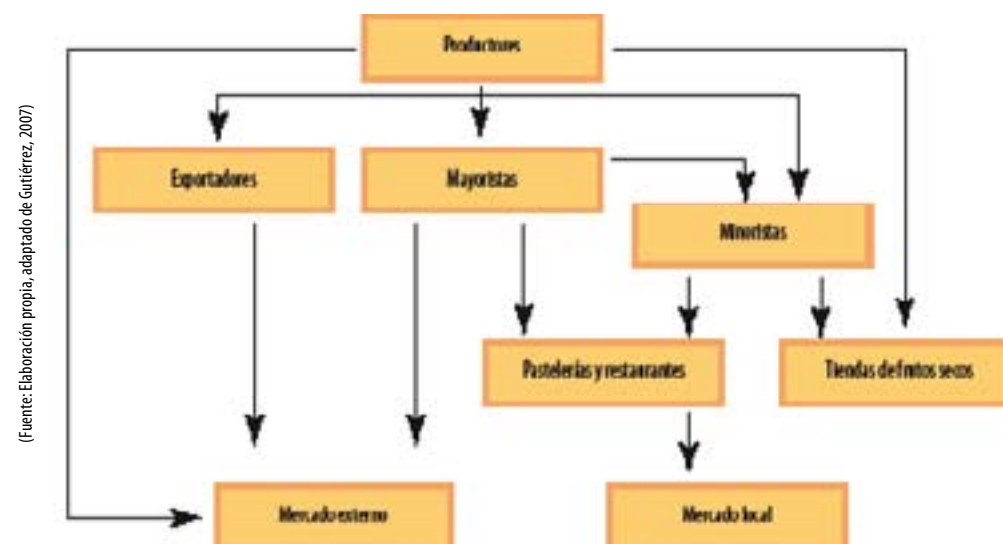


Figura 90. Canales de distribución de piñones en países productores

De acuerdo a lo observado, en las principales zonas productoras y comercializadoras de piñones de *Pinus pinea*, España, Italia y Portugal, el consumidor final puede encontrar distintos productos en base a piñones en los siguientes establecimientos: Mercados, supermercados, tiendas de frutos secos, tiendas de productos naturales, pastelerías y quioscos.

Destaca la ocurrencia de robo de piñas, considerado como el mayor problema del sector; entre las soluciones posibles se considera relevante realizar cambios en la legislación y fiscalizar la cosecha de las piñas. De acuerdo a la ley vigente, en Cataluña el 1 de noviembre se inicia la cosecha de piñas, a pesar de lo cual la colecta en el bosque empieza antes, ya que a las empresas empiezan a llegar camiones cargados con piñas desde el primer día de la temporada oficial (Loewe y González, 2012). En este contexto, en Castilla y León existe la ORDEN MAM/875/2011, que regula el aprovechamiento de piña de *Pinus pinea* L., crea el inventario de montes productores de piña de la especie en la provincia, y lista las empresas habilitadas para cosecharla (Consejería de Medio Ambiente, 2011). Además, y como complemento a esta, la ORDEN AYG/1066/2011 regula la acreditación de la trazabilidad en la producción, transformación y distribución de piñas y piñones en la provincia (Consejería de Agricultura y Ganadería, 2011).

Recientemente, la Consejería de Fomento y Medio Ambiente (2012) publicó la Orden FYM/744/2012 que regula el aprovechamiento de piña cerrada de la especie, crea un inventario de bosques productores y lista las empresas habilitadas para este fin. Esta normativa tiene su origen en diversos problemas de aplicación de la normativa vigente, especialmente los frecuentes robos de cosecha en pie y otros aprovechamientos fraudulentos.

Por otra parte, existen los llamados "Pliegos de Clausulas Administrativas Particulares" en distintos municipios de Valladolid, que reglamentan el aprovechamiento de piña y establecen las condiciones que regulan las licitaciones, tales como la época de cosecha, el valor de la licitación, las condiciones para la acreditación (solvencia técnica, económica, otros) y garantías provisionales para la mantención de las ofertas hasta la adjudicación del contrato, entre otros. Cabe mencionar que en ciertos casos se solicitan garantías significativas contra daños al bosque (hasta por un 10% del valor de la licitación), lo que representa un peso económico relevante, que pueden enfrentar sólo grandes empresas.

Cabe destacar que en general la elaboración de piñón, al igual que la del resto de alimentos, se encuentra sometida a los requisitos de trazabilidad derivados del Reglamento CE N°178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo del 28/1/2002, que

establece los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria, crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y fija procedimientos relativos a la seguridad alimentaria (Piñonsol, 2010).

Precios

Con excepción de los piñones de *Pinus pinea*, los precios de los piñones de otras especies no presentan gran diferencia en la oferta disponible en internet. En efecto, existe una clara supremacía del precio del piñón de *Pinus pinea*, que en promedio casi duplica el precio de piñones de otras especies (Figura 91).

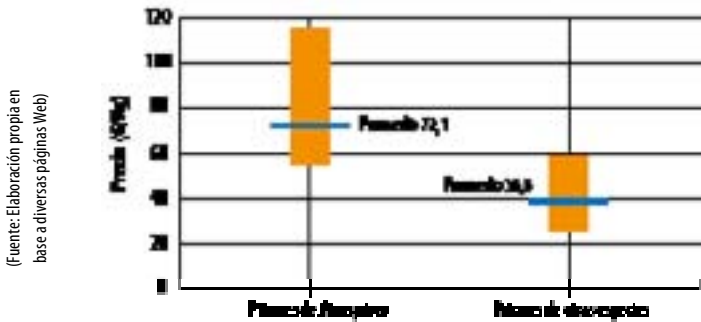


Figura 91. Rango de precios de piñones ofertados en diversas páginas Web

La información proporcionada por los productores y distribuidores que operan vía internet muchas veces no permite saber el origen del piñón; igual situación se presenta en tiendas del mercado norteamericano. A esto se agrega lo ya indicado respecto al desconocimiento y dificultad del consumidor común para diferenciar las características y sabores de unos y otros, lo que finalmente se ha traducido en una pérdida de competitividad del piñón europeo.

En este sentido, es frecuente encontrar que el piñón chino se publicita en internet como “Chinese Pignolias”, “Pine Nut Pignolias” o “Pignolias”, término utilizado también para ofertar algunos piñones norteamericanos, existiendo una mezcla de nombres comerciales para referirse al producto, lo que genera confusión al consumidor.

En el mercado europeo, especialmente en España, la diferenciación que se realiza en cuanto al origen del producto es mayor por la tradición histórica de ser un productor importante de piñones (Figura 92). De acuerdo a Lonja de Reus, ciudad española reconocida como la capital europea de los frutos secos, los precios de piñones pelados (a productor) presentan oscilaciones anuales no tan pronunciadas como las variaciones observadas en el precio pagado por el consumidor final. Entre los años 2007 y 2011, el precio promedio inferior fue de € 18,93/Kg el 2009, mientras que el más alto se registró el 2011, con € 25,7/Kg (Figura 93).



Figura 92. Piñones comercializados con la denominación de origen informal de “Piñones de Pedrajas”, reconocidos por su calidad asociada al secado de la piña al sol

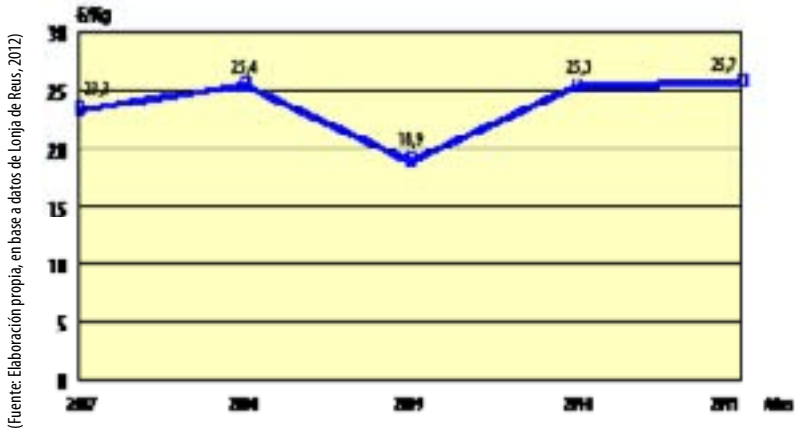
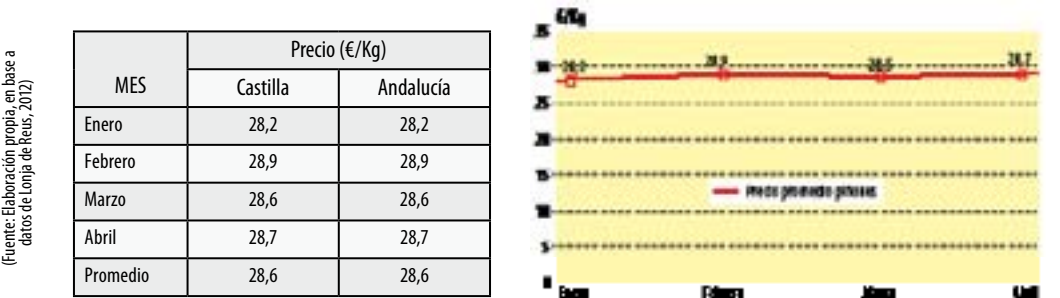


Figura 93. Evolución de precios promedio de piñones pelados (2007-2011)

Respecto del 2012, los precios mensuales indicados por Lonja de Reus para Castilla y Andalucía, entre enero y abril, generan un promedio parcial del año 2012 de € 28,6/Kg para piñón blanco (Cuadro 23 y Figura 94).



Cuadro 23 y Figura 94. Evolución de precios mensuales de piñones (enero-abril 2012)

Por otro lado, de acuerdo a datos recopilados en diversos establecimientos comerciales de España, Italia, y Portugal, a granel (Figura 95) o en diferentes tipos de envases, se observaron los precios indicados en el Cuadro 24.



Figura 95. Piñón blanco comercializado a granel (Cataluña, España)

Cuadro 24. Precios de piñones según presentación en España, Italia y Portugal (2010)

PAIS	TIPO DE TIENDA	FORMATO DE VENTA	PRECIO (€/Kg)
España	Productor mayorista	A granel	28,2
	Mercado	A granel	39,9
	Supermercado	Bolsa	73,6
	Supermercado	Caja	102,8
	Supermercado	Frasco de vidrio	107,3
Italia	Productor mayorista	A granel	29,6
	Supermercado	Caja	86,2
Portugal	Productor mayorista	A granel	27,8
	Supermercado	Bolsa	76,3

(Fuente: Elaboración propia, en base a datos de Loewe y González, 2012)

De acuerdo al Cuadro 24, no se observan diferencias marcadas entre países, detectándose un precio medio de € 28,5/Kg (productor mayorista) en los tres países donde se recopilaron datos. Cabe destacar que según el formato aumenta el precio, y que los piñones envasados en pequeñas cantidades en bolsas, cajas o frascos de vidrio presentan un precio muy superior al extrapolar al Kilogramo.

En Francia el precio de los piñones de *P. pinea* alcanzó un valor de € 23,5/Kg el 2009, casi el doble del precio del piñón chino, que en la misma fecha presentó un valor de € 13,5/Kg (Marché Rungis, 2009).

Respecto de otros productos, se observa una gran diversidad de dulces y preparaciones saladas con piñones. Existen diversas recetas tradicionales españolas que cuentan con el piñón como ingrediente esencial, tanto saladas como dulces, como los panellets o empiñonadas, dulce tradicional en Cataluña en la víspera de Todos los Santos, que consiste en una bola de mazapán de almendras recubierta con piñones (Figura 96), cuyo precio medio por caja de 200 g es de € 3,9 (€ 19,7/Kg) en producto envasado, y de € 40/Kg para el producto fresco en pastelerías. Por otro lado, en mayo, en las festividades de San Juan, es tradicional el consumo de las típicas “cocas” elaboradas con piñones; además, en las regiones donde se consume piñón es común encontrar turrone, chocolates y biscochos con piñones, entre otros productos. En relación a las recetas saladas, destacan las espinacas a la catalana, guisos o asados con piñones y diversas ensaladas y salsas. En Anexo 2 se presentan precios del 2010 de varios productos comercializados en Italia, España y Portugal.



Figura 96. Panellets, dulce tradicional catalán

Estándares de Calidad para el Comercio Internacional de Piñones de Pino en Europa

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, UNECE¹⁵, desarrolló normas de alcance mundial para regular la calidad de los productos de la agricultura, para facilitar su comercio mundial, alcanzar una producción de calidad, mejorar la rentabilidad y defender los intereses de los consumidores. Las normas de la UNECE se utilizan a nivel internacional por gobiernos, productores, exportadores, importadores y organizaciones internacionales. Cubren una amplia gama de productos, entre los cuales se encuentran frutas y vegetales frescos (FFV, Fresh Fruit and Vegetables), y los productos secos y desecados (DDP, Dry and Dried Products) en los cuales se incluyen los piñones de pino.

En el contexto indicado, la UNECE definió en 1993 un estándar de control de calidad para el piñón de pino, tanto para el comercio intra como extra europeo, conocido como norma DDP-12, aún vigente (UNECE, 2011), que define la aplicación de un estándar a las semillas del género *Pinus*., en especial a los piñones de *P. pinea* L. y al piñón chino (*P. koraiensis*) en las cuales el endocarpio (cáscara) y el tegumento (piel) han sido removidos. El estándar se aplica a piñones para consumo directo o para procesamiento industrial, y define requerimientos de calidad para exportación una vez preparado y embalado; de tamaño; tolerancias permitidas en calidad y tamaño; y requerimientos de presentación y del marketing (Anexo 2).

Cabe destacar que en junio del 2011 se realizó una reunión de la sección especializada de la UNECE sobre normalización de productos secos y desecados, en la cual se revisaron algunas sugerencias de la delegación china a la actual norma; aún no se han materializado cambios en la norma.

Los cambios propuestos consideran la incorporación de otras especies a la norma, tales como *Pinus sibirica*, *P. yunnanensis*, *P. griffithii*, y *P. pumila* (la actual menciona solo *P. pinea* y *P. koraiensis*), así como también *P. wallichiana* y *P. gerardiana* propuestas por Francia; y respecto al contenido de humedad, ya que actualmente la norma indica un 6%, proponiéndose que este valor se mantenga sólo para el piñón de *Pinus pinea* mientras que para piñones de otras especies no supere el 3%.

Otros Mercados del Piñón

En Turquía, donde también se produce piñón de *Pinus pinea*, Sülişoglu (2004) señala que la producción anual de piñón blanco es cercano a 1.300 toneladas, de las cuales más del 76% se produce en la zona de Kozak, donde las ganancias obtenidas por la venta de piñones ha estimulado la forestación en tierras degradadas e incluso la sustitución de árboles frutales y viñedos por plantaciones de pino piñonero. El aumento del nivel de ingresos en la región debido al piñón, ha producido grandes cambios en las condiciones socioeconómicas de sus habitantes, generando una cohesión importante entre estos, lo que ha fomentado la formación de cooperativas que mejoran la comercialización y generan nuevos empleos. Allí el proceso consiste en cosecha manual desde el árbol, realizada por hombres, mientras que las mujeres recogen las piñas del suelo y las acopian; una vez secadas al sol, las mujeres extraen los piñones con cáscara. Para pelar el piñón utilizan máquinas importadas desde España e Italia. El autor señala una baja demanda en el mercado interno debido a insuficiente promoción del producto, por lo que más del 80% de la producción es exportada.

La superficie de *P. pinea* en el Líbano representa el 18% del área forestal del país, con más de 6.000 hectáreas destinadas a producir piñón; es la principal actividad económica de muchos pueblos de media montaña, con una producción estimada de piñón con cáscara de 200 Kg/ha (Herrero, 2009).

Se estima que la producción de piñones en China alcanza 10.000 toneladas anuales (Sülişoglu, 2004), concentrándose el 70% en las provincias del noreste de Heilongjiang y Jilian (Eurocompany, 2008). Destaca que la producción de piñones en China tiene una trayectoria de sólo 25 años (Fletcher, 2007), y ya se ha constituido como el mayor productor mundial. China es el principal proveedor de piñones a EE.UU., gran importador de este fruto, con montos interesantes y crecientes. Al respecto, Sharashkin y Gold (2004) señalan que parte importante de los piñones enviados por China previamente se importan desde Rusia, donde se producen piñones de *P. koraiensis* y principalmente de *P. sibirica*.

15 United Nations Economic Commission for Europe

Otro competidor para el piñón ibérico es el piñón pakistaní, de *Pinus gerardiana* o pino chilgoza; la producción anual de ese país es de unas 5.000 toneladas, siendo Balochistán la principal zona productora. La producción se destina al mercado interno y se exporta al Medio Oriente. Cabe señalar que el pino chilgoza también se encuentra en Afganistán, cuya producción bordea las 5.000 toneladas anuales (Sülüsoglu, 2004). En México existe una amplia variedad de pinos piñoneros, siendo *P. cembroides* el de mayor importancia comercial, abasteciendo más del 90% del mercado de piñones en ese país. La recolección de estos piñones genera gran actividad económica en zonas rurales, principalmente en las de clima semiárido. Talavera¹⁶ (com. personal, 2008) indica que los piñones con cáscara se comercializan en las zonas donde se distribuye la especie; los precios varían dependiendo de la cosecha del año, y el piñón pelado se comercializa en los mercados de estos municipios y en la central de abastos de la Ciudad de México.

MERCADO NACIONAL

Verónica Fuentes D., Janina Gysling C. y Alejandro Venegas G.

Como ya indicado, existen piñones de varias especies de pino, siendo la más importante desde el punto de vista comercial *Pinus pinea*, cuyos piñones corresponden a una de las frutas secas de mayor valor en el mercado mundial, y forman parte de la cocina tradicional de los principales países de origen de la especie (España, Italia, Portugal y Turquía).

Para que no existan confusiones, es necesario señalar que en Chile se denomina piñones a las semillas de *Araucaria araucana*, especie endémica de Chile y Argentina, los que son recolectados principalmente por los pehuenches (pueblo originario) y consumidos de diversas formas; crudos, cocidos, tostados, como harina, cuscús y como licor fermentado, y presentan un proceso comercial bastante informal, caracterizado por transacciones sin registros de precios o volúmenes. Por lo tanto, en este acápite cuando se hace mención a piñones chilenos, se trata de piñones de *Pinus pinea* producidos en Chile.

Se ha encontrado que en ciertas zonas del país se denomina a la especie como “pino de piñas” o “pino de cocos”, diferenciándolo del pino radiata que es llamado “pino de conos”, y a las piñas se las nombra en algunos sectores como “pinochas”.

En Chile no hay un mercado desarrollado de piñones del género *Pinus*, existiendo escasos puntos de venta del producto. En general, son considerados como un producto gourmet o delicatessen, aunque en los supermercados en que se comercializan se los ubica en las góndolas de condimentos. Son conocidos y consumidos esencialmente por miembros de las colonias de los países productores de piñón, principalmente la italiana, española y árabe. La mayor parte del consumo es abastecida por importaciones; la evolución de los precios ha sido discreta y discontinua, destacando como una de las principales dificultades para su comercialización.

A continuación se presentan antecedentes de oferta y demanda actual de piñones de esta especie en Chile, enfocado en la ciudad de Santiago, dado que no se detectó venta de piñón pelado en otras ciudades del país.

Estos piñones son consumidos localmente por quienes los colectan en forma directa, comercializándose solamente en algunos mercados (Figura 97), y en forma estacional.

Oferta

Importación de Piñones

En base a los registros de importación del Servicio Nacional de Aduanas, entre los años 2003 y 2010, se efectuaron las importaciones de piñón pelado indicadas en el Cuadro 25, para un total en el periodo que alcanzó 1.248,8 Kg (Figura 98), con una media de 156,1 Kg/año.



Figura 97. Piñones con cáscara de pino piñonero comercializados en mercado local (Chillán, Chile)

16 Ildefonso Talavera, Comisión Nacional Forestal de México, com. personal

Cuadro 25. Importaciones de piñones en Chile (2003-2010)

Año	Cantidad (Kg)
2003	298,8
2004	8,2
2005	-
2006	125,9
2007	277,7
2008	328,3
2009	60,0
2010	150,0

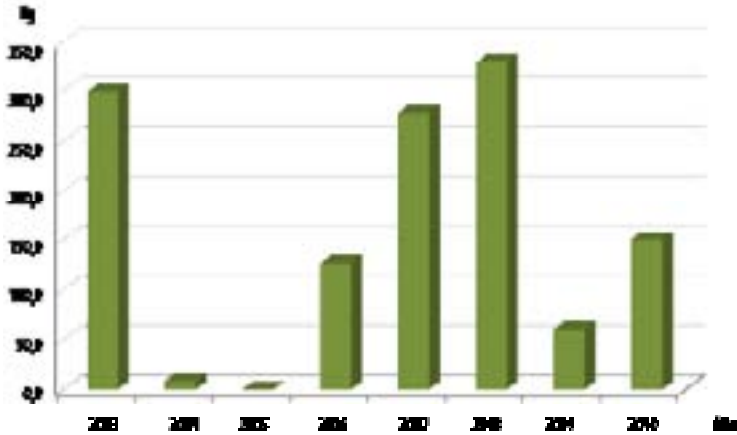


Figura 98. Evolución de importaciones de piñones de pino en Chile

Las importaciones realizadas corresponden a piñones pelados en distintas presentaciones: Sachet, frasco, bolsa y sacos. Los países de origen de dichos piñones fueron EE.UU., España e Italia, con una participación de 57,6; 22,4 y 20%, respectivamente. Se distinguen siete importadores, siendo cuatro de ellos comercializadores directos, mientras que el resto son distribuidores (Cuadro 26).

Cuadro 26. Importaciones de piñones en Chile (2003-2010)

AÑO	NOMBRE IMPORTADOR	CATEGORÍA DECLARADA	NOMBRE DECLARADO	MARCA	PRESENTACIÓN	CANTIDAD (Kg Neto)	PRECIO CIF (US\$/KN)	VALOR TOTAL IMP (US\$)	PAÍS DE ORIGEN
2003	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Vigo-F	Sachet de 56,68 g	8,2	25,5	208,1	EEUU (P. Rico)
	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Vigo-F	Paquete 2/2,25 Kg Caja 2 Unidades	196,3	2,6	510,4	EEUU (P. Rico)
	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Vigo-F	Frascos de 49 g	3,5	291	102,6	EEUU (P. Rico)
	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Vigo-F	Frascos de 2,27 Kg	90,8	14,1	1.279,4	EEUU (P. Rico)
	TOTAL					298,8		2.100,4	
2004	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Vigo-F	Sachet de 56,68 g	8,2	25,2	205,6	EEUU (P. Rico)
2006	Fernando Arenillas Cotroneo	Los demás	Piñones	Chiquilin	Envase de 35 g	45,8	5,8	266,0	España
	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Alessi	Bolsas 56,68 g	3,6	29,0	104,5	EEUU (P. Rico)
	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Vigo-F	Bolsas 2,25 Kg	68,1	14,4	977,2	EEUU (P. Rico)
	Fernando Arenillas Cotroneo	Los demás	Piñones	Chiquilin	Envase de 35 g	8,4	33,7	282,8	España
	TOTAL					125,9		1.630,5	
	Proboka S.A.	Los demás	Piñones de pino	Alessi	Bolsas 56,68 g	106,7	3,0	320,2	EEUU (P. Rico)
	Biosolutions S.A.	Los demás	Nuez de pino	Now-F	Unidades de 381 g	22,9	18,4	421,3	EEUU (P. Rico)
2007	Comercializadora Global Trading	Los demás	Piñones	Al Nour-F	Pallets (5 cajas de 9,872 KN)	148,1	5,9	873,7	EEUU (P. Rico)
	TOTAL					277,7		1.615,2	
2008	Comercializadora Global Trading	Los demás	Piñones tostados al vacío	Al Nour-F	680,16 g	63,3	4,7	295,0	EEUU (P. Rico)
	Inversiones Bética Ltda.	Los demás	Piñón	Pinolsol-F	En bolsa de 1 Kg	48,0	45,0	2.157,6	España
	Inversiones Bética Ltda.	Los demás	Piñón	Pinolsol-F	En tarro de 180 g	24,0	59,1	1.418,4	España
	Dist. de alimentos Globe Italia	Los demás	Piñones	Ital-Pinoli-F	Saco de 40 Kg	40,0	44,2	1.768,8	Italia
	Fernando Arenillas Cotroneo	Los demás	Piñones	Peñalva-F	Envase de 35 gr	125,0	19,7	2.457,5	España
	Fernando Arenillas Cotroneo	Los demás	Piñones	Peñalva-F	Envase de 35 gr	28,0	15,4	432,0	España
	TOTAL					328,3		8.529,4	
2009	Dist. de alimentos Globe Italia	Los demás	Piñones	Ital-Pinoli-F	Saco de 60 Kg	60,0	46,2	2.773,8	Italia
	Imp. y Dist. de Alim. Gran Gourmet Italia	Para uso alimenticio	Piñones secos	Italpinoli-F	Sacos de 25 Kg	50,0	51,3	2.564,5	Italia
2010	Dist. de Alimentos Globe Italia	Frutos de cáscara frescos secos	Piñones	Italpinoli-F	Sacos de 25 Kg	100,0	51,6	5.155,0	Italia
	TOTAL					150,0		7.719,5	
TOTAL PERIODO						1.248,8		24.574,4	

(Fuente: Registros del Servicios Nacional de Aduanas en Portal Data Sur, 2011)

Venta de Piñones Importados

Pese a no existir un mercado desarrollado del piñón en Chile, existen algunos locales de venta de piñones importados. La mayoría corresponden a tiendas de productos gourmet y delicatessen, y en menor medida a tiendas de frutos secos. En el Cuadro 27 se presenta una lista de tiendas que hasta el año 2011 vendían piñones en Santiago. Cabe destacar que se incluyen piñones tanto de *Pinus pinea* como de *P. koraiensis* y *P. gerardiana*.

Como se aprecia en el Cuadro 27, son relevantes las diferencias en los precios, siendo el menor valor \$30.000/Kg de piñón pelado (sin considerar piñones confitados), correspondientes a *Pinus koraiensis*, de inferior calidad que los piñones mediterráneos. Sin embargo, este precio es significativamente superior a otros frutos secos como las castañas de cajú y pistachos, que se transan a aproximadamente \$12.000/Kg. Independiente del país de importación registrado por la Aduana chilena, los encargados de las tiendas distinguen cinco procedencias para los piñones importados: Italia, EE.UU., España, Siria e India, lo que posiblemente contribuye a las grandes diferencias de precios por tratarse de piñones de diferentes especies; de hecho, los precios más altos detectados (sobre \$100.000/Kg) corresponden a piñones de *Pinus pinea*. La gran mayoría de estas tiendas destaca los altos costos de importación, razón por la cual la oferta no es constante. Por otra parte, al consultarles sobre la posibilidad de producir piñones en Chile, los entrevistados manifiestan su interés y resaltan lo ventajoso que sería ya que mejoraría la comercialización actual.

Es importante mencionar que los piñones procedentes de España e Italia corresponden a *Pinus pinea*, mientras que los de EE.UU. son de otras especies de pino, probablemente de origen chino (*Pinus koraiensis* o *Pinus sibirica*) o mexicano. No obstante, se han detectado confusiones, como el caso de piñones de marca Oriental Productos, importados desde EE.UU. y que en su envase especifican a China como origen pero que corresponden a piñones de *Pinus pinea*. Además, se han declarado ventas de piñones procedentes de India según indicado por el comercializador, probablemente de *Pinus gerardiana*, pero sin embargo no existen registros de aduana de importaciones de piñones desde ese país, por lo menos no en el código arancelario que se refiere a ellos, ni tampoco se han identificado visualmente en ninguna tienda comercializadora.

Cuadro 27. Antecedentes de oferta de piñones de pino importados en Santiago

LOCAL	PROCEDENCIA*	ESPECIE	FORMATO DE VENTA	CANTIDAD (g)	PRECIO (\$/UNIDAD)	PRECIO (\$/Kg)**
Globetalia	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (bolsa)	20	2.300	115.000
Geraldine	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (sachet)	56	3.790	67.679
Valles de Chile	EE.UU.	<i>Pinus koraiensis</i>	Piñones pelados (frasco)	49	3.790	77.347
Comercial Global Trading	EE.UU.	<i>Pinus koraiensis</i>	Piñones pelados (a granel)	100	3.000	30.000
De Cocina	India	<i>Pinus koraiensis</i>	Piñones pelados (granel)	1.000	58.000	58.000
Cardamomo	España	<i>Pinus gerardiana</i>	Piñones pelados (sachet)	150	8.000	53.333
William Neno Maluk	Siria	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (sachet)	35	2.490	71.143
Oriental Productos	EE.UU.	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (sachet)	100	5.990	59.900
Organisk	EE.UU.	<i>Pinus koraiensis</i>	Piñones pelados (sachet)	200	7.500	37.500
Emporio 65	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (caja)	100	5.800	58.000
Jumbo Portal La Dehesa	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (frasco)	227	8.990	39.604
Jumbo Los Dominicos	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (bolsa)	100	6.990	69.900
Jumbo Alto Las Condes	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (bolsa)	20	3.650	170.000
Jumbo Bilibao	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (frasco)	20	2.990	149.500
Jumbo Maipú	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones blancos confitados (Bolsa)	100	1.899	18.990
Coquinaría	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (frasco)	20	2.990	149.500
Grangourmet Italia	EE.UU.	<i>Pinus koraiensis</i>	Piñones pelados (frasco)	20	2.990	149.500
Sahtein	China	<i>Pinus koraiensis</i>	Piñones pelados (frasco)	20	2.990	149.500
Unimarc	China	<i>Pinus koraiensis</i>	Piñones pelados (bolsa)	50	2.190	43.800
Tottus Parque Arauco	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (bolsa)	150	5.900	39.333
Maison du Gourmet	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (bolsa)	500	17.900	35.800
Organisk	Italia	<i>Pinus pinea</i>	Piñones pelados (frasco)	100	6.900	69.000
			Piñones pelados (frasco)	100	3.290	32.900
			Piñones pelados (frasco)	20	3.490	174.500
			Piñones pelados (bolsa)	100	8.990	89.990
			Piñones pelados (bolsa)	125	7.990	63.920

*Según informado por el local de venta. **Precio equivalente a un kilogramo

Venta de Piñón Nacional

Respecto de la venta de piñones de *Pinus pinea* cosechados en Chile, se encontró que existe comercialización de este producto en tres ciudades del país: Chillán y Concepción en la Región del Bío Bío, y Pichilemu en la Región de O'Higgins. Los locales de venta corresponden a tiendas de frutos secos, pero en la primera ciudad corresponde al mercado central.

Es importante mencionar la escasa información que proporcionan los comercializadores, en especial cuando se les consulta sobre el origen del producto. De los ofrecidos en Chillán y Concepción se deduce, de acuerdo a antecedentes sobre la distribución de la especie en Chile y la historia, que podrían ser cosechados en la misma región, comuna del Carmen, sector del Boldo, y/o de sectores precordilleranos de la provincia, mientras que los de Pichilemu provendrían de Cahuil, donde existe la mayor superficie plantada de *Pinus pinea* en Chile, cercana a 30 hectáreas. En general se maneja en secreto la información de los proveedores.

En cuanto a formatos de venta, en general se comercializa con cáscara a granel; no fue posible obtener información sobre tipo de clientes, usos o procesamiento. Sólo en un caso se encontró venta de piñones pelados (Cuadro 28).

Cuadro 28. Antecedentes de oferta de piñones de pino cosechados en Chile

LOCAL	LUGAR	PRODUCTO	PRECIO (\$/Kg)	Año
Mercado Chillán	Chillán	Piñón con cáscara	4.400	2008
Mercado Chillán	Chillán	Piñón con cáscara	3.400	2009
Mercado Chillán	Chillán	Piñón con cáscara	4.000	2009
Frutos secos Santa Juana	Concepción	Piñón con cáscara	4.000	2009
Mercado Chillán	Chillán	Piñón con cáscara	4.800	2010
Mercado Chillán	Chillán	Piñón con cáscara	4.000	2010
Feria libre	El Carmen	Piñas	150 (unidad)	2011
Sabores de mi tierra	Pichilemu	Piñón pelados	6.000	2011
Mercado Chillán	Chillán	Piñón con cáscara	4.000	2012
Mercado Chillán	Chillán	Piñón con cáscara	4.800	2012

Existe cierta homogeneidad en los precios de venta de piñones nacionales con cáscara, mientras que los piñones pelados comercializados en la ciudad de Pichilemu, tienen un valor considerablemente inferior al del piñón importado comercializado en Santiago, lo que se debería a falta de información y al origen informal del producto.

Demanda

Consumidores Actuales de Piñón en Chile

Los piñones son escasamente conocidos en el mercado local y su consumo se encuentra restringido principalmente a miembros de las colonias de los países con tradición de consumo, es decir, españoles, italianos, portugueses y árabes, que demandan piñones de pino. Dicha demanda se considera actualmente insatisfecha debido a la escasa y errática oferta del producto.

España, como mayor productor de piñones de *Pinus pinea*, posee tradición de uso de este producto, por lo que se encontraron algunas tiendas y restaurantes orientados a la colonia española que comercializan o utilizan piñones en sus preparaciones. La población española en Chile es la más importante de los inmigrantes europeos, alcanzando, de acuerdo al Censo Poblacional realizado en Chile el 2002, un total de 4.379 residentes. Existen en Chile numerosas instituciones relacionadas con la colonia española,

entre ellos la Cámara Oficial Española de Comercio de Chile, el Círculo de Profesionales Hispánicos y diversos Centros Españoles y Círculos Españoles a lo largo del país. Asimismo, hay un número significativo de restaurantes de comida española, así como tiendas de productos típicos. Por lo tanto, debido a la importancia de esta colonia en Chile y a los variados organismos y centros relacionados a ella, existe un potencial para la venta del piñón ya que, como se ha mencionado, sus miembros poseen tradición de consumo de este fruto, y les sería beneficioso poder adquirirlo directamente en Chile. Es importante mencionar que ya existen algunos locales orientados a este grupo que importan piñón desde España.

Por otra parte, Italia también utiliza mucho los piñones en su gastronomía, especialmente en algunas salsas, siendo imprescindible en la popular salsa pesto, una de las grandes tradiciones de la cocina italiana. Según el Censo del 2002, existen 1.786 italianos residentes en Chile, siendo la tercera colonia europea más relevante después de España y Alemania. Desde su inmigración, los empresarios italianos han tenido una destacada participación en el proceso de industrialización del país, principalmente en el rubro alimentario, lo cual es corroborado a través de la formación, a principios del siglo XX, del pueblo de Capitán Pastene en la comuna de Lumaco, Región de la Araucanía, fundada y construida por colonos italianos; con alrededor de 2.000 habitantes, aún conserva costumbres y aspectos de la cultura italiana, principalmente su gastronomía, lo que lo ha transformado en un centro turístico gastronómico. Tanto los inmigrantes italianos como sus descendientes han formado redes sociales con fines sociales, de solidaridad y de defensa de sus costumbres. Al igual que en el caso de la colonia española, existen numerosas instituciones, tiendas y restaurantes con productos italianos, algunos de los cuales incluyen piñones, denominados "pinoli", su nombre en italiano.

En relación a Portugal, como mencionado, es uno de los mayores productores mundiales, pero su producción se exporta en un 80%. No obstante lo anterior, existen tradiciones culinarias ligadas a este fruto, como el "bolo rei" (Figura 99), especie de pan de pascua infaltable en los hogares en época de Navidad (Teixeira, 2010¹⁷). La población portuguesa en Chile alcanza un total de 139 residentes.



Figura 99. Bolo Rei, dulce tradicional portugués

La colonia árabe es relevante en Chile; el 61% de los árabes llegados al país lo hizo entre 1900 y 1930, cuando más del 60% de ellos tenían entre 10 y 30 años, e incluso publicaron periódicos escritos en árabe. Actualmente la inmigración árabe, especialmente palestina, sigue siendo importante; de hecho la colectividad palestina en Chile es la más grande del mundo fuera del Medio Oriente, con alrededor de 500 mil miembros¹⁸. También existe tradición de uso culinario del piñón en los países árabes, en platos como el arroz pilaf con pasas y piñones, así como diversos dulces, habiéndose detectado algunas tiendas en Santiago que comercializan productos típicos de esta colonia que venden piñones, por lo cual también este grupo constituye un potencial comprador de piñón chileno.

17 Sabina Teixeira. 2010. Asistente de la Embajada de Portugal en Chile, com. personal
18 http://es.wikipedia.org/wiki/Inmigraci%C3%B3n_%C3%A1rabe_en_Chile

En febrero del 2011 se visitaron cuatro cadenas de supermercados de la Región Metropolitana, para un total de diez. Tres de las cuatro cadenas (Jumbo, Tottus, Unimarc) tenían piñones en al menos uno de sus locales; sólo la cadena Líder (Walmart) no contaba con este producto. Se visitaron locales de cada cadena en el sector poniente y oriente de Santiago, de menores y mayores ingresos respectivamente, concluyéndose que en general el piñón es comercializado solo en la zona oriente de la capital, salvo una excepción, puesto que se encontró piñones en un supermercado de la comuna de Maipú. La cadena de supermercados Jumbo es la que cuenta con mayor abastecimiento, en un mayor número de locales y de forma más continua, y es abastecida por un solo distribuidor, ofreciendo a sus clientes sólo una marca (distribuida en Chile por Globeltalia) y un formato (Figura 100), con el mismo precio en todos los locales. En el caso de Tottus y Unimarc, venden piñones de la marca Oriental Productos, y al igual que en el caso anterior, en un solo formato (Figura 101). Cabe notar que pese al gran desarrollo del segmento gourmet en diversos supermercados, los piñones ofrecidos en estos locales se encuentran en la góndola de los condimentos, asociado principalmente a su uso en Chile, en recetas saladas por sobre las dulces.



Figura 100. Piñones distribuidos por Globeltalia en supermercados de Santiago



Figura 101. Formato distribuido por oriental productos en supermercados Unimarc y Tottus

Respecto a la frecuencia de ventas, se detectó irregularidad; en uno de los locales ubicado en la comuna de Las Condes (zona oriente), sólo en un mes se vendió el 56% del stock, pero en otro local de la misma comuna las ventas fueron considerablemente inferiores; en el local de la comuna de Maipú, hubo varios meses sin venta. Muchas veces los compradores adquieren tres o más frascos de piñones simultáneamente y la época de mayor demanda es el invierno.

Puntualmente, un importador y distribuidor de piñones de pino en Chile vendió el año 2010 un total de 1.108 unidades de frascos de 20 g, de las cuales un 79,4% fueron destinadas a hoteles, restaurantes y casinos (HORECA), mientras que el 20,6% de los frascos se vendieron a retail (supermercados); a granel, vendió 35 Kg a HORECA. El año 2011, durante el primer trimestre se vendieron 442 unidades, un 87% a HORECA y el resto a retail; y a granel destinadas a HORECA totalizaron 13 Kg. Estas cifras reflejarían un pequeño aumento en el consumo.

Potenciales Consumidores de Piñones

Durante los últimos años se ha ido perfilando un nuevo consumidor en el mundo, denominado hiperconsumidor, caracterizado por preferir comidas más equilibradas que favorecen la salud, la delgadez y la belleza (Barrera, 2010), observándose un incremento en el consumo de productos naturales y nutritivos, entre los que destacan los frutos secos debido a sus diversas propiedades saludables. El piñón de *P. pinea* destaca por su alto contenido proteico, su riqueza en vitaminas y minerales y su aporte en energía; en EE.UU. se ha producido una alta demanda por este fruto debido en parte a que los consumidores reconocen los beneficios para la salud de su consumo. Por otro lado, existe actualmente una importante y creciente demanda por los llamados alimentos funcionales, con un mercado mundial estimado en US\$ 33 mil millones.

En este contexto, los piñones presentan una gran oportunidad, debido a que poseen significativas cantidades de compuestos bioactivos saludables, como fitoesteroles, tocoferoles, ácidos grasos esenciales (omega 3 y 9), entre otros, confiriéndoles amplias posibilidades, ya sea como ingrediente o como producto funcional en sí.

Por lo tanto, a los consumidores tradicionales relacionados con las colonias mencionadas anteriormente, es posible agregar como potenciales consumidores de piñón de pino mediterráneo producido en Chile, a personas que se preocupan de tener una alimentación saludable, población que podría estimarse en torno al 2% de la población total, equivalente a cerca de 340.000 personas.





CAPÍTULO 3. LA MADERA

CARACTERÍSTICAS

Verónica Loewe M.

La madera de pino piñonero es de aspecto agradable, con un veteado marcado, a veces oscuro, y aroma intenso y persistente a resina (Brunetti *et al.*, 2005). Es clara, de albura blanca amarillenta y duramen rojizo, con anillos anchos (Figura 102) y bien marcados debido a la amplitud de la zona de madera tardía (Peruzzi *et al.*, 1998). Es rica en resina, y posee un olor característico a limón debido a las altas concentraciones de limoneno (75%) presentes en su composición química (Loewe y González, 2007). Normalmente es nudosa, con una densidad alta comparada con otros pinos españoles (Baonza y Gutiérrez, 2009), que alcanza 578 Kg/m³ anhidra (Otaño *et al.*, 1999). El brillo varía entre opaco y mediano, y su textura es fina y homogénea, con fibra bastante recta.



Figura 102. Anillos de crecimiento de ejemplar de pino piñonero en Purén (Región de la Araucanía, Chile)

Las traqueidas longitudinales son de sección poligonal y presentan punteaduras areoladas en una sola fila; en ocasiones se presentan biseriadas, aunque en longitud muy corta, sin engrosamientos helicoidales, con un diámetro medio tangencial en la madera de primavera de 37 micrones. Los radios leñosos son uniseriados, de 10-15 células de altura, fusiformes, heterogéneos, con traqueidas muy poco dentadas, marginales o diseminados en el parénquima (Peraza, 1964). Las punteaduras de los campos de cruce de los radios leñosos con las traqueidas verticales son de forma lenticular o escasamente ovaladas, con un máximo de dos por cruce. Los canales resiníferos se encuentran en número de 0 a 2 por mm², con diámetros entre 150 y 250 micrones. Las células epiteliales son de paredes delgadas (Peraza, 1964).

Se considera que es una madera semidura y moderadamente pesada; el cepillado no presenta dificultades, pero los resultados no son excelentes (Giordano, 1999) ya que se genera una superficie rugosa (Celulosa Argentina, 1977). Se encuentra en la categoría de las maderas resinosas pesadas y tiene mediana resistencia a la compresión y elevada a la flexión. Presenta baja durabilidad natural, pero es fácil de aserrar debido a su densidad, y responde bien al secado (Webb *et al.*, 1984; Montoya, 1990; Giordano, 1999; Borrero, 2004) y a la impregnación (Giordano, 1999; Otaño *et al.*, 1999); las terminaciones y el barnizado no son excelentes por la elevada presencia de resina (Brunetti *et al.*, 2005); las uniones con clavos y tornillos se realizan con facilidad, pero duran poco; el encolado es fácil (Giordano, 1999).

Es una madera idónea al debobinado (Bianchi *et al.*, 2005), que aún cuando no se usa, se demostró factible y satisfactorio con un espesor de hoja de 2 mm, mostrando buena calidad aún después del secado, lo que se debería a la baja diferencia de densidades entre la madera temprana y tardía que caracteriza los anillos de crecimiento de la especie (Brunetti *et al.*, 2005); con estas chapas elaboraron paneles compensados para uso en exteriores, con buenos resultados. El foliado no se usa (Giordano, 1999).

Navarrete *et al.* (2000) indican que es una madera no durable (Clase 5) frente a la acción de hongos de pudrición (Clase 3-4), siendo no resistente a *Hylotrupes* y *Anobium* (Nardi, 2006), aun cuando Brunetti *et al.* (2005) indican lo contrario si se emplean diseños que evitan la acumulación del agua lluvia y humedad; es sensible (Clase S) frente a las termitas de la especie *Reticulitermes lucifugus*.

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera se presentan en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de pino piñonero

Propiedades Físicas	Unidad	Valores Medios
Humedad (punto de saturación)	%	40
Densidad al 12% (peso específico aparente)	gr/cm ³	0,57
Contracción total	%	12
Dureza (resistencia a la penetración del cuchillo)	gr	1,7
Propiedades Mecánicas		
Carga de rotura a la flexión estática al 12% de humedad	Kg/cm ²	1,003
Carga de rotura a la flexión dinámica al 12% de humedad	Kg/cm ²	980
Carga de rotura a la tracción perpendicular a las fibras al 12% de humedad	Kg/cm ²	20
Carga de rotura a la compresión axial al 12% de humedad	Kg/cm ²	370

(Fuente: Peraza, 1964)

La densidad básica de la madera, tanto sin extraer como extraída, disminuye desde la base del tronco hasta una altura cercana a cinco metros, manteniéndose casi constante en cotas superiores. Asimismo, disminuye progresivamente desde la médula hacia la corteza debido en gran medida al contenido de extractivos, como lo corrobora el hecho que la densidad de la madera extraída permanezca casi constante independientemente de la posición (Gutiérrez y Baonza, 2001).

Como la miera –aceite esencial- es pobre en agurrás, cristaliza enseguida precipitando la colofonia, que obstruye los canales resiníferos (Jiménez y Morales, 2000).

Por otra parte, al ser una especie muy abundante en resina (Figura 103) (Peraza, 1964), el contenido medio de extractivos, que hacen variar el color, olor, estabilidad, durabilidad, resistencia al ataque de hongos e insectos, inflamabilidad y poder calorífico (Stanley, 1969), es elevado, alcanzando porcentajes del 20,6% en el duramen y 1,4% en la albura (Gutiérrez y Baonza, 2001). Dentro del fuste éstos presentan un patrón de variación similar al de la densidad, disminuyendo desde la base hasta 3-5 m, para luego permanecer constantes a alturas superiores (Baonza y Gutiérrez, 2009). En dirección radial, el contenido de extractivos disminuye desde la médula al cambium, con un descenso brusco coincidente con el paso de duramen a albura (Uprichard, 1991). El efecto contrario se produce sobre las contracciones radial, tangencial y volumétrica, disminuyendo de forma notable con el contenido de los mismos; la presencia de extractivos no afecta la resistencia a la compresión paralela a la fibra, pero sí contribuye a un aumento considerable de la dureza de la madera (Gutiérrez y Baonza, 2001).

Respecto de la procedencia, se ha observado que en las zonas más cálidas se produce un aumento, tanto de la densidad de la madera como del contenido de extractivos (Baonza y Gutiérrez, 2009), habiéndose encontrado en Huelva valores significativamente

superiores a los de Cataluña y del centro de España, mientras que las contracciones disminuyen (Gutiérrez y Baonza, 2001). No obstante lo anterior, los autores concluyen que la calidad del sitio no tiene una influencia significativa en la densidad de la madera.



Figura 103. Tcón de pino piñonero con abundante resinación

Un estudio realizado en Turquía sobre la composición química de la madera y de la corteza de árboles de 32 años (Hafizoglu, 1989) indica contenidos de 2,3 y 4,2% de extractos de éter de petróleo respectivamente. Los extractos de la madera consistieron en: 12% de compuestos no saponificables, 42,7% de ácidos grasos y 43,1% de ácidos resinosos, mientras que los de la corteza fueron cuantificados en 32,1; 57,6; y 6,9%, respectivamente. El contenido de fitoesteroles fue de 6% en la madera y 10,6% en la corteza; en esta última los alcoholes alifáticos alcanzaron un 20,8%. Los ácidos oleico y linoleico fueron los principales componentes en los extractos tanto de la madera como de la corteza; los ácidos alcanodioicos e hidroxialcanoicos fueron los principales grupos de monómeros de suberina, llegando a un 2%.

Los niveles de absorción de preservantes hidrosolubles tales como arseniato de cobre cromatado (CCA-C) y cromo cupro bórico (CCB) en esta madera alcanzan 560,54 Kg/m³, no mostrando diferencias significativas con las especies *P. halepensis* y *P. pinaster* (Otaño *et al.*, 1999), aunque son inferiores a los de *P. radiata*. Ninguno de los caracteres anatómicos cuantificados permitió explicar los valores registrados, dado que en este caso y considerando la densidad de radios, se hubieran esperado valores de absorción superiores.

En ensayos realizados con madera de pino piñonero se determinó que las vigas MLE (Madera Laminada Encolada) fabricadas con esta madera procedente de Andalucía, presentan muy poco coeficiente de aviso de rotura, la que se verifica rápidamente una vez que llega al agotamiento, manifestando cierta fragilidad (Jiménez y Morales, 2000), y a la vez presentan alta resistencia a la flexión, característica importante para el uso de este material en construcción (Cuevas y Jiménez, 2002). De las propiedades físicas estudiadas, la más destacable es la alta densidad obtenida, consecuencia probable del alto contenido de resina.

Se han elaborado tableros de partícula y de densidad media (MDF) usando piñas de pino piñonero combinadas con chip de pino y abedul en diferentes proporciones, encontrándose que la incorporación de piñas no tuvo un efecto significativo en la resistencia a la pudrición por los hongos café *Gloeophyllum trabeum* y *Postia placenta*, aunque la pérdida de masa disminuyó gradualmente a medida que incrementaba la proporción de piña (Köse *et al.*, 2010 y 2011). No se observó un incremento en la resistencia frente a ataque de termitas. Otros estudios similares evaluando tableros MDF elaborados con mezclas de fibras leñosas y piñas de pino piñonero en diferentes proporciones (100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50%) evaluados según estándares europeos, mostraron que la adición de harina de piñas redujo significativamente la emisión de formaldehído del panel en rangos entre 2,6 y 55,3% comparado con tableros realizados 100% con fibra leñosa; adicionalmente, la adición de 10% de esta harina también mejoró la resistencia al agua de paneles elaborados con resina de urea formaldehído (UF), aunque una adición mayor la redujo. Las propiedades de flexión y resistencia disminuyeron al incrementar el contenido de piñas. Por ello Ayrilmis *et al.* (2009) concluyen

que los conos de pino piñonero pueden ser usados a nivel industrial como capturador biológico renovable de formaldehído, como una alternativa al capturador tradicional empleado en la elaboración de tableros MDF.

USOS Y MERCADOS

Verónica Loewe M.

Usos

En España y los demás países productores europeos, la madera es poco apreciada, dadas las condiciones de crecimiento y la pobre forma del fuste. No obstante lo anterior, se utiliza para varios fines, entre ellos:

- Carpintería
- Madera aserrada para construcciones livianas, ya que es fácil de aserrar y secar, pero como su durabilidad natural es baja, su uso se centra en interiores, para revestimientos
- Muebles y puertas
- Vigas gruesas a edades entre 40 y 50 años (Albert, 1909)
- Puntales para minas (Peraza, 1964; INFOR, 1995)
- Durmientes, respondiendo muy bien a las exigencias de la superestructura de la vía cuando alcanza 70-80 años (Albert, 1909; Prada *et al.*, 1997)
- Embalajes y pallets (Centre de la Propietat Forestal, 2009a)
- Molduras
- Cercos
- Postes y polines
- Barriles (Albert, 1909)
- Construcción de barcos, de hecho Prada *et al.* (1997) la consideran como la madera más apreciada para construcciones navales, que se calafateaba¹ con su pez y resina, sin las cuales los barcos no podían utilizarse; por ello los romanos la usaban mucho con este fin, estando su distribución en las costas italianas ligada a la presencia de arsenales navales del Imperio romano
- Palafitos (Federlegno-Arredo, 1992)
- Tallados y objetos decorativos, principalmente en España
- Tableros de fibra y de partículas (Peruzzi *et al.*, 1998)
- Celulosa

¹ Calafatear: sellar, impermeabilizar.

- Lana de madera (Giordano, 1999)
- Leña, arde rápidamente y desprende gran cantidad de calor; teas² (Gordo, 1999) y carbón, aunque no es tan apreciada para este fin como las piñas
- Instrumentos musicales (Borghini y Massafra, 2002)
- Ocasionalmente en esculturas, ya que la diferencia entre la madera temprana y tardía la hace difícil de esculpir (Macchioni³, 2012, com. personal)
- En épocas con elevada demanda se empleó para producir resina, aunque con una productividad muy inferior a la del pino marítimo (*Pinus pinaster*) (Prada *et al.*, 1997)
- Por destilación en vapor de agua se obtiene la esencia de trementina o aguarrás, quedando como residuo la colofonia o pez griega; y quemando la madera se obtiene la pez de pino, usada con fines medicinales en veterinaria, y para impermeabilizar
- Su corteza se ha utilizado para curtir cuero por ser una de las cortezas con más taninos de todos los pinos.

Normalmente los fustes de dimensiones pequeñas y de baja calidad se utilizan como madera de desintegración para elaborar tableros de partículas, mientras que los fustes de mayores dimensiones y de calidad se destinan a madera aserrada (Figura 104), principalmente para listones para estructuras de muebles y pallets (Borrero, 2004; Castaño *et al.*, 2004).



Figura 104. Trozas aserrables de buena calidad de pino piñonero (Pisa, Italia)

Buyuksari *et al.* (2010) consideran que sus conos pueden usarse como alternativa a la fibra leñosa en tableros destinados a interiores por las razones expuestas anteriormente.

Mercados

El mercado de la madera para esta especie es poco conocido. La producción de madera de pino piñonero es reducida debido a que el valor comercial principal de la especie se relaciona con la producción de piñones y a la existencia de otras coníferas con mejores propiedades (Barranco y Ortuño, 2004). Por ello la madera que se comercializa generalmente procede del manejo de bosques naturales, aunque en Portugal existen algunos rodales de pino piñonero plantados exclusivamente para la obtención de madera destinada a la construcción de barcos y a la elaboración de durmientes. En el Cuadro 30 se presentan precios de diferentes calidades de madera de pino piñonero, con distinto grado de procesamiento, comercializados en Italia y España en los últimos 20 años.

² Tea: Astilla de madera impregnada de resina empleada para prender fuego.

³ Nicola Macchioni, Investigador del Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree (IVALSA), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Florencia, Italia.

Cuadro 30. Precios de madera de pino piñonero

País	Producto	Destino/Características	Medidas	Precio	Unidad	Año
España	Trozas			25,3	€/m³	1990
España	Trozas	En pie		11,9	€/m³	1993
España	Trozas	En pie		11,6	€/m³	1994
España	Trozas	En pie		12,0	€/m³	1995
España	Madera aserrada	Para carpintería		182	US\$/m³	1995
España	Madera aserrada	Para carpintería		142 - 161	US\$/m³	1995
España	Trozas	En pie		12,4	€/m³	1996
Italia	Trozas	Para embalaje	Diám: > 20 cm; 200-240 cm largo	4,6 - 5,1	US\$/qq	2000
España	Trozas	Variado según dimensión	5 cm diámetro 10 cm diámetro 15 cm diámetro 20 cm diámetro 25 cm diámetro 30 cm diámetro 35 cm diámetro 40 cm diámetro 45 cm diámetro	3,0 3,0 6,0 6,0 15,6 19,7 19,7 25,8 25,8	€/m³	2000
España	Trozas			19,6	€/m³	2001
Italia	Chip	Biomasa		3,5-4,25	€/qq	2003
España	Trozas			26,12	€/m³	2004
Italia	Trozas	Para embalaje	Diám: 18 cm; largo: 2,20-3,0 m	3,0 - 3,2	€/qq	2004
Italia	Trozas	Para embalaje	Diám: 22 cm; largo: 2,3-2,5 m	5,8 - 6,2	€/qq	2004
Italia	Trozas	Para embalaje	Diám: 22-23 cm; largo: 2,15-2,5 m	4,2 - 5,2	€/qq	2004
España	Trozas en pie		≤30 cm. diámetro 30-40 cm. diámetro ≥ 40 cm diámetro	12,5 17,5 21,1	€/m³	2007
España	Trozas en puerta predio		≤ 20 cm diámetro	21,8	€/m³	2007
España	Leña en pie		Ramas ≥ 7 cm diámetro	8,1	€/t	2007
España	Leña en puerta predio		Ramas 2-7 cm diámetro Ramas ≥ 7 cm diámetro	5,0 18,0	€/t	2007
España	Trozas			27,0	€/m³	2008
España	Trozas aserrables			42,1	€/m³	2008

País	Producto	Destino/Características	Medidas	Precio	Unidad	Año
España	Trozas para trituración			25,0	€/m³	2008
España	Trozas aserrables		≥ 22 cm diámetro	39-42	€/t	2009
España	Trozas	Para trituración	≤ 22 cm diámetro	25	€/t	2009
Italia (Grosseto)	Chip	Biomasa en estado verde		22,8	€/m³	2010
Italia (Grosseto)	Chip	Biomasa seca		45,6	€/m³	2010
Italia (Grosseto)	Chip	Biomasa		11,1-38,9	€/m³	2010
Italia (Pisa)	Chip	Biomasa		6,7	€/m³	2010
Italia (Pisa)	Trozas	Corresponde el 20% del total cosechado		20,9	€/m³	2010
Italia (Roma)	Trozas	Construcción artesanal de barcos de pesca		3,9-5,7	€/m³	2010
Italia (Grosseto)	Leña			5,7	€/m³	2010

(Fuente: Elaboración propia)

Varios autores mencionan un descenso gradual en los precios de la madera (Jovellar y Ortuño, 1997; Mutke *et al.*, 2000b) a partir del año 1990. Si bien se observa que los precios de esta madera son contenidos, no se trata de una madera de alto valor, no se encuentran en niveles muy lejanos a los registrados para la madera de pino radiata en Chile, que el año 2011 ascendieron a US\$ 45,1/m³ para trozas aserrables podadas de más de 24 cm de diámetro y 3,3 m de largo; y a US\$ 23,1/m³ para trozas pulpables sin poda de 10-45 cm de diámetro y 2,4 m de largo (INFOR, 2012).

CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD

Crecimiento en el Mundo

Verónica Loewe M., Claudia Delard R., Andrés Bello D. y Aldo Salinas R.

Pino piñonero es una especie de crecimiento inicial muy lento, como es habitual en muchas especies mediterráneas (Crawford, 1995). A partir de los 5-6 años se inicia un crecimiento en altura más acelerado, llegando a un máximo a los 11 a 23 años, para posteriormente decrecer en forma progresiva (Montoya, 1990). Al respecto, Castaño *et al.* (2004), señalan que a los 150 años este pino alcanza su máxima altura, con ejemplares de hasta 30 m, aunque con valores usuales entre 9 y 22 metros, dependiendo de la calidad del sitio.

La velocidad de crecimiento del duramen de la especie, expresada como número de anillos del duramen a una cierta edad, es similar a la del pino silvestre (*P. sylvestris*) y casi el doble que la del pino laricio (*P. nigra*) (Baonza y Gutiérrez, 2009).

Procedencias de zonas más frías no sólo crecen más (Mutke y Chambel, 2008), sino que también inician el crecimiento antes en primavera y tienden a presentar un segundo crecimiento estival (Mutke *et al.*, 2011c).

Albert (1909) indicaba que en condiciones favorables la especie puede alcanzar los parámetros dasométricos presentados en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Parámetros de crecimiento de *Pinus pinea*

Parámetro	Edad (Años)				
	5	10	15	20	Máxima
Diámetro (cm)	4-6	10-20	35-38	38-50	100-200
Altura (m)	2,5-3,5	7-11	15-18	19-23	30

(Fuente: Albert, 1909)

Numerosos autores mencionan productividades muy reducidas, del orden de 0,1-0,3 m³/ha/año según la calidad de la estación (Ovando *et al.*, 2008); de 1 m³/ha/año (Mutke y Chambel, 2008); 1,15 m³/ha/año (Mutke *et al.*, 2000b). Otros autores presentan valores superiores, 2 m³/ha/año (Goor y Barney, 1976; Montoya, 1990; Bussotti, 1997), 2-3 m³/ha/año en Italia (Peruzzi *et al.*, 1998), 2,9 m³/ha/año (Campos *et al.*, 2011), 3-5 m³/ha/año (Webb *et al.*, 1984), 4 m³/ha/año (Vidal, 1962), cifra que se repite para Portugal (Vacas de Carvalho y Berkemeier, 1991); 7,5 m³/ha/año (FAO, 1995b; Sunfood, 2010; Anónimo, s/f), y hasta 8-10 m³/ha/año (Bussotti, 1997; Piqué, 2003a). En Túnez, Ammari *et al.* (2011) reportan valores de 3-9 m³/ha/año.

En bosques densos de mejor calidad la producción se sitúa en torno a 5-10 m³/ha/año, en comparación con bosques menos densos donde alcanza 2,5-5,0 m³/ha/año (Webb *et al.*, 1984; Piqué, 2004a); concuerda con ello el Centre de la Propietat Forestal (2009a), quien establece que las masas densas producen más volumen de fustes, aunque el diámetro de los individuos es menor, llegando en el mejor de los casos a 8-10 m³/ha/año. Calama *et al.* (2005) indican que la producción de madera a lo largo del ciclo es mayor en masas regulares, dado que el volumen se concentra al final de la rotación, y la probabilidad de pudrición es menor que en masas irregulares.

FAO (s/f) indica incrementos en Marruecos de hasta 7,5 m³/ha/año, con incrementos diamétricos cercanos a 1 cm/año y en altura de 40 cm/año. En Argentina, en la Provincia de Buenos Aires oscila entre 5 y 16 m³/ha/año (Ottone, 1989).

Respecto del volumen, la producción final de madera en rotaciones de 40 años es de 320 m³/ha, con un diámetro medio de 36 cm en buenos sitios (Sánchez, 1963 cit. por Montero y Candela, 1998). Jovellar y Ortuño (1997) estiman para España producciones óptimas de madera a los 80 años con 80-120 árboles/ha y 76 a 114 m³/ha, y Ximénez de Embún (1959) en rotaciones de 50 años estima un volumen maderable de 143 m³/ha con una densidad final de 130 árboles/ha.

Piqué (2003a) reporta antecedentes volumétricos observados para masas claras que progresan desde 41,5 m³/ha a los 10 años, hasta 189,5 m³/ha a los 140 años en sitios clase 1, con valores que descienden a 21,6 y 149,8 m³/ha a iguales edades en sitios clase 2; y a 9,6 a 109,4; y 3,4 a 68,9 m³/ha en sitios clase 3 y 4, respectivamente, a iguales edades. En masas densas, los valores son 96,8 a 373,4 m³/ha; 56,8 a 301,4 m³/ha; 29,5 a 227,6 m³/ha; y 12,6 a 152,2 m³/ha en sitios clase 1, 2, 3 y 4, respectivamente, a iguales edades. Las tablas elaboradas muestran que las masas densas siempre producen más madera y que el diámetro medio es inferior. En bosques densos alcanza 70,9; 118,4; y 163,7 m³/ha a los 40, 60 y 80 años, mientras que en bosques claros llega a 151,4; 177,4, y 188,0 m³/ha a iguales edades (Centre de la Propietat Forestal, 2009b); las tablas de producción de madera y piña desarrolladas presentan valores que fluctúan entre 41,5 y 445,8 m³/ha entre los 10 y 150 años en bosques menos densos. Otros autores presentan valores superiores, de hasta 600 m³/ha (Anónimo, s/f).

Calama *et al.* (2005) reportan antecedentes sobre bosques dedicados a la producción mixta de madera y piña, contrastando estructuras regulares e irregulares, obtenidas estas últimas a causa de la baja densidad potenciada artificialmente para favorecer la producción de piña, a la corta de individuos extra maduros, y al fracaso de la regeneración natural. Para masas irregulares proponen intervenir cada 25 años eliminando individuos poco vigorosos, envejecidos, con baja producción de piña, con fustes con pudriciones y baja probabilidad de sobrevivir hasta la siguiente intervención, generando pequeños claros para favorecer la regeneración. Con estas intervenciones se obtendrían volúmenes de entre 38,8 y 56,5 m³/ha, y en masas en equilibrio 45 m³/ha, por lo que para una rotación de 125 años se alcanzaría un volumen total extraído de 225 m³/ha, a los que se suma la masa remanente, 50-55 m³/ha. Para masas regulares, en cambio, calculan un volumen total de madera de 347 m³/ha a los 125 años, al que se suma una producción media anual de piña de 185 Kg/ha, totalizando 23.100 Kg de piña en la rotación. De esta comparación se concluye que la producción de madera a lo largo del ciclo es mayor en masas regulares, puesto que ésta se concentra al final del turno en árboles de grandes dimensiones, mientras que en masas irregulares los individuos se distribuyen en todas las clases diamétricas. Contrariamente, la producción de piña es mayor en masas irregulares porque se concentra especialmente en individuos de edades 100-125 años y superiores, los que no siempre se presentan en masas regulares. Adicionalmente, en las masas irregulares siempre hay árboles productivos, mientras que en aquellas regulares la producción comercial es prácticamente inexistente hasta los 50 años, y supera a las primeras a partir de los 100 años. Por ello las estructuras irregulares se recomiendan cuando la producción de piña sea el objetivo central, o cuando tengan importancia desde el punto de vista recreativo, social o paisajístico, considerando que los costos de su gestión son mayores.

En la región de Bergama-Kozak, Turquía, la producción anual de madera ronda los 20.000 m³, de los cuales 60% se destina a usos industriales y 40% a leña (Bilgin *et al.*, 2000).

El crecimiento en otoño es nulo (Mutke *et al.*, 2003b) o raro, lo que ha sido verificado en Chile con instrumental digital (Figura 105); en verano se reduce y en invierno se verifica un menor movimiento de la savia (receso vegetativo).



Figura 105. Dendrómetro digital instalado en Región de O'Higgins, Chile

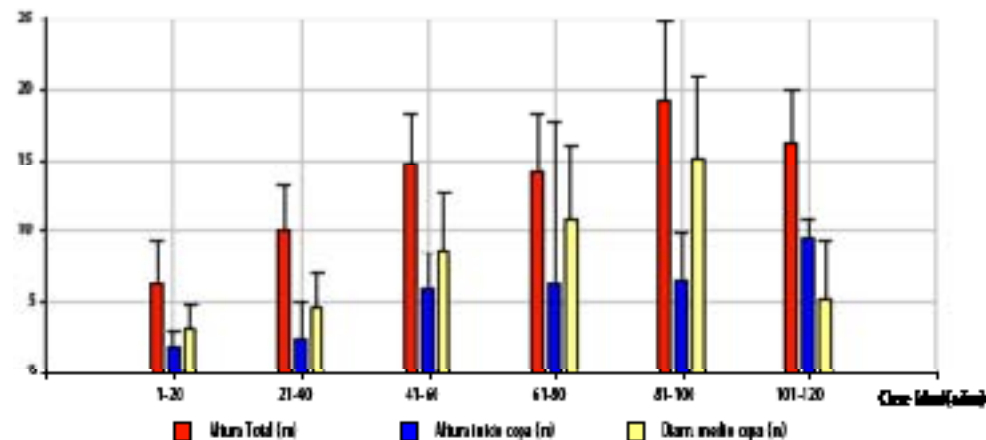
Novak *et al.* (2011) encontraron la presencia de un 10% de anillos faltantes en la especie, fenómeno que se debería a inviernos secos y elevadas temperaturas a fines del invierno o primavera; su ocurrencia fue local, lo que indica que la formación de madera se produce cada año en al menos una sección del árbol.

Crecimiento en Chile

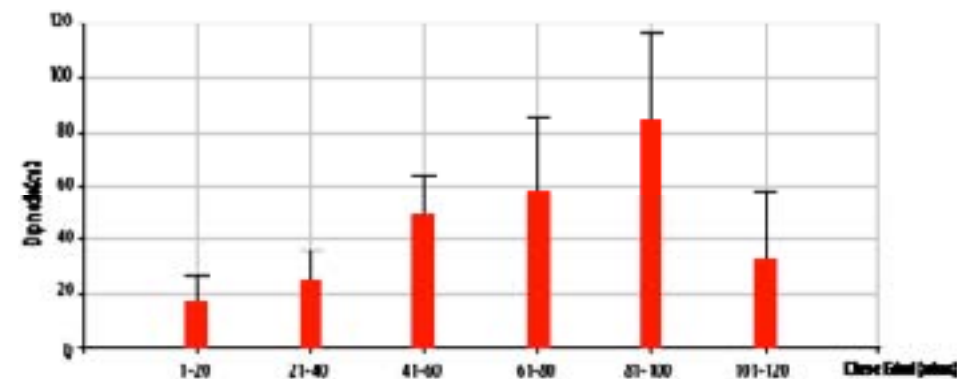
Claudia Delard, Marlene González, Marta González

Entre el 2008 y 2010 se prospectaron formaciones de la especie entre las Regiones de Coquimbo y La Araucanía, incluyendo antecedentes del predio, propietario, sitio (tipo de suelo, profundidad, exposición, pendiente, erosión), superficie y manejo, y se midieron 20 árboles representativos si la formación era plantación en hilera; si se trataba de grupos de árboles o bosquetes, se realizaron parcelas circulares de 15 m de radio; y en plantaciones tradicionales se midió una o varias parcelas de 100 árboles, en sectores representativos. Se evaluó DAP, altura, altura de inicio de copa, diámetro de copa, cantidad de conos maduros (de 3 años) y secos (de temporadas anteriores), vigor, rectitud, presencia de daño, agente e intensidad de daño, y regeneración natural. Se determinó que una de las principales variables que determinan la producción frutal corresponde a la edad de los árboles, sin dejar de ser importantes el estado general y las prácticas de manejo, ya que en la mayoría de los casos son estas últimas las que inciden en el número y calidad de piñas, principalmente raleos y podas, que determinan la entrada de luz al rodal. Adicionalmente la disponibilidad de agua es un factor de gran incidencia en la producción; individuos cercanos a cursos de agua o con riego presentan una productividad superior y piñas de mayor calibre.

La superficie evaluada asciende a unas 70 ha, a las que deberían sumarse formaciones no medidas, estimándose que la superficie total en el país bordea 100 hectáreas, muy fragmentadas, cifra marginal en términos productivos pero que constituye una valiosa fuente de información sobre el desarrollo de la especie en diferentes situaciones del país. La Figura 106 caracteriza las principales variables promedio de crecimiento registradas para individuos según edad. En la comuna de Angol, Región de la Araucanía un ejemplar de más de 100 años presentó una altura de 35,4 m; DAP de 1,65 m y diámetro de copa de 30 m, valores superiores a los indicados por Montoya (1990).

Figura 106. Caracterización dasométrica de *Pinus pinea* según clase de edad

Existe una relación directa entre la distribución diamétrica y el diámetro de copa con la edad, observándose que las dimensiones de los árboles aumentan con la edad (Figura 107). Esta tendencia se pierde para árboles de más de 100 años, disminuyendo tanto la altura total como el diámetro medio de copa, lo que podría explicarse por la pérdida de ramas observada en árboles de edad avanzada. Lo mismo ocurre con el DAP, lo que se explica, además, por la existencia de plantaciones de alta densidad, incluso de más de 4.000 árboles/ha cuyo diámetro es contenido, y por la existencia de plantaciones en condiciones más rigurosas desde el punto de vista climático.

Figura 107. DAP medio de *Pinus pinea* según clase de edad

Al evaluar las variables dasométricas en función de la clase diamétrica, se observa una correlación positiva para la altura total, altura de inicio de copa y diámetro a la altura del pecho, confirmando una relación directa entre edad y desarrollo de los individuos (Figura 108).

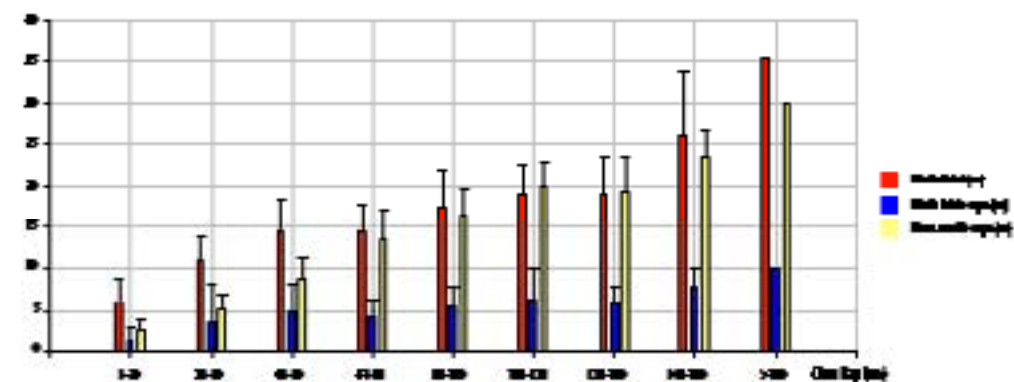
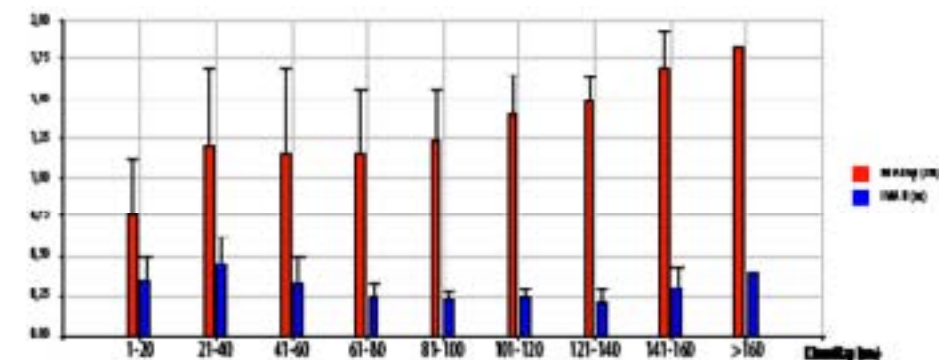
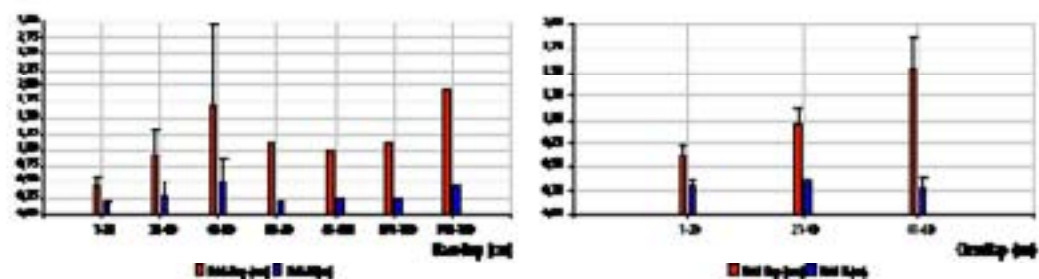
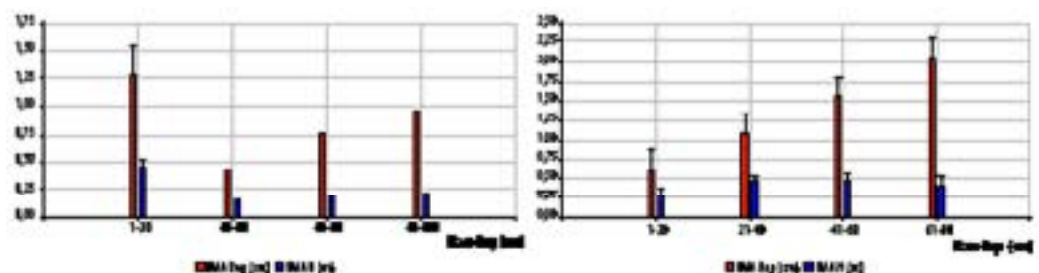
Figura 108. Caracterización dasométrica de *Pinus pinea* según clase de DAP

Figura 109. Incremento medio en altura y DAP según clase de DAP

El incremento medio anual diamétrico presenta una tendencia creciente con las clases diámetricas definidas (Figura 109), mientras que el incremento medio anual en altura tiende a disminuir.

El análisis por región (Figura 110), muestra que la tendencia general se mantiene a excepción de la Región de Coquimbo, zona más árida, donde existen valores fuera de rango en clases de DAP 1-20 cm, lo que se explica por el riego permanente con que cuentan los ejemplares medidos, alcanzando valores similares a los del sur del país. En la zona central se observan individuos con mala forma en sus etapas iniciales; rebrotes laterales y, producto del estrés hídrico, un bajo crecimiento. En la costa, los suelos son más livianos y profundos y aunque con algunas carencias, usualmente de Boro, el clima es más regular, con menores oscilaciones día/noche y con influencia marítima, lo que permite un mayor crecimiento.

Considerando la distribución de la especie a nivel nacional (Figura 111), se detectan diferencias importantes en los incrementos medios en altura y DAP según región, registrándose los mayores incrementos medios para ambas variables en los extremos, lo que se explica por la mayor disponibilidad hídrica, natural hacia el sur, y artificial en el norte; los valores inferiores se registran en la zona central, especialmente en la Región Metropolitana, donde las condiciones para el desarrollo son más adversas por las altas temperaturas y viento cálido estival, unido a suelos más compactados o pesados. Se constata que, aun cuando *Pinus pinea* es considerada una especie rústica, presenta diferencias importantes en su desarrollo de acuerdo a las condiciones del sitio.



Región del Maule

Región del Biobío

Figura 110. Incremento medio en altura y DAP por clase de DAP, según región

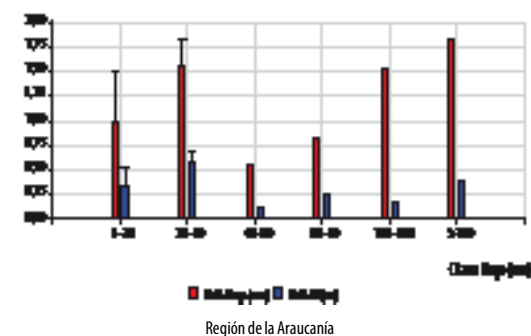


Figura 110. Incremento medio en altura y DAP por clase de DAP, según región (continuación)

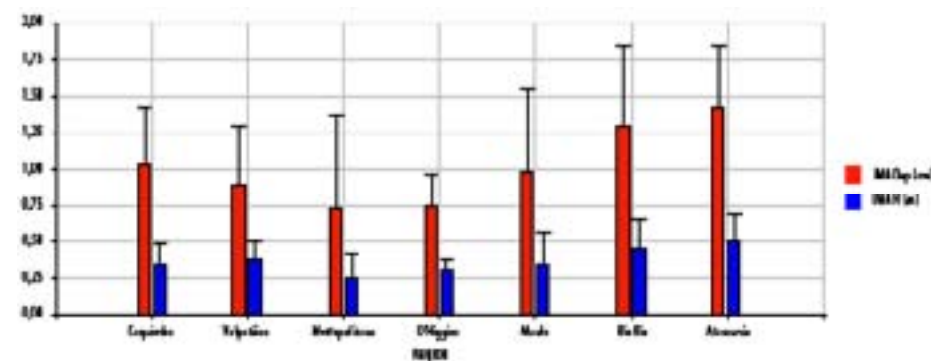


Figura 111. Incrementos medios en altura y DAP por región

Se identificaron tres tipos de formaciones: árboles aislados, grupos de árboles (bosquetes irregulares o cortinas cortaviento) y plantaciones tradicionales, en general a alta densidad, que se diferencian en tamaño, edad y manejo. La Figura 112 muestra que los árboles aislados corresponden a los individuos de mayores dimensiones, con diámetros de copa de más de 10 m, lo que se explica por la ausencia de competencia. En plantaciones destaca el reducido tamaño de las copas respecto a las otras formaciones, indicando la importancia del distanciamiento inicial y del manejo posterior (podas y raleos), de manera de permitir la entrada de luz para estimular la producción.

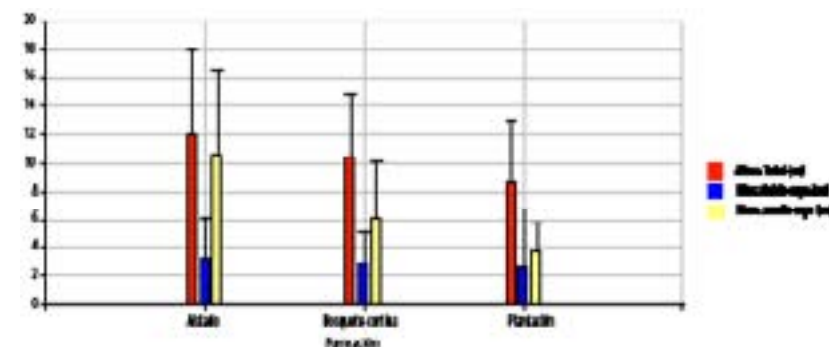


Figura 112. Caracterización dasométrica de *Pinus pinea* según tipo de formación

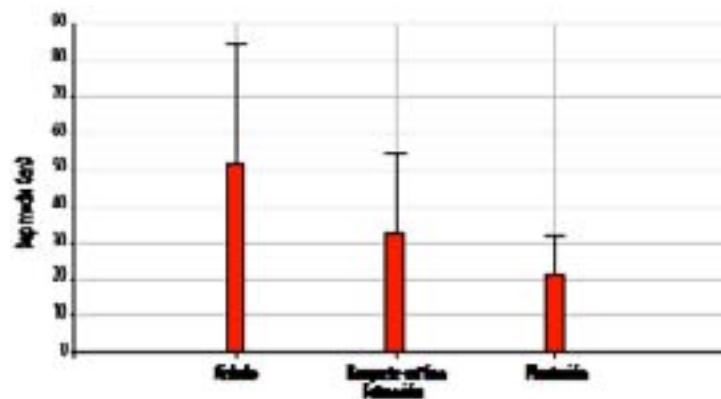


Figura 113. DAP medio según tipo de formación

El análisis del DAP medio según formación (Figura 113), permite validar la clasificación realizada, ya que su diferente comportamiento se debe al nivel de competencia.

La productividad en plantaciones alcanzó 2-15 m³/ha/año en la zona centro norte (hasta la Región del Maule), con una media de 8 m³/ha/año (considerando 5 casos), correspondiendo ésta a valores similares o superiores a los encontrados en Europa, incluso en las mejores situaciones (Piqué, 2003a). En la zona centro sur (Región del Bio Bío al sur) la productividad varió entre 7,5 y 20 m³/ha/año con una media de 12,7 m³/ha/año (considerando 5 casos), valores también superiores a los europeos. Al analizar la productividad en relación a la edad, se encontró que ésta tiende a aumentar con la edad, obteniéndose valores medios de 6,7; 11,2; y 13,8 m³/ha/año para clases de edad bajo 20 años, 20-40 años y mayor a 40 años, respectivamente.

Una plantación de desarrollo moderado, de seis procedencias europeas, ubicada en Casablanca, Región de Valparaíso, mostró crecimientos muy limitados los primeros seis años, cuatro de ellos muy secos, con menos de 270 mm anuales, con una altura media de 62 cm, equivalente a un incremento anual de 12,4 cm, retrasando el cambio de fase desde el estado juvenil inicial. No obstante, tras el cambio de fase vegetativa a adulto con crecimiento verticilado y acículas definitivas, junto a las intervenciones de manejo realizadas, la altura alcanzó el 2009 una media de 3,8 m, equivalente a un incremento medio anual de 25,3 cm, más del doble del registrado en los primeros años (Figura 114); el DAP medio superó los 10 cm en las tres procedencias españolas, frente al valor más bajo, 7 cm, correspondiente a una procedencia de Lombardía (Loewe *et al.*, 2012b).

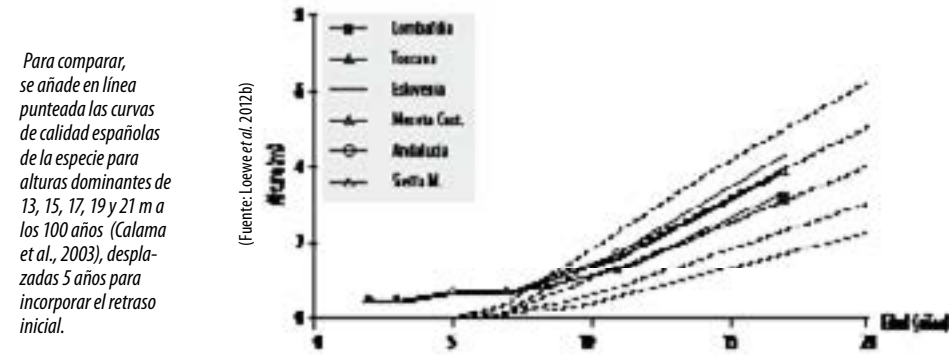


Figura 114. Alturas medias según procedencia y edad en ensayo de procedencias europeas (Casablanca, Región de Valparaíso, Chile)

Los valores de las curvas españolas son levemente inferiores a los indicados por Bianchi *et al.* (2005), para Italia, quien menciona una altura dominante entre 3,8 m y 7,1 m según clase de sitio a los 20 años de edad. El desarrollo tras el periodo inicial adverso mejoró, con una supervivencia de 52-78% y la recuperación de un buen patrón de crecimiento en altura después de 1999, año en que se realizó una poda de formación intensa, que tuvo un efecto significativo en el desarrollo. Las procedencias italianas presentaron más pérdidas (Toscana un 48% y Lombardía un 34%) frente a Meseta Castellana, Andalucía Occidental y Eslovenia, cada una con 22%, y Sierra Morena con 29%.

Se observó autocorrelación espacial en el tamaño del arbolado a pequeña escala, entre y dentro las unidades experimentales contiguas (Loewe *et al.*, 2012b). El ajuste iterativo por medias móviles de los residuos de los vecinos más próximos arrojó un modelo con R² de 0,88 atribuyendo el 77% de la variación de altura entre árboles al efecto de su posición en la parcela frente al 8% debido a diferencias entre grupos y 3% de la procedencia dentro de cada grupo. La procedencia eslovena fue la de menor altura, y las españolas las de mayor valor (Cuadro 32).

Cuadro 32. Alturas medias ajustadas a los 15 años para seis procedencias europeas

Grupo Geográfico	Procedencia	Altura (±DE) (m)
Este	Toscana (I)	3,74 ± 0,058 bc
	Lombardía (I)	3,39 ± 0,061 bc
	Eslovenia (SLO)	3,09 ± 0,055 d
Oeste	Sierra Morena (E)	4,11 ± 0,061 a
	Andalucía Occidental (E)	4,02 ± 0,060 a
	Meseta Castellana (E)	3,91 ± 0,055 ab

Valores con la misma letra no difieren significativamente al 5%
(Comparaciones múltiples ajustadas por Bonferroni)

El modelo para el diámetro del árbol muestra un análisis de varianza similar, concordando con la alta correlación entre altura y diámetro. El ajuste espacial atribuyó el 68% de la variación de altura entre árboles al efecto de su posición en la parcela, frente al 8% debido a diferencias entre los dos grupos y un 3% de la procedencia dentro de cada grupo geográfico; la variación total entre procedencias está dada entonces por la suma de ambas, un 11%. El único cambio cuantitativo fue la superioridad de la procedencia eslovena dentro del grupo de las orientales, superando a las dos italianas que presentan árboles más delgados, y acercándose a las españolas (Cuadro 33).

Cuadro 33. Diámetros medios ajustados a los 15 años para seis procedencias europeas

Grupo Geográfico	Procedencia	DAP (±DE) (cm)
Este	Eslovenia (SLO)	9,23 ± 0,29 b
	Toscana (I)	7,54 ± 0,31 c
	Lombardía (I)	6,93 ± 0,28 c
Oeste	Andalucía Occidental (E)	10,63 ± 0,31 a
	Sierra Morena (E)	10,19 ± 0,28 ab
	Meseta Castellana (E)	10,08 ± 0,30 ab

Los valores con la misma letra no difieren significativamente al 5%
(Comparaciones múltiples ajustadas por Bonferroni)

El mejor desarrollo de las procedencias españolas se podría relacionar con la mayor aridez de su clima en origen, que les habría permitido adaptarse para resistir mejor condiciones extremas, mientras que el menor crecimiento en altura de la procedencia Eslovenia, la más templada y húmeda de todas en origen, podría relacionarse con un sitio de plantación fuera del rango climático natural de dicha procedencia. De todas formas, el reducido número de procedencias probadas no permite recomendaciones definitivas respecto a procedencias más aptas, teniendo además en cuenta que el sitio se ubica en el margen árido de las zonas potenciales para el cultivo de la especie en Chile (Loewe y González, 2003).

Al comparar los resultados obtenidos con las curvas de crecimiento medidos en plantación en la Reserva Nacional Lago Peñuelas (Loewe *et al.*, 1998), en el sector costero de la misma región, ubicado a 13 km del ensayo anterior, de mayor influencia oceánica, se observa que en esta última localidad los crecimientos son muy superiores, alcanzando 16 cm de DAP y 9,9 m de altura media a los 17 años, y 30 cm y 23 m a los 40 años, equivalente a un incremento medio en altura de 0,58 m, independiente de la edad, y un incremento medio en DAP de 0,94 cm a los 17 años y de 0,75 cm a los 40 años, lo que concuerda con un crecimiento superior en las primeras clases de edad, como observado en otras situaciones.

El crecimiento en altura reportado para la especie en esta y otras localidades más australes de Chile es muy superior al de España. Por ejemplo, un individuo en Lautaro (Región de la Araucanía) a los 75 años alcanzó 27,2 m de altura y 1,02 m de diámetro, obteniéndose el mayor incremento medio en altura a los 30 años (0,47 m/año) y el mayor incremento en DAP a los 40 años (1,8 cm/año) (Loewe *et al.*, 1998); si bien estos valores son levemente superiores a los indicados por FAO (s/f), a los 75 años aún presentaba un crecimiento sostenido, verificándose la prolongada rotación de la especie.

En Argentina, Calderón *et al.* (2008) clasifican la especie como apta para la zona de Mendoza bajo riego, donde se ha observado a los 14 años alturas medias de 5,9-6,7 m y diámetros medios de 16-28 cm. No obstante, Mendoza presenta suelos de mayor fertilidad, y en este caso riego, por lo que los incrementos obtenidos no son tan disímiles con Casablanca como se hubiera esperado de situaciones con tan diferente régimen hídrico.

La variación espacial observada en diámetro y altura confirma que los crecimientos obtenidos responden a la condición del micrositio; este fenómeno de fuertes autocorrelaciones espaciales es muy común en la especie, reflejo de su sensibilidad a factores edáficos (Court-Picon *et al.*, 2004; Mutke *et al.*, 2007a y 2010) y a la elevada variación del suelo en superficies reducidas en gran parte de Chile. Las magnitudes de la variación entre alturas individuales atribuidas a este efecto y a la procedencia, y la predominancia del primero son similares a las obtenidas en otros ensayos de procedencias (Gordo *et al.*, 2007; Mutke *et al.*, 2010). Estas conclusiones concuerdan con los trabajos moleculares sobre isoenzimas y ADN de cloroplasto o nuclear, que encontraron una muy baja diferenciación genética entre procedencias, incluso entre países de origen alejados (Fallour *et al.*, 1997; Fady *et al.*, 2008; Vendramin *et al.*, 2008; Mutke *et al.*, 2011c).

Respecto a las labores culturales aplicadas, se observa un importante efecto positivo de la poda de formación inicial por sobre la fertilización, control de maleza y poda de levante; esta práctica modificó la tendencia del crecimiento principalmente en diámetro, aunque también en altura, lo que ha sido observado en otras situaciones en el país. La eliminación de las ramas juveniles inferiores es recomendable en situaciones en que el pino piñonero presenta crecimientos iniciales reducidos.

Se aprecia un buen potencial para plantaciones extensivas de la especie en áreas marginales para cultivos agrícolas (pendientes excesivas, falta de riego) y para eucalipto o pino radiata (por sequía, riesgo de heladas), especies forestales tradicionalmente empleadas en Chile en cultivos intensivos o extensivos. En áreas similares a las del ensayo podrá cumplir un rol fundamentalmente de protección ambiental, y de producción frutal, aunque bajo riego la producción de piñones podría alcanzar niveles de productividad interesantes (Ávila *et al.*, 2012a). Los resultados obtenidos confirman el elevado potencial de adaptación de la especie a diferentes ambientes.

CAPÍTULO 4. PLANTACIONES Y HUERTOS

Considerando los requerimientos ecológicos y características de la especie, el pino piñonero es un árbol de gran potencialidad y de relativa facilidad de cultivo. Este capítulo presenta aspectos relacionados con la producción de plantas utilizando diversas técnicas y el establecimiento y manejo de plantaciones y huertos, entendiendo las primeras como aquellas realizadas con plantas de semilla, tradicionales y los segundos como los establecidos con plantas injertadas.

PRODUCCIÓN DE PATRONES O PLANTAS SIN INJERTAR

Edison García R., Marta González O., Verónica Loewe M. y Claudia Delard R.

Recomendaciones para el Abastecimiento de Semillas

Colecta de Semillas

Si se colectan conos para obtener semillas, es importante que al momento de la cosecha éstos se encuentren maduros, pues se han obtenido bajos valores de germinación al realizar colectas prematuras; normalmente se adopta el color de los conos como criterio para determinar su madurez, siendo verdes antes de madurar y se tornándose café-castaños al madurar (Goor, 1964).

A medida que los conos se cosechan, se pueden extender en capas delgadas para ser secados al sol durante algunos días, si no se prevén lluvias, o se amontonan durante el invierno bajo cubierta, y al llegar la primavera se extienden nuevamente para finalizar el secado y permitir su apertura. Una vez abiertas, las piñas se remecen con fuerza para que liberen las semillas (Goor, 1964). Este método de secado de los conos es muy lento, por lo que se puede practicar también el secado artificial.

Es preferible que las semillas a emplear sean frescas y de la última cosecha, ya que fácilmente pierden la capacidad germinativa (Montoya, 1990).

García-Fayos *et al.* (2001) señalan que en diversas zonas de España, la recolección de conos se efectúa entre los meses de enero y febrero (julio – agosto en el Hemisferio Sur), extrayendo los piñones en forma manual, volteándolos y golpeándolos con precaución debido a que daños en la cubierta de las semillas afecta su viabilidad y longevidad. Según Roatta (1992) en Argentina la colecta se aconseja entre agosto y octubre, secándolos al sol durante un mes y extrayendo las semillas una vez ocurrida la dehiscencia.

Almacenamiento

Según Webb *et al.* (1984), el almacenamiento de estas semillas puede realizarse en medio frío, seco y hermético por varios años, pudiendo alcanzar hasta 18 años (USDA, 1974).

Para muchas especies los contenidos de humedad más apropiados para el almacenaje son 5 a 10% y temperaturas entre 0 y 5 °C; temperaturas entre -17 y -15 °C permiten un almacenamiento por un período mayor (USDA, 1974).

Producción de Plantas de Semilla o Patrones

Contenedores

Los diferentes tipos de envases o contenedores disponibles se han diseñado para formar un buen sistema radicular en vivero, optimizan el espacio que ocupan, y además protegen las raíces durante su transporte y manipulación hasta la plantación (Ruano, 2008). La decisión de emplear uno u otro depende de factores económicos y biológicos, como el tamaño de la semilla y sistema

radicular, además de las condiciones ambientales, tipo de sustrato y duración del período de producción (Peñuelas y Ocaña, s/f.; Ruano, 2008). Para la producción de *P. pinea* se utilizan bandejas de diferentes volúmenes de cavidad, entre 130 a 400 cc (Domínguez *et al.*, 2000b).

Varios estudios señalan una correlación positiva entre la dimensión de las plantas y el volumen del contenedor (Domínguez *et al.*, 1997), alcanzando respectivamente alturas y DAC¹ promedio de 15,2 cm y 3 mm en contenedores de 130 a 150 cc; 21,4 cm y 3,3 mm en contenedores de 200–300 cc; y 20 cm y 3,9 mm en contenedores de 350–400 cc (Domínguez *et al.*, 2000b). Topc *et al.* (2006) obtuvieron plantas de calidad decreciente en contenedores de 932; 220 y 120 cc.

Una evaluación realizada seis años después de la plantación mostró que las plantas producidas en contenedores de más de 350 cc presentaron menor mortalidad que las cultivadas en envases más pequeños (Villar-Salvador *et al.*, 2001).

El uso de bolsas, sobretudo en periodos superiores a una temporada, genera problemas derivados del enrollamiento de la raíz (Figura 115), las que si no son podadas antes de la plantación pueden causar un menor crecimiento, e incluso la muerte años más tarde debido a estrangulamiento.



Figura 115. Raíz enrollada defectuosa derivada de producción de plantas en bolsa

Sustrato

El sustrato debe permitir una adecuada fertilización y un correcto manejo del agua, con porosidad suficiente para una buena aireación y extensión del sistema radicular (Montoya y Camara, 1996). En España para esta especie se emplea habitualmente una mezcla de 80% turba y 20% vermiculita (Domínguez *et al.*, 2000b). En Chile el sustrato de mayor uso es corteza de pino compostada, con buenos resultados en la producción de muchas especies; su estructura y tamaño de partículas, inocuidad, pH levemente ácido y relación equilibrada carbono/nitrógeno, le otorgan mayor facilidad de manejo respecto a retención de humedad y aplicación de nutrientes.

Navarro *et al.* (2009), estudiaron tres combinaciones de sustrato: Turba fertilizada-vermiculita (3:1), coco fertilizado-vermiculita (3:1) y coco reciclado-vermiculita-litonita (3:1,5:0,5), siendo el con turba el que presentó mayores valores en todos los atributos morfológicos, excepto peso seco de raíz.

Riego

En términos generales, el riego debe ser frecuente y evitar la disminución del potencial hídrico de la planta. Un efecto no deseado producido por la falta de agua es la desecación de la parte inferior del contenedor, que provoca la muerte de los extremos de las raíces o su reviramiento hacia arriba en busca de humedad (Montoya y Camara, 1996). La importancia del agua se refleja en las características fisiológicas de las plantas y su disponibilidad puede alterar el área foliar, la tasa de fotosíntesis, el patrón de distribución de biomasa, y por lo tanto la productividad (Kramer, 1983 cit. por Luna, 2006).

No obstante, en el proceso de producción de plantas en vivero, existe una fase llamada de endurecimiento, que consiste en exponer la planta a cierto estrés hídrico progresivo de manera de provocar una adaptación a la escasez de agua que le permita resistir el primer período luego de instalada en terreno. El pre acondicionamiento por estrés hídrico moderado puede activar o acentuar los mecanismos de resistencia de las plantas a situaciones de estrés, especialmente a la sequía, y no reduce la concentración de nutrientes de la planta (Villar *et al.*, 1999).

Villar *et al.* (2000a), expusieron plantas de la especie a tres niveles de estrés hídrico: Condiciones normales con riego cada 1 ó 2 días; nivel bajo, regadas cuando las bandejas perdieron 43–45% del peso respecto al nivel de saturación; y moderado, regadas cuando las bandejas perdieron 47–50% del peso. Encontraron que el estrés hídrico redujo el tamaño de las plantas incluso con niveles bajos.

Fertilización

La aplicación de fertilizantes en la producción de plantas fluctúa en las diferentes etapas de crecimiento, recomendándose una fertilización equilibrada que permita soportar situaciones de estrés; tanto la deficiencia como el exceso de nutrientes puede alterar la calidad de la planta y su capacidad para enraizar y crecer en terreno (Ruano, 2008). Se debe mantener un equilibrio de los tres macronutrientes esenciales (nitrógeno N, fósforo P y potasio K), considerando un balance apropiado a la fase de desarrollo; en la germinación e iniciación se aconseja que sea escasa o nula; en la fase de establecimiento de la plántula, mayor concentración de fósforo; en la etapa de crecimiento primaveral el nitrógeno es más relevante; y en la fase final de endurecimiento el fósforo y potasio potencian el sistema radicular y la resistencia a fatigas térmicas e hídricas (Montoya y Cámara, 1996).

En *P. pinea* se han logrado resultados interesantes con aplicaciones de NPK de 8 y 12 cc por bandeja/semana en concentraciones entre 22 y 32; 11 y 34; y 56 a 83 mg/pl, de cada elemento, respectivamente. Las alturas superan en 10–12 cm las plantas sin fertilizar, y en 3–5 cm las con dosis de 4 cc; situación similar ocurre para el DAC, que aumenta con dosis mayores (Ocaña *et al.*, 1997).

Aplicaciones intermedias y excesivas de nitrógeno inciden en el incremento del DAC de las plantas, y en las relaciones Peso seco aéreo/Peso seco radicular y Peso seco radicular/Peso seco total. Por otro lado, mayores aportes de fósforo provocan mayores alturas y pesos secos aéreo y radicular, así como mayor número y longitud de raíces nuevas. En general, existe una relación directa entre el aumento de N y P y el contenido total de estos elementos en los tejidos aéreos y radicales de la planta, pero no así del K, cuyo aumento se refleja en los tejidos de la parte aérea (Cañellas *et al.*, 1999; Domínguez *et al.*, 2000a; Villar *et al.*, 2000b). El Cuadro 34 detalla las concentraciones medias de nutrientes recomendadas según el período de desarrollo (Ruano, 2008).

¹ DAC: Diámetro al Cuello

Cuadro 34. Concentración media de nutrientes a aplicar según desarrollo de plantas en vivero

Nutrientes Minerales	Nivel de Aplicación (ppm)		
	Período de Establecimiento	Período de Máximo Crecimiento	Período de Endurecimiento
Macronutrientes			
N	50	150	50
P	100	60	60
K	100	150	150
Ca	80	80	80
Mg	40	40	40
S	60	60	60
Micronutrientes			
Fe	4,00	4,00	4,00
Mn	0,80	0,80	0,80
Zn	0,32	0,32	0,32
Cu	0,15	0,15	
Mo	0,02	0,02	0,02
B	0,50	0,50	0,50
Cl	4,00	4,00	4,00

(Fuente: Modificado por Ruano (2008) de Tinus y McDonald (1979))

Micorrización

Las micorrizas son asociaciones entre un hongo y una planta, en que las hifas del primero se unen a las raíces de la planta, que hace las funciones de huésped, generándose un beneficio mutuo, ya que el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono, principalmente azúcares que ésta obtiene de la fotosíntesis, y el hongo favorece la captación de agua y nutrientes minerales, especialmente fósforo y nitrógeno, aumenta su capacidad de explotar el suelo (Martínez *et al.*, 2004), incrementa la resistencia a la sequía, a temperaturas extremas del suelo y a valores extremos de pH, además de proteger las raíces contra ataques de hongos patógenos, áfidos y nemátodos (Quiroz *et al.*, 2011; Smith y Read, 1997 cit. por Rincón *et al.*, 1997). A lo anterior se suma que muchos hongos son de alto interés económico porque producen carpóforos comestibles apreciados en gastronomía.

Cerca del 95% de las plantas participan en estas asociaciones en forma natural (Pera y Parladé, 2005), existiendo dos tipos de micorrizas en función de las estructura que forman, endo y ectomicorrizas, siendo estas últimas de mayor interés en la producción de plantas forestales. Por ello en la actualidad la micorrización controlada es una operación cada vez más habitual en viveros, que consiste en poner en contacto una raíz en crecimiento activo con algún tipo de hongo micorrízico a través de la inoculación de las raíces con esporas o micelio (Quiroz *et al.*, 2011). No obstante, la obtención de plantas micorrizadas depende en gran medida del manejo realizado (Rincón *et al.*, 1997).

Pinus pinea forma asociaciones con micorrizas ectotróficas de varias especies, como *Laccaria laccata*, *Hebeloma crustuliniforme*, *H. sinapizans*, *Boletus granulatus*, *Paxillus involutus* y *Suillus collinitus*, algunas de las que juegan un rol importante en la absorción de fósforo y en el desarrollo de la especie en suelos pobres o calcáreos (CABI, 2012). La asociación con la trufa *Tuber albidum* o *Tuber borchii* es muy interesante desde el punto de vista económico, ya que se transa en el mercado mundial a € 400/Kg (Bussotti, 1997; Micología y Forestal Aplicada, s/f), debido a que posee excelentes propiedades culinarias, usándose en conservas como paté o queso trufado.

Aun cuando la inoculación en vivero con hongos ectomicorrízicos mejora la calidad del sistema radicular de las plantas, su éxito puede verse afectado por las prácticas culturales (fertilización, los mayores porcentajes de infección se obtienen cuando la

planta no se fertiliza, tipo de sustrato, aplicación de fungicidas, otros), por la especie y por la técnica de inoculación empleada; por ejemplo con micelio se consigue un nivel alto de infestación de *Hebeloma crustuliniforme* y, por el contrario, con la técnica esporal se alcanzan altos grados de infestación con *Rhizopogon* (Rincón *et al.*, 1997).

Martínez *et al.* (2004) concluyen que la micorrización mejora la calidad de las plantas, que presentan mayor altura y diámetro del cuello, mayor uniformidad y mejor color y aspecto general que las sin micorrizar. Adicionalmente, con esta práctica se han recuperado plantas de desecho que no cumplían con los parámetros mínimos exigidos en dimensión, vigor y color, inoculándolas al final del primer año, y un año más tarde presentaban muy buena calidad, por lo que los autores sugieren incorporar esta práctica en los protocolos de producción de plantas.

Esta técnica incluso se ha empleado en producción de plantas in vitro (Castro *et al.*, 2010b) observándose extensivas ramificaciones de raíces laterales de tipo coraloides; la micorrización en estos cultivos podría haber ocurrido incluso espontáneamente.

En España con pino piñonero usan *Boletus edulis*, *B. aereus*, *Amanita caesarea*, *Lactarius deliciosus*, *Suillus collinitus*, *Russula cyanoxantha*, *Pisolithus tinctorius* y *Macrolepiota procera* (Martínez *et al.*, 2004); los resultados más interesantes corresponden a la aparición de carpóforos de *B. edulis* y *L. deliciosus* en el segundo año en vivero, y de *S. collinitus* en plantas de 4 años en bolsa, inoculadas ese mismo año. Encontraron diferencias significativas entre plantas con y sin micorrizar, ambas sin fertilizar, con incrementos en las primeras sobre las segundas de 330% en altura y 50% en diámetro, tendencia que se mantuvo al ser establecidas, ya que a los dos años de la plantación se observaron alturas 73,8% y diámetros 61,8% superiores a las testigo; la mortalidad también se redujo. La inoculación en vivero incrementó significativamente el diámetro, altura de la planta y longitud del sistema radicular; *Rhizopogon roseolus* se desarrolló más en plantas producidas en turba-corteza, inoculadas y fertilizadas (De Miguel, 1999).

Parladé *et al.* (2001 cit. por Pera y Parladé, 2005), observaron que plantas micorrizadas de la especie con *R. roseolus* bajo riego regular muestran crecimientos significativamente mayores que plantas sin inocular, pero si se someten a períodos de estrés hídrico, las plantas micorrizadas no muestran mayor crecimiento respecto a las no inoculadas.

Colón *et al.* (2001) analizaron el impacto de bacterias promotoras del crecimiento (PGPR) que estimulan el desarrollo por varios mecanismos (incrementan la fijación de nitrógeno y la producción de hormonas, controlan biológicamente patógenos del suelo, intervienen en el ciclo de nutrientes), y se usan como biofertilizante para incrementar la producción, atractivo por los problemas derivados del uso excesivo de fertilizantes. Las bacterias del género *Bacillus* son interesantes, dado que persisten en el campo por largos periodos y se pueden producir y almacenar con objetivos comerciales. Estos autores encontraron que las bacterias *Bacillus licheniformis* y *B. pumilus*, combinadas con la ectomicorriza *Pisolithus tinctorius*, aumentan significativamente la parte aérea y radicular de las plantas y su peso seco, lo que se debería a que estas bacterias producen auxinas y giberelinas.

Probanza *et al.* (2001) evaluaron el efecto de la inoculación de las mismas bacterias PGPR y ectomicorriza, verificando que ambas bacterias promueven el crecimiento, pero que su efecto no es sinérgico con la micorriza. Probanza *et al.* (2002) posteriormente, reportan el uso combinado de ambas bacterias, concluyendo que en forma separada mejoran el crecimiento, pero no así en forma combinada debido a un proceso de competencia que puede incluso reducir o anular el crecimiento. Además este tipo de inoculación genera una mayor tasa de exudación de amonio, nitratos y azúcares que quedan disponibles para las bacterias rizosféricas, las que a su vez intervienen en el reciclado de nutrientes, incrementando la biomasa aérea y radicular, y la fertilidad del suelo (Colón *et al.*, 2001; Probanza *et al.*, 2001 y 2002).

Madrid (2008) describió la capacidad de distintas bacterias beneficiosas de promover el crecimiento en plantas de la especie para mejorar la simbiosis micorrízica con hongos, obteniendo que el 80% de las bacterias ensayadas estimulan el crecimiento y que, de tres bacterias ensayadas para micorrizar, una mejoró la simbiosis; destaca la especificidad entre la bacteria aplicada y el hongo edáfico con el que formó simbiosis.

En Argentina en sectores costeros entre Pinamar y Villa Gesell se identificaron los hongos *Suillus granulatus*, *Lactarius deliciosus* y *Lepista nuda* asociados a pino piñonero (Marcomini, 2007).

Experiencia de Producción de Plantas en Chile

El Centro Tecnológico de la Planta Forestal de INFOR estudió la producción de plantas de *Pinus pinea* con semilla colectada de árboles seleccionados en las localidades Cahuil y Tanumé (Quiroz *et al.*, 2009). La siembra se realizó en junio del 2008 en bandejas de poliestireno expandido de 84 cavidades de 130 cc de volumen cada una, previo remojo en agua por 24 horas; el sustrato utilizado fue corteza de pino compostada de granulometría G-10; se usó un fertilizante de lenta entrega (14-14-14), en dosis de 4 Kg/m³ de sustrato. Las bandejas sembradas se trataron con aspersiones semanales de solución fungicida (mezcla en igual proporción de los productos comerciales Benlate (Metil-1-(butilcarbamoil)-2-bencimidazol-carbamato) y Captan (N-((triclorometil)-4-cyclohexano)) a razón de 0,5 g/l. Desde la siembra y hasta los 4 meses se aplicaron 2 riegos diarios de 10 minutos cada uno en días despejados con altas temperaturas, y de 5 minutos en días nublados; desde los 5 meses los riegos disminuyeron a uno diario, o día por medio, 10 minutos cada vez, para los últimos 4 meses de la temporada cada dos o tres días e igual duración, con el objeto de evitar pérdidas de nutrientes por exceso de agua y evitar la formación de musgos en la zona del cuello de la planta.

Se fertilizó con productos de la línea Ultrasol, solubles en agua y libres de cloruro (excepto Ultrasol[™]MOP), lo que contribuye a una eficiente absorción de nutrientes; las aplicaciones se determinaron según el estado de desarrollo: 1ª etapa: hasta 10 cm de altura, aplicación de Ultrasol Inicial (15-30-15) semanal (2 g/l agua); 2ª etapa: 10 a 25 cm de altura, aplicación de Ultrasol de Crecimiento (25-10-10) alternando cada dos semanas con Ultrasol Desarrollo (18-6-18) semanal (3 g/l); y 3ª etapa: sobre 25 cm de altura, aplicación de Ultrasol Producción (13-6-40) (2 g/l), una o dos veces por semana según estado de desarrollo. Además se aplicó nitrato de calcio (2 g/l) dos veces por semana y Coldkiller (fitorregulador protector contra heladas) (2 cc/l) una vez por semana. Para prevenir hongos se aplicaron diversos fungicidas (Cuadro 35) en dosis de 1 g/l de agua cada 15 días en horas de bajas temperaturas.

Cuadro 35. Productos empleados para prevenir hongos en producción de plantas de *Pinus pinea*

Producto Comercial	Nombre Químico	Ingrediente Activo
Polyben 50 WP	Metil-1-(butilcarbamoil)benzimidazol-2-ilcarbamato	Benomilo
Pomarsol® Forte 80% WG	Tetrametil-tiuram-disulfuro	Thiuram (TMTD)
Swift® T 25	1-(4 clorofenoxi)-3,3-dimetil-1-(1h-1,2,4-triazol-1-yl)=butan-2-ona	Triadimefon
Point benomyl 50 PM	Metil 1-(butilcarbamoil) benzimidazol-2-ilcarbamato	Benomilo
Dithane NT	Etilen bis ditiocarbamato de manganeso coordinado con iones de Zn	Mancozeb

A los 11 meses desde la siembra las plantas alcanzaron alturas medias de 15,4 y 21,4 cm para los orígenes Cahuil y Tanumé, con un DAC de 5,3 y 5,3 mm respectivamente, y una evolución ilustrada en la Figura 116.

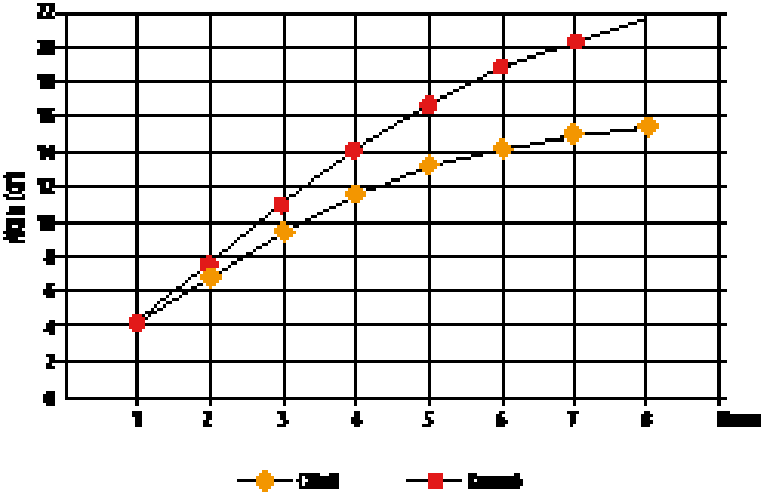


Figura 116. Crecimiento en altura de plantas de *Pinus pinea* según origen

Habitualmente se considera que el Índice de Esbeltez² no debe ser mayor a 6, aunque Mitchel *et al.* (1990) cit. por Hunt (1990) señalan que debe ser menor o igual a 8 para que la planta esté equilibrada; según ese criterio todas las plantas evaluadas presentaron valores adecuados (Figuras 117 y 118).

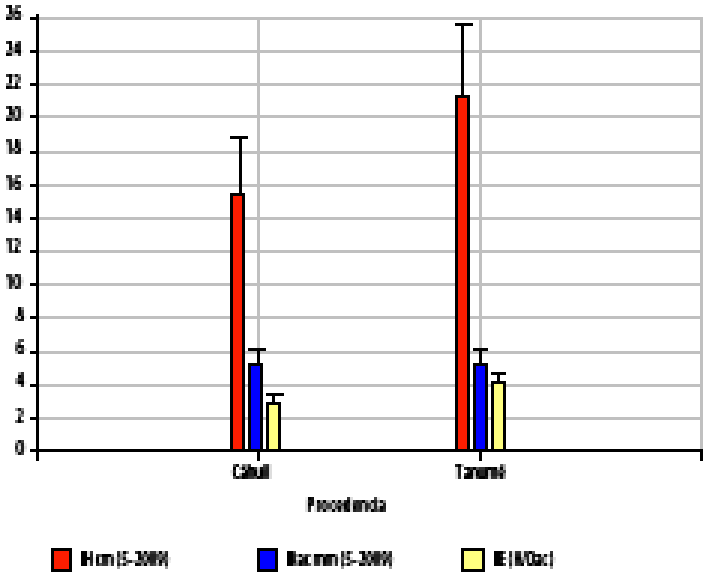


Figura 117. Altura, diámetro e Índice de Esbeltez para plantas de pino piñonero según origen

2 Índice de Esbeltez (IE): razón altura (cm)/diámetro (mm) que relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética.

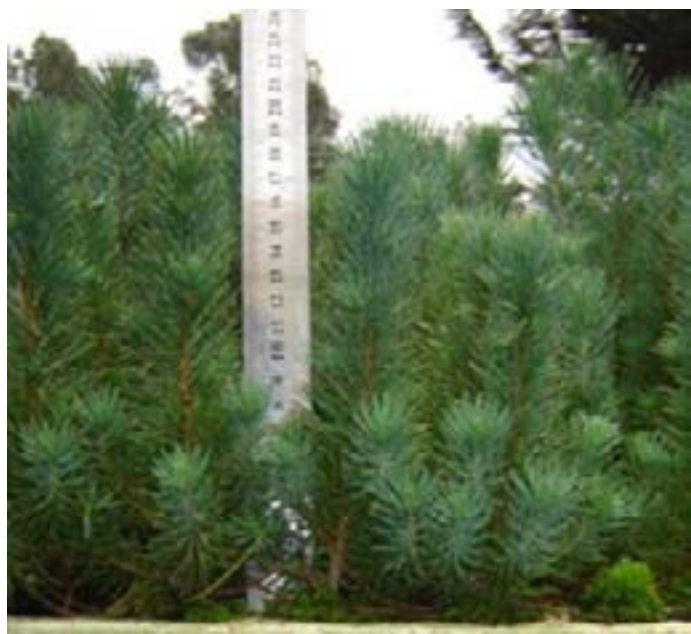


Figura 118. Plantas de pino piñonero de una temporada de producción en vivero

Se han producido plantas de la especie en cultivo hidropónico (Khaldi *et al.*, 2011), lo que se ha corroborado en Chile, donde se ha propagado la especie por esta vía con facilidad (Fernández³, 2012, com. personal).

Exigencias para Internación de Material

El Reglamento N° 707 (11.02.2005) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), que establece requisitos fitosanitarios para el ingreso de semillas de especies forestales, indica que los certificados fitosanitarios oficiales que amparan las partidas de semillas que ingresen al país deben contener declaraciones adicionales y tratamientos que deben especificarse en la sección correspondiente del documento. En el caso de especies del género *Pinus*, debe declarar que las semillas han sido analizadas y encontradas libres de *Fusarium circinatum*, *Sirococcus strobilinus* y *Megastigmus spp.*, y que la partida ha sido sometida a un tratamiento de desinfección con cualquiera de los siguientes productos fungicidas en forma alternativa: Triadimefón, Triadimenol, u otro debidamente calificado. Además, las semillas de especies de este género deben ser sometidas a cuarentena post-entrada predial, sin cuarentena de filtro, y contar con la autorización del SAG en forma previa a su ingreso al lugar de cuarentena. Como medida de bioseguridad, el reglamento también establece que las semillas sometidas a este procedimiento deben ser cultivadas en bandejas u otro medio que evite el contacto directo de las plantas con la superficie del suelo.

PRODUCCIÓN DE CLONES

Dado que el principal aprovechamiento comercial de esta especie es el piñón, puede utilizarse como cultivo frutal, justificándose diversas técnicas de propagación para su mejora genética clonal o selección varietal ante la ausencia de cultivares definidos para tales fines (Catalán, 1990, cit. por Mutke *et al.*, 2007a). Clones pueden ser obtenidos por varias vías, entre ellas las más relevantes en esta especie son el injerto y la micropropagación, cada una con sus propias limitaciones.

Plantas Injertadas

Claudia Delard R.

Los injertos corresponden a cicatrizaciones de heridas producidas natural o artificialmente, dando como resultado la unión vascular de partes vegetales anteriormente separadas (Castaño *et al.*, 2004). Varios autores indican que la propagación vegetativa del pino piñonero mediante la injertación, aumenta la productividad de los piñones (Gil y Abellanas, 1989; Gallardo y Gallardo, 1991; Castaño *et al.*, 2004; Carneiro *et al.*, 2007). Además, su principal ventaja es que emplea material adulto que permite a los injertos entrar en producción antes de los 20-30 años requeridos en plantaciones sin injertar, cuando alcanzan la madurez sexual y una producción apreciable de piñas (Mutke *et al.*, 2000c). Gil y Abellanas (1989) y Mutke (2005) indican que plantaciones injertadas con un número reducido de genotipos productivos selectos tendrían un ciclo más corto, regular e intensivo que los pinares tradicionales.

Según Castaño *et al.* (2004), el principal objetivo del injerto en la especie es reproducir ejemplares adultos con elevada producción de piñas que empiecen a producir desde los tres años y medio desde el injerto. Carvalho *et al.* (2000), agregan que la técnica permite reproducir las copas de árboles seleccionados, lo que se traduce en buena producción de piñas y calidad de piñones, además de reducir los costos de cosecha y facilitar el manejo (podas, tratamientos fitosanitarios, otros).

ANSUB (2008) menciona que los injertos permiten mejorar, aumentar y anticipar la producción de piñas gracias a la selección de árboles productores de piña de calidad mediante la propagación vegetativa, obteniendo copias de árboles madre seleccionados por su elevada producción, y adelantar el inicio de la producción de piñas en forma rentable desde los 8 años.

Cuadros y Francia (1993) opinan que el pino piñonero tiene, pese a haber experimentado un fuerte impulso con la aplicación de las técnicas de injertación, posibilidades de expansión limitadas a zonas bajo 1.000 msnm y con ciertas condiciones edáficas para su buen crecimiento, lo que supone una restricción a su plantación en zonas marginales. Por el contrario, Catalán (1990) asevera que esta técnica es una solución para terrenos marginales, muchos de los cuales se encuentran en sitios con pluviometría de 400-600 mm anuales y un pH superior a 7,5, donde es difícil encontrar alternativas productivas interesantes; plantea la posibilidad de dedicar estos terrenos a la producción de piñón utilizando injertos de pino piñonero sobre patrón de pino carrasco (*Pinus halepensis*), ya que con esta técnica las plantaciones comenzarían a generar beneficios pocos años después de su establecimiento.

Si bien se han realizando injertos de *P. pinea* desde hace unos veinte años, no se dispone de información sobre evolución de la fructificación del injerto en toda la rotación, así como los tratamientos culturales que favorecen la producción (Abellanas, 1990).

A continuación se mencionan los principales aspectos disponibles relacionados a los injertos.

Patrones

Se utilizan patrones de la especie de 2-3 temporadas (Castaño *et al.*, 2004) o de 5-6 años de edad, con una altura de 1,5 m según su desarrollo (Carneiro *et al.*, 2007). Trap (1993) indica que los patrones deben tener al menos 18 meses, ya que de lo contrario mueren cerca de 2 años después del injerto. En cualquier caso, los patrones deben ser vigorosos, sanos, con un tallo principal ligeramente rojizo. Catalán (1990) y Mutke *et al.* (2003a), indican que la especie puede injertarse sobre patrones de la misma especie u otros pinos (Figura 119). Mutke *et al.* (2007c) indican que no existe material seleccionado específicamente para patrones, sirviendo cualquier planta bien formada de pino piñonero o carrasco. No obstante lo anterior, la elección del portainjerto es muy importante por su influencia tanto en la floración del injerto como en la posibilidad de incrementar el área de cultivo, dado que se puede utilizar *P. pinea* sobre *P. halepensis* en suelos más áridos y pobres, o con cal activa, mientras que injertos de *P. pinea* sobre *P. pinea* crecen bien en suelos arenosos (Loewe y González, 2012).

3 María Paulina Fernández, Profesora Pontificia Universidad Católica de Chile. Mail pfernan@uc.cl



Figura 119. Pino piñonero injertado sobre pino carrasco (*P. halepensis*)

El uso del injerto en España es antiguo; en un tratado del siglo XI o principios de XII se comenta que este pino se injerta sobre sí mismo, al igual que sobre ciprés, fresno silvestre, tamarisco y enebro; aún cuando estas combinaciones son poco creíbles, resulta interesante que ya en ese entonces se mencionara el uso de la técnica. En una obra de 1797, también se describe el injerto de piñonero sobre carrasco (Prada *et al.* 1997).

En India la especie se ha injertado con éxito sobre *Pinus roxburghii* (CABI, 2012). Trap (1993) indica que además de *Pinus pinea*, otros patrones pueden ser *P. radiata* (80-85% de éxito), *P. halepensis* y *P. sabiniana* (60-70% de éxito); y *P. pinaster* (20% de éxito).

Mutke (2005) indica que está comprobada la importancia del patrón sobre el vigor, porte y comportamiento reproductivo del injerto, tanto en frutales como en coníferas. El patrón parece ejercer una mayor influencia sobre el conjunto patrón-injerto, controlando el tamaño del injerto, sus pautas de crecimiento y maduración, el color y calidad de fruta, la resistencia a enfermedades, el desarrollo de yemas e incluso el enraizamiento de estacas tomadas del injerto, y las púas ejercerían influencia sobre la ramificación y profundidad del sistema radical del patrón (Castaño *et al.*, 2004). En todo caso, se indica que para tener éxito al injertar, las yemas del patrón deben estar más adelantadas que las púas (Gil y Abellanas, 1989; Castaño *et al.*, 2004).

Para realizar injertos en vivero, los patrones deben ser lo más jóvenes posible para evitar enrollamientos de la raíz y déficit entre sistema radicular y aéreo. Plantas de 2 a 3 temporadas pueden ser las más apropiadas (Castaño *et al.*, 2004), lo que varía según la especie empleada.

Púas

Las púas a injertar deben obtenerse de árboles con buena producción frutal, por lo cual se recomienda que la selección se dirija al tamaño y homogeneidad de la copa, y fructificación (Carvalho *et al.*, 2000). En otras palabras, las púas deben provenir de árboles seleccionados, adultos y en producción, que sean buenos productores de piñas, tanto en cantidad como calidad (ANSUB, 2008). En España la producción de árboles seleccionados varía entre rodales situados en la costa y en el interior; aquellos costeros tienen mayores producciones de piña y menores de madera, siendo su porte inferior, y por el contrario, los del interior tienen menos piñas aun cuando su tamaño es mayor (Castaño *et al.*, 2004).

Las púas se obtienen de la parte más alta del árbol, ya que es allí donde emergen las flores femeninas (Gil *et al.*, 1986; Castaño *et al.*, 2004). ANSUB (2008) y Carneiro *et al.* (2007), indican que la colecta de púas se realiza desde el tercio superior de la copa, por ser la zona de mayor luminosidad donde se sitúan los brotes más vigorosos. Se recomienda recoger máximo 50 púas/árbol para no interferir con la producción de los años siguientes; se estima que 15% de las púas colectadas no se utilizan (Castaño *et al.*, 2004).

Las púas recogidas deben etiquetarse y acondicionarse en sacos de plástico perforado, para evitar deshidratación (ANSUB, 2008; Carneiro *et al.*, 2007), o envueltas en paños absorbentes humedecidos con solución antifúngica (Gil y Abellanas, 1989) (Figura 120).



Figura 120. Púas colectadas etiquetadas antes de su acondicionamiento en paño húmedo con fungicida

Las púas deben ser conservadas en lugar fresco, húmedo, oscuro, con la sección de corte en remojo y posición vertical (Castaño *et al.*, 2004). Su traslado se realiza en cajas aislantes para conservar frío y humedad (Carneiro *et al.*, 2007).

Si las púas no se utilizan de inmediato, se pueden acondicionar en cámaras frigoríficas a 4° C durante 2-3 días (ANSUB, 2008), o incluso por varias semanas. Se desechan las de tamaños extremos, con reducida vitalidad o dañadas.

La especie no se propaga por estaquillado ni injerto leñoso, por lo que las púas aptas para injertar se obtienen de yemas apicales al comienzo de su elongación, en un periodo muy reducido de la primavera (2-4 semanas).

Tipos de Injerto

La principal técnica para propagar vegetativamente el pino piñonero es el injerto de hendidura o sustitución de púa terminal o apical, que consiste en reemplazar la púa del patrón por una púa de un árbol plus, mediante la realización de una hendidura diametral realizada en la base del último crecimiento del patrón, a la que se acopla la púa (Gil y Abellanas, 1989; Castaño *et al.*, 2004; Carneiro *et al.*, 2007; Mutke *et al.*, 2007; ANSUB, 2008). Consejería de Medio Ambiente (2004), de acuerdo a la experiencia alcanzada en España con diferentes técnicas de injertación con la especie, coincide en que los mejores resultados se obtienen con el injerto de hendidura terminal.

Se han realizado con éxito injertos de sustitución de púa terminal usando púas de pino piñonero y patrones de la misma especie y de *Pinus halepensis*, no presentando ningún tipo de rechazo (Parra, 1980). En ensayos realizados injertando piñonero sobre pino carrasco se ha obtenido una media de 78% de injertos prendidos (entre 38 y 98%).

En Italia se realizan normalmente injertos de hendidura terminal y lateral, siendo los preferidos los primeros (Trap, 1993).

Gallardo y Gallardo (1991) estudiaron el comportamiento de más de 46.000 injertos de *P. pinea*/pinea divididos en dos categorías: Sustitución de púa terminal, denominado también injerto de yema, y si el injerto se efectuó en el crecimiento del año anterior se denominó injerto en madera; en éstos el éxito medio fue del 52,5%, no evaluándose los injertos de yema, y se determinó que el vigor del patrón no influye en el éxito del injerto. La muerte de las púas en ambos tipos se debería a la falta de manejo posterior al injerto, fallas de los operarios al momento del injerto y causas externas, como ataques de patógenos, aún cuando los injertos de yema serían más eficaces que los de madera. No encontraron diferencias significativas en productividad (flores femeninas fecundadas) entre diferentes clones.

En Marruecos se ha injertado piñonero con injerto de hendidura terminal, obteniéndose un 32,5% de éxito (Sbay, 2000), resultados que varían según el clon, fluctuando entre 6 y 73%.

Otros tipos de injertos empleados en la especie corresponden a injerto de doble empalme inglés, que corresponde al reemplazo de la púa del patrón por una púa de un árbol seleccionado, pero a diferencia del injerto de hendidura terminal, se realiza un corte en bisel en la púa del patrón y en la púa del árbol plus seleccionado, y además, a ese mismo corte se le practica otro hacia su interior, obteniéndose una mayor superficie de contacto, pero su realización es de mayor dificultad; injerto lateral o de aproximación, que se realiza adosando una púa a la corteza del tallo del patrón; y el injerto de corona, que se realiza en la corteza de la púa o eje principal del patrón, efectuando un corte en forma de "T" en la corteza del patrón y realizando luego un corte en bisel (sólo por un lado) a la púa, la cual se injerta al patrón en el corte anterior.

La Técnica

En Portugal los injertos se realizan a mediados de primavera, entre la última quincena de abril y la primera de mayo, aunque esto depende del desarrollo del patrón y de las púas (ANSUB, 2008). Trap (1993) indica que se realizan a mediados de verano y Castaño *et al.* (2004) sostienen que en el suroeste de España la época adecuada es principios de marzo (inicio de primavera) hasta fines de abril. Mutke *et al.* (2007c) indican que el mejor momento para realizar estos injertos es la primavera, cuando se activa el flujo de savia. La ventana es de aproximadamente dos semanas cada primavera, en marzo en el área cálida costera sur (Andalucía) y no antes de mayo en las tierras altas del interior de España; puede variar en varias semanas entre años dependiendo de la suma de días grado acumulados (Mutke *et al.*, 2003b; Mutke *et al.*, 2007c). Si bien las púas a extraer deben tener un desarrollo y tamaño adecuados, Gil y Abellanas (1989) indican que son más recomendables los injertos con púas o yemas en reposo, ya que se deshidratan más lentamente, sobre todo cuando el espacio de tiempo transcurrido entre la recogida de las púas y la realización de los injertos es prolongado. Castaño *et al.* (2004), Carneiro *et al.* (2007) y Mutke (2009, com. personal) describen los pasos a seguir para realizar el injerto de pino piñonero sobre la misma especie (Figura 121):

1. Se selecciona la guía principal del patrón y se eliminan todas las ramas que competirán en altura con el injerto, para que el patrón no genere yemas adventicias en la guía principal que lo dañen.
2. Se realiza un corte transversal en la yema del patrón, dejando unos 10 cm como mínimo desde el verticilo hasta la sección resultante del corte. Cuanta más distancia se deje entre el corte y el verticilo, más alto estará el injerto y se favorecerá su dominancia sobre el resto de las ramas.
3. La púa seleccionada se corta para dejarla con una longitud de 4-6 cm. A continuación, se hacen dos cortes opuestos oblicuos desde el centro de la nueva sección hacia el ápice, en forma de cuña. Estos cortes deben ser lo más largos posibles, aproximadamente 2/3 del largo de la púa, para dejar en contacto la mayor cantidad posible de cambium.
4. Desde la sección realizada en el eje del patrón se hace un corte diametral (hendidura) de 3-6 cm de largo, dependiendo del tamaño de la púa a injertar; se puede apreciar el cambium a ambos lados de la hendidura, y como el corte es radial se ven dos franjas verticales blancas en cada sección.

5. Se inserta la púa dentro del corte realizado en el patrón; la cuña se debe encajar hasta el final de la hendidura para no dejar espacios de aire. En general la hendidura es más larga que el corte en la púa, por lo que sobresale por encima de la misma el sobrante de la guía principal. El cambium del patrón y púa deben coincidir perfectamente a lo largo del corte.
6. Se coloca cinta para sujetar firmemente la púa al patrón e impermeabilizar el injerto de los agentes externos (agua y viento), empezando desde abajo hacia arriba. La cinta y el injerto deben formar un cuerpo firme pero sin que lo estrangule. Adicionalmente se puede poner un saco de papel kraft o plástico perforado encima del injerto para crear un ambiente húmedo y sombreado más propicio para su éxito, el que debe eliminarse al mes o mes y medio.
7. Después de 30 a 40 días se retiran las cintas, salvo cuando se usan biodegradables, para evitar daños al injerto, momento en que ya se reconoce si los injertos han prendido.



(Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2004)

Figura 121. Etapas de injertación en *Pinus pinea*

No es conveniente injertar en días lluviosos porque la acumulación de agua entre la cinta y el injerto afecta negativamente, favoreciendo el ataque de hongos y bacterias. En cada árbol se pueden injertar una segunda púa en una rama del último verticilo de la guía principal por si falla la de la guía principal.

Para permitir la formación rápida de callo y el abastecimiento temprano de savia a los tejidos, el patrón, como mencionado, debe estar más avanzado, después de la apertura de la yema, pero antes de la completar la elongación del brote; la eliminación de las ramas del patrón también lo favorece, al evitar la competencia con la púa injertada (Mutke *et al.*, 2007c).

La humedad ambiente es determinante para el injerto, tanto en el momento en que se realiza como en los días posteriores, debido a que la púa injertada es de tamaño reducido y es fácilmente afectada por deshidratación, aunque las temperaturas deben mantenerse altas para promover la diferenciación celular, pero no extremas (Consejería de Medio Ambiente, 2004; Gil *et al.*, 1986).

Es importante considerar que durante 15-20 años los injertos se comportan como individuos femeninos, es decir no producen polen, por lo que es necesario establecer huertos cerca de árboles adultos, o en su defecto hacer polinización artificial hasta que los injertos produzcan suficiente cantidad de polen. Al respecto, Carneiro *et al.* (2007) indican que la floración femenina se inicia a contar del año siguiente al injerto, y hasta 2-3 años después; pero la floración masculina nunca antes de 5 años. Dado que esta especie no híbrida con otras, la plantación injertada no necesita aislamiento (Carvalho *et al.*, 2000). Adicionalmente, se pueden plantar hileras de individuos no injertados, o cortinas cortavientos, con el objetivo de aumentar la cantidad de polen disponible.

El injerto se puede realizar tanto en plantaciones como en vivero, recomendándose esta última opción sobre todo si el personal no posee mucha práctica debido a que en vivero se tiene mayor control sobre las plantas, sobre las condiciones meteorológicas, sobre el proceso de injertación, y además es de menor costo (Gil y Abellanas, 1989; Castaño *et al.*, 2004). El injerto se realiza de la misma manera que en campo, solo que el diámetro de las púas será menor; tras el injerto las plantas deben permanecer en lugar sombreado, con riego adecuado pero sin mojar el injerto hasta que no se haya formado el callo de cicatrización. La planta puede llevarse a campo unos 6 meses después del injerto.

Castaño *et al.* (2004) indican que la habilidad del injertador es el factor de mayor relevancia, ya que de él depende que se realicen cortes limpios, en el menor tiempo posible, que se elija la púa adecuada (es fundamental que ambos cambium coincidan lo más posible), que se realice una poda inicial adecuada a la conformación de cada planta, y que finalmente ajuste bien la cinta para impermeabilizar la unión. Posterior al injerto, en el invierno siguiente se deben podar las ramas laterales que compiten con el injerto y luego se deberán realizar nuevas podas para que la planta injertada recupere su equilibrio y reciba la luz necesaria para una correcta fotosíntesis, eliminando las ramas del patrón que sombrean el injerto. Combinando raleos con fertilización adecuada se puede lograr una cosecha uniforme, reduciendo costos y aumentando la producción (Carneiro *et al.*, 2007).

Mutke *et al.* (2003a) señalan que las ramas laterales del patrón que compiten con la copa del injerto pueden afectar sus ápices dominantes potencialmente generadores de flores y, por lo tanto, el potencial del genotipo y el tamaño del injerto, por lo que finalmente se deben eliminar todas las ramas del patrón, y vigilar que no aparezcan nuevas (Castaño *et al.*, 2004). Dado que el injerto demanda al sistema radical del patrón un fuerte aporte de nutrientes, parece razonable la fertilización. También es necesario realizar limpiezas para eliminar la competencia por agua y nutrientes.

Experiencias de Injertación en Europa

La experiencia más antigua corresponde a una plantación transformada mediante injertos, cuya evaluación de la productividad frutal fue discontinua y, en consecuencia, ha proporcionado datos imprecisos (Mutke *et al.*, 2003a; 2005c; 2007c).

Antiguamente se realizaron injertos de parche de acícula sobre una yema, llegando a un 90% de éxito (Loewe y González, 2012).

Balaguerías (1971), menciona que la irregularidad reproductiva se supera al igual que la topósis⁴, hasta el punto que los injertos florecen desde el primer año, y se mantienen los años sucesivos y en todas las ramas del injerto. Esta particularidad permite

4 Topósis: Variación de crecimiento de púas según el lugar en que se colecta dentro del árbol.



anticipar considerablemente la cosecha, y considerando que el fruto es de gran interés, se justifica económicamente la ejecución del injerto (Cuadro 36).

Cuadro 36. Antecedentes de injertos con pino piñonero en España a los seis meses

Injerto	Fecha de realización	Prendimiento (%)
<i>P. pinea/P. pinea</i>	26-28 mayo 1970	70,0
<i>P. pinea/P. pinaster</i>	24 mayo 1967	16,0
<i>P. pinea/P. pinea</i>	1-5 mayo 1968	45,8
<i>P. pinea/P. pinea</i>	24-26 mayo 1969	59,2

(Fuente: Balaguerías, 1971)

Una de las primeras experiencias documentadas en España tuvo lugar en los 80 (Catalán, 1990) y luego se establecieron huertos clonales experimentales desde principios de los 90, centrados principalmente en dilucidar la importancia de los factores ambientales y genéticos en la producción y calidad de los piñones (Mutke *et al.*, 2003a; 2005c; 2007c).

En Italia se han realizado injertos para propagar individuos superiores productivamente, empleándose como portainjertos *P. pinea*, *P. radiata*, *P. halepensis*, *P. sabiniana* y *P. pinaster*, al menos de 18 meses, utilizando el injerto de hendidura apical o lateral (Crawford, 1995).

Abellanas *et al.* (2000) analizaron el prendimiento en una plantación injertada tres años después de su establecimiento, obteniendo un 35% de éxito, y concordaron con que el factor más relevante es la habilidad del injertador.

En España se ha avanzado mucho en la técnica de injertación de la especie, fruto del trabajo de más de dos décadas en el marco de programas de mejoramiento genético. Algunas experiencias corresponden a: Almonte, los años 1987 y 1988 con material de árboles seleccionados de Valladolid; Huelva entre 1988 y 1993, injertando 65 hectáreas de bancos clonales para conservación e investigación (Consejería de Medio Ambiente, 2004). Se han realizado injertos de *P. pinea/pinea* y *P. pinea/halepensis* (Castellón, Valencia), e incluso sobre *P. pinaster*, con resultados positivos, aunque no se ha estudiado el efecto del portainjerto en el sabor del piñón, estimándose que no deberían haber alteraciones.

En Huelva se injertaron individuos entre los años 2001 y 2004, obteniéndose el 2001 un 28% de éxito; el 2002 se injertaron 17.288 individuos con 2-3 púas, de los cuales el 87% tuvo al menos una púa prendida, constatándose mejores prendimientos por la mayor habilidad de los injertadores. El 2003 se injertaron 4.162 individuos con 2 injertos en cada uno, de los cuales el 83% tuvo al menos un injerto prendido (media excluye injertos realizados en días de lluvia, con los que la media disminuye al 70%); el 2004 el éxito medio por púa fue del 77,6% (Castaño *et al.*, 2004).

Mutke *et al.* (2005c) estudiaron la arquitectura de copa en un huerto injertado, encontrando correlaciones significativas solo con los parámetros del brote madre formado el año anterior y con el número de piñas formadas 3 años antes. Concluyen que la forma esférica de la copa obedece a una falta de vigor en la diferenciación entre meristemas apicales del tallo y ramas principales, lo que puede ser interpretado como una estrategia, en ausencia de competencia por luz lateral, de favorecer la máxima producción de semillas al maximizar el número de ramas codominantes, tomando en cuenta que solo los ápices de los ejes más fuertes son capaces de sostener las pesadas piñas.

Existen algunas plantaciones experimentales injertadas en España e Italia, la mayoría bastante recientes, por lo que no se cuenta con información de más de 20 años. Normalmente empiezan a producir a los 3-4 años de haberse realizado el injerto, con producciones aproximadas entre 100-200 Kg piña/ha; entre 200 y 300 Kg/ha a los 5 años; y de 500 a 1.500 Kg/ha a los 10 años, con alta variabilidad entre individuos. Los resultados son esperanzadores ya que con una correcta realización de los huertos, con material seleccionado y manejo, se puede obtener buena rentabilidad.

Con el fin de estudiar el potencial agronómico de la especie, en 2008 se plantó a 6 x 6 m un ensayo de *P. pinea*/*P. halepensis* en la estación del IRTA de Torre Marimon, Cataluña; las plantas injertadas se mantuvieron en vivero por 5 años en condiciones muy limitantes. Los primeros resultados indican una entrada en producción temprana de los árboles, desde 50 piñas/ha el 2008 a más de 3.500 el 2011. La primera floración femenina significativa fue el 2009, con alrededor de 1.900 piñas/ha. La primera floración masculina ocurrió el 2011, en baja intensidad, pero la polinización ocurrió gracias a la presencia de árboles adultos cercanos. Las principales variables evaluadas se observan en el Cuadro 37; la primera producción representativa de piñas (2009) indica una supervivencia de piñas a lo largo de los 3 años del 76%; se cosechó el equivalente a 839 Kg piña/ha; la producción media fue de 3 Kg/árbol, y el peso medio de 0,58 Kg/piña (Bono y Aleta, 2011).

Cuadro 37. Producción anual de piñas y semillas sobre un total de 96 árboles

Temporada (Año)	Piñas Iniciales (N°)	Piñas Polinizadas (N°)	Piñas Sobrevivientes Primer Verano (N°)	Piñas de 1 Año* (N°)	Total Piñas Maduras (N°)	Piñas Sanas (N°)	Producción Piñas (Kg)	Producción Semillas (Kg)
2008	-	17	17	16	15	15	3,7	0,8
2009	660	647	637	623	569	504	290,1	
2010	1.214	1.192	1.068	1.051				
2011	1.240	1.233	1.038					

*Figura 122 (Fuente: Bono y Aleta, 2011)



Figura 122. Piña de un año de desarrollo

Recientemente en Cataluña se han realizado injertos sobre *P. halepensis* y *P. pinea* (Centre de la Propietat Forestal, 2009b), identificándose procedencias de Portugal y Turquía con buenos resultados como portainjertos (Piqué *et al.*, 2011b); Bono *et al.* (2011) estudiaron el uso de ambas especies con este fin, encontrando comportamientos diferenciados de distintas procedencias.



Experiencias en Túnez indican un éxito de 22% en el prendimiento de injertos de piñonero sobre la misma especie y de 27% sobre *P. halepensis*, valores que subieron a 43% el segundo año de experimentación y que pueden mejorarse utilizando patrones de mejor calidad y con mayor control de las condiciones en vivero (Ammari *et al.*, 2011).

En España, de 100 clones considerados inicialmente, ahora se trabaja con un 20%, que corresponde a los que efectivamente traspasan sus características productivas. En Portugal, plantaciones a 10 x 10 m se han injertado en el tercio medio, obteniendo un 80% de prendimiento; esta modalidad de injerto es ventajosa porque resulta más económico que injertar en vivero; sin embargo, en vivero también existen experiencias positivas sobre patrones de 2 a 4 años (Loewe y González, 2012).

Experiencias de Injertación en Chile

- Injertos en Plantación

En Constitución se injertó una plantación de *Pinus radiata* de 3 años de edad (Figura 123), utilizando púas colectadas en Pirque (Región Metropolitana) y Cahuil (Región de O'Higgins); 3 meses después se observó un prendimiento de 35,2% (Loewe *et al.*, 2011b) el que 10 meses después disminuyó a 32,4%, siendo el clon Pirque estadísticamente mejor.

Respecto del tipo de injerto, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre tipos de injerto, presentando el de hendidura o púa terminal un prendimiento cercano al 50% cuando el diámetro de la púa injertada es de igual tamaño que el diámetro del patrón. Destaca que el 50% de las púas que respondieron bien al injerto tienen policiclismo, coincidiendo con Mutke *et al.* (2000c), quienes observaron el mismo fenómeno. Existe otra experiencia en la cual se obtuvo un 80% de prendimiento en injertos efectuados en campo sobre pino *radiata*, pero con un número reducido de ejemplares⁵.



Figura 123. Plantación de pino radiata de 3 años injertada con piño piñonero (Constitución, Región del Maule, Chile)

- Injertos en Vivero

El año 2010 se realizaron 3.497 injertos en dos viveros, utilizando patrones de diferentes especies (*P. pinea*, *P. radiata*, *P. contorta*, *P. ponderosa*) y púas colectadas en las Regiones Metropolitana, O'Higgins y Bio Bio, obteniéndose un 13,7% de prendimiento medio. En un vivero el mayor prendimiento se obtuvo en patrones de pino *radiata* (34,5%) y en el otro sobre pino *ponderosa*

5 Correa, C. 2012. Comunicación personal

(15,3%). Las púas colectadas más al sur permitieron el mayor prendimiento (63,3%), seguidas por las de O'Higgins (60%) y Metropolitana (18,4%). Los tipos de injertos con mayor éxito fueron de hendidura lateral sobre piñonero y de corona sobre *radiata* (sobre el 60% y 75%, respectivamente) (Loewe *et al.*, 2011b).

Prueba realizadas el 2011 de cuatro tipos de injertos (30 repeticiones de cada uno) mostraron que el injerto de púa corresponde al tipo con mayor predicción de éxito ($p=0,0044$), con un 50% de prendimiento (Cuadro 38).

Cuadro 38. Prendimiento a los 42 días según tipo de injerto

Clon	Prendimiento según Tipo de Injerto (%)			
	Púa	Doble Empalme Inglés	Corona	Lateral
1	83,3	16,7	S/i	3,3
2	20,0	23,3	0,0	6,7
3	56,7	20,0	20,0	23,3
4	56,7	6,7	0,0	26,7
5	33,3	6,7	20,0	13,3
Total	50,0	14,7	10,0	14,7

En general los resultados obtenidos son discretos, pero considerando que se trata de las primeras experiencias realizadas en Chile, se espera alcanzar valores similares a los indicados por Parra (1980), quien injertando piñonero sobre pino carrasco obtuvo un prendimiento medio de 78%, lo que puede lograrse con injertadores especializados, y como indicado por Castaño *et al.* (2004), realizando cortes limpios y un ajuste perfecto de la cinta para impermeabilizar la unión. Además de la capacitación, la aptitud y experiencia del personal que efectúa el injerto es relevante en los resultados obtenidos.

Finalmente, el disponer de plantas injertadas aporta un valor agregado al rubro de la fruticultura mediante la generación de un nuevo producto factible de ser producido en terrenos pobres, erosionados y con una relativa baja disponibilidad hídrica, oportunidad que está al alcance desarrollar.

Plantas Micropropagadas

Verónica Loewe M.

Pinus pinea es una especie altamente recalcitrante a la propagación vegetativa (Frederico *et al.*, 2009), presentando dificultades en el estaquillado (Celestino *et al.*, 2007), pero puede reproducirse masivamente por vía vegetativa con técnicas in vitro, que han tenido un desarrollo muy importante en los últimos años, las que han sido exploradas debido a que el injerto, la técnica convencional de propagación vegetativa, presenta problemas de prendimiento y, adicionalmente, existe una interacción entre la púa y el portainjerto, de modo que el mismo clon injertado sobre diferentes pies puede presentar diferentes productividades, lo que obliga a no solo encontrar la mejor púa, sino también el mejor portainjerto, dificultando la tarea.

Diamantoglou *et al.* (1990) aislaron embriones provenientes de semillas maduras con el fin de estudiar las mejores condiciones para el desarrollo radicular, frecuencia de raíces, inducción y formación de yemas, y desarrollo de callo, enraizando hasta un 95% de los embriones, con una formación de brotes lenta, de hasta 60% de los embriones.

La citoquinina (benciladenina) en el medio de cultivo induce la formación de yemas en cotiledones y solo es necesaria para la formación de yemas; la adición de IBA (ácido indol butírico) presenta efectos negativos. La especie tiene marcada capacidad de producir brotes axilares in vitro y esto se debería a la alta concentración de citoquininas endógenas en los brotes (García Ferriz *et al.*, 1993). Cuesta *et al.* (2009) estudiaron la formación de brotes en cotiledones por la ventaja de requerir solo una hormona (benciladenina), encontrando respuestas diferentes según familia.

González *et al.* (1998), con dificultad micropropagaron individuos a partir de cotiledones, tanto por la reducida tasa de elongación de brotes como por el bajo enraizamiento (15% después de 5 meses). Valdés *et al.* (2001) indujeron brotes a partir de cotiledones, observando una reducción del potencial de micropropagación con la edad de los explantes debida a una combinación del contenido hormonal endógeno de los explantes y a su sensibilidad a las hormonas aplicadas (benciladenina).

Cortizo (2003) comunica la obtención de plantas enraizadas a los cinco meses. Posteriormente, Cortizo *et al.* (2004) desarrollaron un protocolo de microinjerto que podría mejorar los programas de mejoramiento genético, reduciendo sus costos y permitiendo la rápida instalación de ensayos de selección genotípica. La técnica del microinjerto de fascículos de acículas, más abundantes y fáciles de manipular que yemas apicales, in vitro sobre hipocotilos de embriones germinados de dos semanas, tiene la ventaja de poder realizarse antes, durante y después de la primavera, a diferencia del injerto tradicional; concluyeron que diferentes clones presentan tasas de establecimiento y desarrollo significativamente diferentes; obtuvieron 43% de éxito, superior al 40% obtenido con el injerto tradicional. Esta técnica permite reducir costos mediante el ahorro de espacio in vitro y del costo de la púa, dado que cada ramilla proporciona 20-40 acículas para injertar.

Moncaleán *et al.* (2005) aislaron cotiledones de árboles maduros y los micropropagaron, estableciendo un protocolo que redujo el periodo de cultivo a tan sólo 4 semanas. El mismo año se indujeron masas pre-embriónicas a partir de embriones cigóticos de familias selectas procedentes de un huerto clonal, observando en los cultivos de masas de embriones suspensorios, embriones con diferentes grados de diferenciación, constatando dificultades para mantener el crecimiento activo de estas líneas embriónicas (Carneros *et al.*, 2005); la mayor frecuencia de proliferación se obtuvo con medios con reguladores NAA y 2,4D (Carneros *et al.*, 2005). Carneros *et al.* (2009) indujeron proliferaciones con características preembriónicas en todas las familias analizadas en medios con los reguladores NAA y 2,4D, observando diferentes tipos de proliferaciones, algunas de ellas embriones somáticos en etapa inicial de desarrollo; las familias mostraron importantes diferencias en la iniciación de embriogénesis somática. Constataron la necesidad de optimizar las condiciones de cultivo para lograr la proliferación y diferenciación de los embriones somáticos obtenidos.

Alonso *et al.* (2006) desarrollaron un protocolo de micropropagación que mejoró las tasas de enraizamiento y permitió por primera vez establecer un procedimiento continuo exitoso de multiplicación, produciendo plantas aclimatadas prontas para ser establecidas en campo, con un sistema radicular capaz de sustentar el crecimiento posterior; la sobrevivencia in vitro después de dos meses alcanzó un 98%. Estos autores indican no haber observado crecimiento plagiotrópico, y que al menos 70 plántulas pueden obtenerse por cada semilla en 29 semanas, con un 70% de éxito.

La embriogénesis somática ha sido una de las técnicas de mayor uso para la micropropagación de esta especie debido a las ventajas que presentan cultivos en suspensión por sobre cultivos semi sólidos, tales como tasas de crecimiento superiores, posibilidad de estudiar los parámetros de crecimiento y nutrición, y la capacidad de maduración, todos ellos importantes para la reproducción masiva en bioreactores. La inducción de yemas adventicias con fitoreguladores, vitaminas e hidratos de carbono en diferentes combinaciones, dosis y períodos de aplicación, han permitido obtener plantas a partir de explantes de cotiledones con diferentes grados de formación de callos y de raíces. La importancia de esta técnica radica en la posibilidad de producir plantas de semilla mejorada (García, 1992).

Cuesta *et al.* (2008) evaluaron la respuesta en organogénesis en diferentes genotipos, encontrando una importante variabilidad entre familias; por ejemplo la organogénesis varió entre 83,6 y 100%, la capacidad de formación de yemas entre 3 y 6,5%, y la tasa de enraizamiento entre 29,7 y 38,4%. Paralelamente verificaron ausencia de variación somaclonal en el proceso in vitro.

Alonso *et al.* (2007) por su parte, en cultivos de cotiledones en presencia de benciladenina, secuenciaron 393 clones de la especie identificando 30 genes candidatos mediante el empleo de PCR, con el objetivo de comprender los mecanismos fisiológicos y moleculares involucrados en la formación de brotes adventicios.

Cortizo *et al.* (2009) establecieron un protocolo de micropropagación de árboles adultos a partir de explantes de yemas, encontrando que el desarrollo de los brotes depende del genotipo del árbol y que el enraizamiento solo se indujo con éxito reducido. Zavattieri *et al.* (2009) lograron aumentarlo a un 75% y anticipar el enraizamiento adicionando glucosa al medio de cultivo.

Cortizo *et al.* (2010) describieron por primera vez en coníferas un regulador de respuestas tipo A en *P. pinea*, designado como PipiRR1, proteína que actuaría en la formación de meristemas adventicios en coníferas, al aumentar su expresión génica cuando se cultiva in vitro explantes de cotiledón para la micropropagación de brotes inducida por citoquinina.

No se encontró variación somaclonal, variación genética inducida durante la micropropagación, entre clones micropropagados empleando marcadores ISSR, AFLP Y SAMPL; solo con marcadores RAPD se encontró algo de variación somaclonal, lo que significa que este sistema de propagación puede ser empleado sin demasiado riesgo de inestabilidad genética (Cuesta *et al.*, 2009 y 2010).

Celestino *et al.* (2011) reportan una muy baja frecuencia de embriogénesis somática (0,4%); la germinación alcanzó el 70% y 35% de los embriones somáticos se transformaron en plantas.

Exigencias para Internación de Material Vegetal

El Reglamento N° 3280 (8 noviembre 1999) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) establece regulaciones para el ingreso de material vegetal en régimen de cuarentena post-entrada, con indicaciones precisas para especies del género *Pinus*, que consideren un periodo vegetativo de cuarentena post-entrada bajo condiciones de aislamiento artificial, equivalente a un año calendario. El documento describe en detalle cómo debe construirse la estructura de confinamiento, el material empleado para aislar las estructuras, los accesos permitidos, el requerimiento de establecerse sobre un suelo certificado como apto nematológicamente, e incluso los accesorios a usarse dentro del recinto, además de la operatoria relacionada a la mencionada cuarentena.

PLANTACIONES

Para realizar plantaciones exitosas desde el punto de vista del objetivo establecido inicialmente, que puede variar según los intereses y la capacidad financiera y de gestión del propietario, así como según las características del sitio y el clima, existen varios factores importantes de considerar, tanto al momento de diseñar como al de establecer y manejar una plantación. A continuación se presentan antecedentes de varios de estos factores, aún cuando numerosos de ellos presentan un nivel de conocimiento muy limitado para la especie.

Diseño

Verónica Loewe M.

Dado que existe la posibilidad de plantaciones puras o mixtas de la especie (Ovando *et al.*, 2010), se presentan a continuación algunas particularidades de ambos tipos de plantaciones.

Plantaciones Puras

Las ventajas de una plantación pura de la especie son la facilidad del manejo con una receta estándar, la posibilidad de efectuar raleos sistemáticos o geométricos (en diagonal) y la posibilidad de producir madera y piñones en forma combinada. La desventaja

principal es la fragilidad del modelo, ya que basta con que llegue un insecto, como de hecho ha sucedido en los últimos años en Europa, para que fracase la iniciativa (Buresti, 2010, com. personal). En este caso, el principal elemento diferenciador es el distanciamiento, que define la ordenación espacial de la plantación.

Plantaciones Mixtas

Varios autores señalan al pino piñonero entre las especies que se favorecen con una protección lateral, siendo adecuada para su establecimiento en plantaciones mixtas (Albert, 1909). Las asociaciones la protegen de los vientos helados y de plagas y enfermedades (Megré, 2001). Además, Prada *et al.* (1997) indican que se trata de una especie beneficiosa para los cultivos de otras especies que se establezcan en su entorno. Puede emplearse mixta tanto en grupos o en hileras como a nivel de árbol individual (Peruzzi *et al.*, 1998).

La regulación de la densidad y el uso de plantaciones mixtas se han propuesto como medidas efectivas de adaptación al cambio climático, ya que mejora el balance de agua del rodal y la disponibilidad hídrica al reducir la competencia (De Dios *et al.*, 2011); esto debido a que, asumiendo una distribución espacial óptima de individuos y especies en un rodal mixto, cada individuo ocupa el nicho más favorable para su desarrollo. Entonces se espera que los árboles de un rodal mixto a baja densidad se desarrollen mejor que individuos en rodales puros a elevada densidad; en todo caso dicho estudio indica que el efecto de la densidad es superior al de la composición de especies.

Existen numerosos ejemplos de asociaciones con la especie en varios países, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

En España se han establecido plantaciones mixtas con alcornoque en un sistema multipropósito innovativo que prevé producir dos productos no madereros valiosos (piñones y corcho) junto a la protección del suelo y pradera para forraje (Borrero, 2004; Mutke *et al.*, 2011b), así como con encino.

Se mencionan asociaciones de piñonero injertado sobre pino carrasco con lavandín en terrenos calizo-arcillosos de baja pluviometría en el centro del país (Prada *et al.*, 1997). También se ha propuesto la especie para desarrollar sectores degradados con plantaciones mixtas productoras de madera (*P. halepensis*) y piñones (*P. pinea*), en las que recomiendan usar plantas de piñonero injertadas, pues a los 3-4 años se pueden obtener frutos de alto valor comercial (Molina, 1991).

En Italia se mencionan plantaciones mixtas que asocian a la especie con otros pinos mediterráneos o con ciprés (Peruzzi *et al.*, 1998), y buen crecimiento juvenil cuando se establece asociada a *Quercus ilex*, con beneficios para ambas especies (Capitoni *et al.*, 2009); Bussotti (1997) indica que en plantaciones mixtas en zonas aptas a la especie es posible obtener regeneración natural. Bianchi *et al.* (2005) indican la factibilidad de efectuar plantaciones de latifoliadas bajo individuos de la especie, en especial robles, fresno, arce y cerezo, con el objetivo de incorporar estas especies en la plantación y/o formar en el intertanto un estrato destinado a producir maderas valiosas, tal como ya se ha realizado en el sur de Chile bajo pino radiata (Siebert y Loewe, 2002).

En los últimos años se han desarrollado plantaciones mixtas polifuncionales (Loewe y González, 2012), con elementos que cumplen más de una función, tales como: alcornoque (produce corcho cada 10 años), pino piñonero (produce piñones anualmente), ciprés (produce madera de alto valor), varias especies de rápido crecimiento, entre ellas olmo (*Ulmus sp.*), *Quercus cerris*, roverella (*Quercus pubescens*), ilex, (producen biomasa y se manejan como monte bajo); en una plantación de este tipo no se hacen raleos sino que utilizaciones. La desventaja de esta tipología es que se requiere conocer las distintas especies dado que se planta a densidad definitiva, por lo que las podas y otras actividades culturales cobran mayor relevancia.

En Portugal se han establecido plantaciones mixtas de piñonero con otras especies, como pino marítimo (*P. pinaster*), lo que permite tener un ingreso adicional anticipado, ya que este último al alcanzar 15 cm de diámetro puede comercializarse para postes; después de su cosecha, el piñonero se desarrolla a densidad final (Costa y Evaristo, 2008).

En Francia se encuentran formaciones mixtas con pino marítimo (FAO, 1995b).

También hay referencias de asociaciones con pino piñonero en otros países, como en el Líbano, donde existen tanto plantaciones puras como mixtas con ciprés, otros pinos y coníferas (Sfeir, 2011a y b). Sfeir (2011b) indica que en el Líbano se ha incorporado un 10% de individuos en nuevos rodales a fin de garantizar una polinización adecuada. En Túnez entre 1964 y 1974 se establecieron plantaciones mixtas de pino piñonero junto a *P. pinaster*, eucaliptos y alcornoque (Ammari *et al.*, 2011).

Establecimiento de Plantaciones

Época

Verónica Loewe M.

Navarro y Palacios (2004) observaron que la época de plantación es el factor más importante en la supervivencia un año después del establecimiento, incluso más que la preparación del suelo. La supervivencia de las plantas depende de las condiciones climáticas después del establecimiento, principalmente de la existencia de precipitaciones que aseguren el establecimiento inicial de la planta y de un periodo vegetativo suficientemente largo previo a la llegada del periodo estival seco. En España, la plantación entre noviembre y enero asegura su éxito, mientras que un retraso de la misma compromete la supervivencia final, independientemente de otras técnicas aplicadas.

La plantación en Portugal normalmente se hace después de las primeras lluvias de otoño, aunque esto cambia según el tipo de suelo (Costa y Evaristo, 2008).

Densidad

Existen diversas opiniones respecto a la densidad de plantación, con referencias que indican densidades elevadas, medias y bajas, lo que depende del objetivo perseguido y del manejo previsto.

Entre las elevadas se mencionan espaciamientos de 3 x 3 m (1.111 plantas/ha) y hasta 2 x 2 m (2.500 plantas/ha) (Montoya, 1990). Albert (1909) la considera como una especie que soporta bien densidades elevadas en la juventud, pero más tarde requiere un espacio regular.

Densidades intermedias son recomendadas por Crawford (1995) cuando el objetivo es producir frutos, de 400-600 plantas/ha (5 x 5 a 4 x 4 m) para permitir que los árboles desarrollen ramas bajas y tomen la forma de paraguas para facilitar la cosecha. En Andalucía, España, la densidad de plantación usada en zonas incendiadas usualmente es de 625 plantas/ha (4 x 4 m), excepto cuando el objetivo es la producción frutal, disminuyendo a 400 plantas/ha (5 x 5 m) y en raras ocasiones a 333 plantas/ha (6 x 5 m) (Borrero, 2004).

Entre las densidades inferiores, Calama *et al.* (2010) indican, apoyándose en trabajos realizados por varios autores, que se obtienen mayores producciones en rodales a baja densidad, y que los árboles más grandes son mejores productores. Carnevale (1955) propone una densidad de 277 plantas/ha (6 x 6 m). Si la plantación se orienta a la producción de piñones, empleando o no plantas injertadas, se emplean densidades inferiores para permitir la entrada de luz, necesaria para formar copas productivas; la densidad más empleada es 5 x 5 m, aunque también son frecuentes 6 x 6; 6 x 7 y 6 x 8 m (Costa y Evaristo, 2008). En Turquía se han estipulado regulaciones que exigen plantar la especie a 6 x 6 m o incluso a 10 x 10 m para estimular la producción de piñones (Süliüoglu, 2004).

Para producir madera se sugieren densidades altas para favorecer la poda natural, como 4 x 3 m, considerando que la distancia entre hileras debe permitir la circulación de maquinaria para la cosecha (Costa y Evaristo, 2008), dejando para la corta final unos 250 árboles/ha para favorecer el crecimiento en altura y buena forma. Con este objetivo el Centre de la Propietat Forestal (2009a) indica que a los 50 años se debería tener una densidad de 450-500 árboles/ha, mientras que si el objetivo principal es producir piñones, debería llegar a 250-300.

Tratándose la densidad de un factor clave en plantaciones destinadas a la producción de piñas, debe definirse considerando diferentes elementos, desde el costo de establecimiento hasta el manejo que determinan diferentes densidades, de modo de optimizar la productividad del rodal en las diferentes etapas de su desarrollo.

Para establecer cortinas cortaviento, Trap (1996) recomienda distanciamientos de 5 m entre árboles.

Preparación del Suelo

La técnica de preparación del suelo a seleccionar depende tanto del tipo de suelo como de la topografía (pendiente). En suelos arenosos y planos, se pasa una línea de arado sobre la hilera de plantación; suelos muy arcillosos y compactados pueden ser arados o subsolados para mejorar el drenaje y permitir el desarrollo de las raíces; en terrenos inclinados se deben establecer curvas de nivel para estos trabajos (Costa y Evaristo, 2008).

Navarro y Palacios (2004) observaron que la preparación del suelo, subsolado y casillas manuales, mejora la supervivencia solamente cuando la calidad de la planta es deficiente. Las limitaciones impuestas por la irregularidad de la precipitación después de la plantación pueden verse compensadas por la intensidad de la labor; en todas las fechas de plantación con subsolado se obtuvieron valores de supervivencia muy superiores a las casillas. No obstante lo anterior, la preparación del suelo no es capaz de corregir los errores de plantación derivados de una fecha muy tardía.

Cuando el terreno a plantar ha sido cosechado y presenta residuos, se recomienda astillarlos e incorporarlos al suelo para mejorarlo (Costa y Evaristo, 2008), técnica muy superior a la quema de los mismos.

Siembra Directa

Con la siembra directa de esta especie se obtiene resultados muy satisfactorios (Pavari, 1959). Ximénez de Embún (1959) y Heth (1983) recomiendan establecer la regeneración con este método, ya que reducen las desventajas de las plantas a raíz desnuda derivadas de las características de su raíz; se desaconseja sólo en suelos o climas particularmente adversos (Peruzzi *et al.*, 1998).

Para preparar el suelo se debe extraer la vegetación natural, quemando o arando a 20-30 cm de profundidad y aplicando un herbicida (Heth, 1983); una vez preparado el suelo lo ideal es sembrar enseguida, en forma manual o mecanizada, de manera que nazcan las plantas antes del invierno, crezcan en primavera y estén fuertes para la llegada del verano; si hay problemas de heladas la siembra se puede aplazar hasta comienzos de la primavera (Ximénez de Embún, 1959). Si se hace al voleo, se requieren 70-75 Kg de semillas/ha; si se siembra en franjas, 40-45 Kg/ha, y en hileras 12-15 Kg/ha (Peruzzi *et al.*, 1998). Albert (1909) menciona que en zonas no demasiado secas puede sembrarse directamente, poniendo unas 20 semillas/hoyo al principio del invierno. Prada *et al.* (1997) recomiendan sembrar tres piñones en posición invertida (parte puntiaguda hacia abajo) en cada hoyo, después de haberlos remojado en agua durante tres días.

Heth (1983) recomienda que antes de sembrar las semillas, éstas se pongan a germinar en vermiculita húmeda. Propone sembrar una vez que ha emergido la radícula a una profundidad de 2-3 cm, colocando 5-10 semillas juntas y usar como protección vasos plásticos invertidos (shelters), enterrados a una profundidad de 1,0-1,5 cm, los que se sacan 2-4 meses después para evitar el exceso de calor y sequía de las plantas en el período de vientos cálidos. Una vez removidos los vasos de protección se dejan 2-3 plantas por sitio y finalmente se selecciona una, la mejor, 2-4 años después de la siembra, dependiendo de su crecimiento. Durante la primera y segunda primavera el suelo alrededor de las plantas debe mantenerse limpio.

El método descrito de siembra directa bajo vasos plásticos invertidos o protecciones (shelters) en sitios cultivados y preparados es un método exitoso (70 a 90% de sobrevivencia) y de bajo costo de forestación tanto en Israel como en California. Además, es una alternativa mejor que la plantación, debido a que las raíces se desarrollan mejor y con una buena relación tallo/raíz; también se evita el

shock causado al transferir las plantas desde el vivero al lugar de plantación, y al mecanizarla disminuyen los costos de mano de obra, pudiendo alcanzarse ahorros cercanos al 50% del costo de establecimiento. La única desventaja de este método es que las plantas en los primeros dos años son más pequeñas que las de vivero, y requieren de mayor protección y supervisión (Heth, 1983).

Si la planta emerge cuando hay condiciones adversas, es conveniente poner sobre los surcos una capa de acículas de pino, que las protege de las heladas y otros agentes dañinos (Op cit.).

Posteriormente se deben hacer raleos frecuentes e intensos, debido a los requerimientos de luz de la especie (Peruzzi *et al.*, 1998).

Plantación

En terrenos arenosos la planta debe establecerse en el fondo del surco, para proporcionarles un poco más de humedad a las plantas pequeñas y protegerlas de los vientos; en cambio en suelos arcillosos la planta debe instalarse en camellón para evitar su inundación, ya que se trata de terrenos con elevada retención hídrica (Costa y Evaristo, 2008).

El tamaño del hoyo de plantación dependerá del tipo de planta (raíz desnuda o en contenedor), asegurando que las raíces queden bien extendidas o contenidas en el mismo. Debe prestarse atención al nivel de los cuellos de las plantas, que deben quedar a ras del suelo, para evitar un retraso en el crecimiento (Figuras 124 y 125). Después de la plantación y una vez que el suelo se ha secado, es necesario recorrer la plantación para verificar que las plantas no se hayan enterrado mucho con la estabilización del terreno. Si este fuera el caso, se recomienda levantarlas tirándolas suavemente, para que queden con el cuello a nivel del suelo y, finalmente, apretar levemente el terreno a su alrededor para fijar esta posición (Loewe, 2003). Se ha observado que la especie es sensible a esta mala práctica, aunque la soporta, la que puede reconocerse incluso en plantas en maceta de tres años debido a la diferente estructura que adoptan, y al menor desarrollo de sus brotes.



Figura 124. Plantas de pino piñonero establecidas con cuello bajo el nivel adecuado



Figura 125. Planta de pino piñonero de 10 años con desarrollo muy reducido debido a cuello tapado más de 15 cm

No se recomienda plantar cuando las temperaturas bajan de 0 °C, cuando el terreno está congelado o en presencia de viento.

Se deben emplear plantas de buena calidad, que según Montero *et al.* (1997) muestran mayor supervivencia y crecimiento los primeros años; mientras más limitante es el sitio, la calidad de la planta cobra mayor influencia en la supervivencia (Navarro y Palacios, 2004). Aun cuando la mortalidad en campo es independiente de la calidad de planta utilizada, los mayores crecimientos se verifican en las plantas de mejor calidad (Cañellas *et al.*, 1999).

Un método de forestación eficiente probado en áreas montañosas de Israel es la plantación manual de plantas a raíz desnuda de 13-15 meses de vivero, aunque su costo es alto. Las plantas en contenedor (Figura 126) pueden presentar torsiones en el cuello o mala relación tallo/raíz (Heth, 1983), por lo que Webb *et al.* (1984) y Montoya (1990) proponen usar plantas a raíz desnuda.



Figura 126. Producción de plantas de piñonero en speedling (Lumaco, Región de la Araucanía)

Con respecto al trasplante, Atzmon y Van Staden (1994) demostraron que un concentrado de algas marinas (que contiene auxinas) mejora el crecimiento radicular y de brotes de plantas de la especie, la que por tener una fuerte dominancia radicular, presenta un pobre desarrollo de raíces laterales, lo que conduce a una baja sobrevivencia después del trasplante. Estos autores realizaron aplicaciones foliares y bañaron las raíces con distintas concentraciones, concluyendo que el mojado repetido (tres veces) de raíz a una concentración de 1:150 aumenta un 40% el crecimiento de raíces laterales y del largo total de la raíz, e incrementa en un 50% el número de raíces; la aplicación foliar provocó un aumento significativo del largo del tallo.

Fertilización

La fertilización en *Pinus pinea* todavía está en una etapa experimental, por lo que se recomienda hacer análisis de suelo y fertilizar al plantar para suplementar aquellos elementos que presentan carencia; llama la atención que algunos estudios definan dosis de fertilización sin hacer previamente análisis de suelo (Dominguez *et al.*, 2000a).

Montoya (1990) sólo recomienda fertilizar si se prepara el suelo y se siembra algún cereal o pasto. Cañellas *et al.* (1999) indican que el empleo de fertilizantes minerales de acción lenta (formula compuesta NPK 20-20-20, 30 g/l de agua) incrementa el crecimiento longitudinal de las plantas, al menos durante los dos años siguientes a la plantación.

Cuando se aplican varios productos, éstos se juntan, dividen en dos partes y se entierran a 5-10 cm. de profundidad en dos zanjas a ambos lados de la planta, a unos 20-40 cm de distancia por lado, dependiendo del tamaño de la planta (si son de tamaño reducido, más cerca, y viceversa), ya que el fertilizante no debe de quedar próximo a las raíces (Figura 127). Mayores antecedentes relacionados a la fertilización de plantaciones se presentan más adelante en Manejo de Plantaciones.



Figura 127. Aplicación de fertilizante en zanjas laterales al momento de la plantación

Control de Malezas

La presencia de maleza con una cobertura del 12,4%, reduce en forma significativa la altura y el diámetro de las plantas respecto al control (Herrero y Gutiérrez, 2006). Por ello antes de la plantación se recomienda eliminar la vegetación presente a fin de suprimir la competencia (Costa y Evaristo, 2008), lo que puede realizarse con rana cortadora y desmalezadora o arado de discos, que la incorpora simultáneamente al suelo; en suelos arenosos puede bastar con arar una vez al año; pero en suelos más densos pueden ser necesarias dos (Montoya, 1990), o más.

Un sistema efectivo de control es la aplicación de herbicidas, entre los que resultan preferibles los residuales frente a los de contacto. Para seleccionar el producto debe tenerse en cuenta el tipo de suelo y clima, dada la relación que existe entre la eficacia del herbicida, la textura del suelo y las precipitaciones, así como la composición de malezas presentes.

En plantaciones de la especie en zonas mediterráneas semiáridas es raro el uso de herbicidas para controlar malezas, principalmente por falta de investigación, aún cuando se ha demostrado la necesidad de usar estos productos para controlar la vegetación herbácea, a cuya competencia son muy sensibles las plantas en sus primeros años (Cañellas *et al.*, 1999). La vegetación espontánea es gran consumidora de agua y nutrientes, por lo que compite con las plantas establecidas, aunque tiene un rol positivo en el control de la erosión. En plantaciones realizadas sobre praderas o terrenos agrícolas, las malezas son muy competitivas, causando incluso la pérdida de plantas, por lo que se debe minimizar la competencia entre ambas y a la vez mantener la mayor parte del suelo con cobertura, lo que puede lograrse aplicando el producto sobre la hilera, lo que facilita la aplicación y reduce los costos).

Cañellas *et al.* (1999) mostraron que el empleo de herbicidas incrementa el crecimiento longitudinal de las plantas, incluso más que los fertilizantes, realizando dos ensayos, uno en plantas que tenían un año en campo y otro en plantas recién establecidas, no encontrando diferencias significativas en la mortalidad para ninguna de las dosis ni productos probados. En todos los casos la hexazinona es el producto que ejerció un mejor control de la vegetación herbácea, aún con las dosis inferiores (250 g/ha), permitiendo un mayor crecimiento debido a la menor competencia con la vegetación herbácea; se absorbe vía radicular y foliar, y controla herbáceas anuales y arbustivas; se usa en aplicaciones totales pre plantación, y tiene una persistencia de 2-12 meses.

Por lo anteriormente descrito, es recomendable controlar la competencia al menos hasta los 4-5 años para favorecer el desarrollo de los individuos, ya sea por medios mecánicos, manuales o químicos. Mayor información al respecto se detalla en Manejo de Plantaciones.

Riego

Existen referencias sobre riego en la especie en un tratado del siglo XI o principios del XII (Prada *et al.*, 1997), indicando que “se debe regar (no copiosamente) cada tercer día”.

Dado que la construcción de sistemas de riego elaborados no es una alternativa muy práctica en regiones con escasez crónica de agua, se ha sugerido el uso de diferentes técnicas de captación de agua; terrazas, canales de desvío, tranques, y otras, que dirigen pequeñas, pero críticas cantidades de agua a árboles aislados o a baja densidad; es una opción de bajo costo e impacto ambiental, usadas por los indígenas norteamericanos por varios siglos en la meseta del Colorado, EE.UU., para aprovechar la naturaleza impredecible del suministro hídrico, como las tormentas estivales. El sistema de desvío de agua podría servir como un sistema de riego de bajo impacto para el piñonero (Mc Lain, 2008).

Se ha observado en plantas de un año en vivero, sometidas a diferentes tratamientos de riego periódico hasta capacidad de campo durante 8 meses, que el potencial hídrico debe descender de -1,8 MPa para que la pérdida de conductancia sea significativa en las plantas con menos agua disponible; las variaciones en la capacidad conductora al restringir el aporte hídrico sugieren la existencia de respuesta, incluyendo modificaciones estructurales y fisiológicas, y adaptación al estrés hídrico (Fernández *et al.*, 2000).

En zonas semiáridas se recomienda efectuar riego de establecimiento en verano de manera de asegurar el arraigamiento de las plantas, el que puede variar según las condiciones locales de sitio entre 5-10 l/planta cada 15 o 30 días.

Control de Lagomorfos

En varias regiones del país se ha observado ataque de lagomorfos en nuevas plantaciones de la especie, que incluyen fustes roídos (Figura 128) y raíces destapadas o mordidas (Figura 129). Por ello, en caso de abundancia de estos mamíferos en la zona a plantar, se sugiere usar algún método de control, que puede ser mecánico (instalación de cercos con malla enterrada, protecciones individuales o shelters, ramas alrededor de la planta) o químico (repelentes artificiales o naturales), como un preparado de harina de sangre de cerdo diluida en agua, efectivo en zonas de baja precipitación).



Figura 128. Fuste roído y raíces destapadas por efecto de lagomorfos

Existen algunos mecanismos artesanales con el mismo fin, como la colocación de pelo humano alrededor de las plantas, afirmados con terrones de tierra, cuyo olor los aleja.



Figura 129. Diferentes tipos de protecciones individuales usadas en plantaciones de pino piñonero en Chile

Manejo de Plantaciones

Verónica Loewe M. y Claudia Delard R.

Idealmente las plantaciones orientadas a la producción de piñones deben ser manejadas empleando técnicas de fruticultura, tales como riego, fertilización, limpiezas y manejo de plagas, destinadas a anticipar y favorecer la entrada en producción, así como a reducir el riesgo de incendios, correspondiendo algunas de ellas a prácticas ya empleadas por tribus indígenas que se alimentaban con piñones (Mc Lain, 2008). Algunas de las principales se describen a continuación.

Fertilización

Como ya mencionado, la fertilización en *Pinus pinea* todavía está en una etapa experimental, existiendo un reducido conocimiento científico sobre el efecto de la aplicación de fertilizantes en plantaciones o huertos de la especie con el objetivo de mejorar su productividad, aunque se sabe que aumenta la producción de piñas y la biomasa de raíces, hojas y tronco. Investigaciones sobre el efecto de la fertilización en especies que producen semillas comestibles o frutos secos son más abundantes y avanzadas en especies de características frutales, como nogal, castaño y otras (Calama *et al.*, 2007b).

Borrero (2004) realizó un ensayo en cuatro zonas de producción; dentro de una misma zona existían diferencias en la fertilidad de suelo, existiendo sectores con suelos muy pobres y otros más ricos y profundos. Los árboles presentaron grandes diferencias de crecimiento; aquellos situados en sectores de baja fertilidad mostraron un desarrollo contenido y casi nula producción de madera, en cambio los de las zonas con suelos mejores alcanzaron buenos crecimientos y producciones.

Un estudio realizado por Ferretti *et al.* (1993) determinó la cantidad de Ca, Mg, otros macro y micronutrientes y elementos traza en los anillos de un árbol de 32 años, del sur de Cerdeña, Italia, para verificar la existencia de una relación entre el crecimiento diamétrico fustal y las concentraciones de ciertos elementos; observaron que los niveles de K y Na muestran una tendencia de aumento irregular, pero progresivo en el tiempo, no siendo evidente un aumento de Al, Pb, Cd, Zn y Rb; para Mg y Mn la tendencia es poco clara. Esto indica que la concentración de elementos en los anillos del árbol puede estar influenciada por las fluctuaciones de crecimiento (anillos más anchos o angostos).

Bento y Coutinho (2011) constataron que la sintomatología de la deficiencia de boro incluye clorosis, necrosis de yemas apicales y pérdida de dominancia apical, resultando en un aspecto arbustivo; probaron la aplicación 0; 2,5; 5 y 10 g/árbol de un

producto con 14,8% de boro, observando a los 6 meses la desaparición de los síntomas y a los 7 años que la altura de las plantas tratadas dobló la de las no tratadas, con diferencias significativas.

Borrero (2004) indica que la fertilización tiene un efecto favorable en la producción de piña, al igual que en la producción de madera. De hecho un ensayo realizado por Montero *et al.* (2000) en cuatro zonas de producción, dentro de las que existían diferentes fertilidades del suelo, con sectores muy pobres y otros más ricos y profundos; los árboles situados en zonas de baja fertilidad mostraban bajo desarrollo y casi nula producción de madera, en cambio en suelos más ricos alcanzaban buenos crecimientos y producciones.

La adición de fertilizante, principalmente nitrato de nitrógeno, estimula la producción de piñas (Mc Lain, 2008). Ravazi *et al.* (2006) evaluaron el efecto de una fertilización de macronutrientes en Irán, en una zona reconocida por carencias de estos elementos, encontrando que la combinación de 336 Kg/ha de N (mayor dosis), 168 Kg/ha de P₂O₅ y 45,6 Kg/ha de K₂O (en ambos casos dosis intermedias) tuvo la mayor significatividad en la altura total y en el crecimiento de las acículas, indicando que el elemento más limitante para la especie es el nitrógeno. Cabe notar que Rapp *et al.* (1979) determinaron que en un bosque de piñonero de 35 años ubicado en un terreno arenoso de la costa francesa, la absorción de nitrógeno desde el suelo fue de 46 Kg/ha/año.

Calama *et al.* (2007b) analizaron el efecto de la fertilización sostenida con diferentes dosis de cal, dolomita y cloruro potásico durante tres años en plantaciones adultas (45-50 años), concluyendo que la producción de piña puede verse aumentada hasta 3,2 veces respecto al testigo en el mejor de los casos (450 Kg/ha de superfosfato lime, 800 Kg/ha de dolomita y 250 Kg/ha de clorhidrato de potasio); varios tratamientos aplicados también mostraron diferencias significativas respecto al testigo. Se observó que las mejores cosechas de piña se obtuvieron con tratamientos que incluían elevadas dosis de fósforo, clorhidrato de potasio y dolomita, siendo esta última el mineral más importante en la producción de piñas. Identificaron una mayor producción 4 y 5 años más tarde debido a una respuesta indirecta ocasionada por mayor crecimiento vegetativo y disponibilidad de carbohidratos derivada, más que a un efecto nutricional directo. También detectaron un mejoramiento en la calidad del fruto, que indicaría una respuesta directa del tamaño de la piña ante la disponibilidad de nutrientes. Los autores recomiendan en suelos arenosos incorporar fertilizantes nitrogenados y materia orgánica para mejorar la estructura del suelo.

No se conocen los valores óptimos de nutrientes foliares para la especie en diferentes estados de desarrollo, presentándose valores de contraste expresados en porcentaje que fluctúan entre: N: 0,98-2,2; P: 0,1-0,4; K: 0,25-1,5; Ca: 0,12-0,7; y Mg: 0,1-0,3 (Calama *et al.*, 2007b).

Kilci (2011) obtuvo una correlación negativa entre la pérdida de piñas en formación y macro y micro nutrientes, en especial de nitrógeno, fósforo, calcio y manganeso; la combinación de carencia de calcio, fósforo y sequía favorecería el aborto de los frutos.

Tanto el riego como la fertilización son beneficiosos para la especie y estimulan la producción, lo que se puede apreciar en individuos ubicados en canchas de golf y urbanizaciones con jardines, fenómeno observado tanto en España como Argentina.

Se sabe que la fertilización orgánica que efectúa el ganado puede desempeñar un papel importante (Mc Lain, 2008), por lo que sistemas silvopastorales deben considerar este aporte. Al respecto, Süllüsoglu (2004) observó que este tipo de fertilización por parte de los animales que pastorean bajo los árboles acelera el crecimiento y mejora la calidad.

A fin de optimizar la fertilización se recomienda efectuar un análisis de suelo para seleccionar los nutrientes más adecuados y aplicar una fertilización base a la plantación para cubrir los déficits; más tarde se debería implementar un programa nutricional anual orientado a la producción de piñas una vez que entren en producción.

En Chile, Loewe *et al.* (2012a) analizaron el efecto de la fertilización en una plantación de 16 años, raleada y podada, establecida en un suelo con contenidos bajos de fósforo y boro, medios de manganeso, cobre, hierro y materia orgánica y altos de magnesio. Se probó una dosis de fertilización (Super fosfato triple, 60 g/planta; Sulfato de Zinc, 10 g/planta; Bórax o Boronatrocalcita, 20 g/planta; Sulfato de potasio, 60 g/planta; y Urea, 50 g/planta) definida en base al análisis de suelo, evaluando el número de flores

femeninas 1 y 2 años más tarde y la producción de piñas, diferenciándolas según tamaño (grandes >350 g, medianas 350–200 g, y pequeñas <200 g). Los autores concluyen que la fertilización tuvo un efecto significativo en la producción de flores femeninas respecto al tratamiento control, la que se vio incrementada en un 41 y 54% uno y dos años después de la aplicación, respectivamente. La aplicación de una fertilización base, orientada sólo a satisfacer las carencias nutricionales derivadas de la composición del suelo, provocó un incremento de 2,16 veces en la productividad de piñas, estimándose que el efecto sería aún mayor si se aplica en forma regular, anualmente, una fertilización orientada específicamente a la producción de frutos; además, incidió en un mayor tamaño de las piñas.

Borrero (2004) indica que los piñones originados en parcelas fertilizadas con superfosfato de cal, dolomita y cloruro potásico contienen mayores concentraciones de grasa, cobre, magnesio y sobretodo de sodio, lo que indica la conveniencia de analizar el impacto de esta práctica en la calidad de los piñones.

Control de Malezas

El control de malezas es importante, sobre todo en zonas semiáridas donde la competencia por agua que ejercen las malezas afecta en forma significativa el desarrollo; puede hacerse en forma manual o química. La remoción mecánica del suelo puede ser problemática en zonas erosionadas, haciéndose recomendable el uso de herbicidas para controlar la maleza; entre aquellos susceptibles de emplear en pinos hay algunos del grupo de las triazinas, como la hexazinona, simazina y terbutilazina, que controlan un amplio espectro de malezas. El pino piñonero presenta tolerancia a la hexazinona, debido a su capacidad de detoxificación (Villarroya *et al.*, 1997).

El control de arbustos, que constituyen combustible, disminuye el riesgo de daño por incendios y hace a los árboles menos susceptibles a plagas que pueden afectar la producción de piñas (Mc Lain, 2008).

Se recomienda durante los primeros 5–6 años realizar limpiezas para favorecer el aprovechamiento del agua y estimular el desarrollo de las plantas.

Riego

Resulta importante manejar los factores que limitan la producción de piñas, entre ellos el déficit hídrico, principalmente en primavera y verano. Sanz (1990) indica que la especie se beneficia del riego, habiéndose comprobado que un pino adulto regado puede producir más que una hectárea entera de bosque. La relevancia del riego varía con las características del sitio, ya que el déficit de agua afecta negativa y significativamente la producción; con menos de 700 mm/año en Turquía, la producción baja a 70 Kg de piña/ha (Bilgin *et al.*, 2000). La combinación de riego y fertilización es beneficiosa para la especie y estimula la producción, lo que se aprecia en individuos ubicados en canchas de golf y urbanizaciones con jardines (Loewe y González, 2012).

El efecto positivo y significativo del riego observado en España y Argentina en estas situaciones, y en Chile en individuos localizados en la Región de Coquimbo, detallado anteriormente, llevan a concluir que debe ser considerado como un factor de importancia entre los tratamientos silviculturales posibles de aplicar en algunas formaciones y localidades en que se cultive la especie.

Ibrahim *et al.* (1980) midieron la transpiración de una plantación de 35 años con 800 árb/ha localizada en la costa francesa, encontrando que el consumo de agua entre abril y octubre (primavera y verano) alcanzó 974 mm.

Butler *et al.* (1997) indican que el riego por goteo, calculado mediante la fórmula de Hoare adoptando para los factores no tabulados para la especie los valores de los cítricos, influye positivamente sobre la cantidad de piñas de uno y dos años, pero no para las piñas maduras de 3 años, lo que podría deberse a una disminución de la eficacia de la floración; y consideran adecuada una frecuencia de riego semanal.

Pestaña (2000) estudió el impacto de la fertirrigación en una plantación de 75 años de escaso desarrollo y sin manejo, establecida en un suelo arcillo arenoso; aplicó riego tecnificado por micro aspersión de caudal 35 l/hora, durante 5 años, con dosis variables y crecientes entre 2.460 y 5.480 m³/ha; al no contar con antecedentes de evapotranspiración potencial para la especie empleó higrómetro. La respuesta en crecimiento fue muy positiva, incrementando el crecimiento en diámetro anual de 2 a 15 mm, aun cuando el efecto en la producción de fruto no se evaluó.

Según Calama *et al.* (2007b), la precipitación invernal es muy importante para explicar la dinámica en el tiempo y la variabilidad de la floración y fructificación en zonas mediterráneas; el requerimiento hídrico del piñonero es un 33% inferior al del maíz.

Calderón *et al.* (2008) evaluaron el efecto del riego superficial por surco en plantaciones establecidas a 3 x 3 m en la provincia de Mendoza, Argentina, obteniendo a los 17 años 17 cm de diámetro y 6,6 m de altura, con una mortalidad de 22,5%, sin problemas fitosanitarios. En la misma provincia en una plantación establecida a 2 x 2 m en 1950 a una altitud de 750 msnm, con temperatura media de 15,3°C, y una precipitación anual 176 mm en suelo franco arenoso, con una napa freática a 17–20 m de profundidad, el riego se aplicó mensualmente entre agosto y abril (primavera a inicios del otoño) desde su establecimiento hasta 1990, y luego se suspendió. Producto de este cambio y la alta densidad se produjo una importante mortalidad y estrés de los árboles remanentes, que se tradujo en copas muy ralas con pocas acículas, solo de la temporada; este follaje extremadamente débil permitió la entrada de luz y una abundante regeneración natural (Loewe, 2011b); una evaluación realizada en el 2011 muestra diámetros medios de 36 cm y alturas medias de 24–26 m.

Poda

Las funciones principales de las podas en pino piñonero son la formación del tronco para mejorar la calidad de su madera y/o facilitar la recolección de piñas (poda de formación), y aumentar la producción de estas (poda de fructificación), favoreciendo copas globosas abiertas (Jovellar y Ortuño, 1997; Peruzzi *et al.*, 1998). Se ha demostrado que por efecto de las podas la producción de frutos aumenta alrededor de 33% (Montoya, 1990), aunque el Centre de la Propietat Forestal (2009a) indica que éstas, si bien facilitan la cosecha, no garantizan una mayor producción de piñas.

Cuevas *et al.* (2005) evaluaron el efecto de podas de fructificación de diferente intensidad en la producción, en un caso antecedida de una poda de formación para madera, no encontrando correlaciones significativas en ninguno de los tres bosques intervenidos, aún cuando al comparar la producción en zonas podadas y no podadas se observó que esta fue mayor en las primeras.

Para incrementar la fructificación se mencionan podas que consideran un raleo de la copa y el despunte de ramas (CABI, 2012).

Es conveniente iniciar las podas cuando el diámetro con corteza sea inferior a 12–15 cm, de modo de mantener el cilindro central nudoso contenido; generalmente se realiza cuando los árboles dominantes poseen una altura de 3–4 m. En todo caso, el inicio de las podas depende más de la calidad del sitio y la densidad de plantación que de la edad de los árboles. Posteriormente pueden repetirse cada 5–10 años, siendo más frecuentes al inicio de la rotación (Montoya, 1990).

La última poda suele realizarse cuando los individuos han alcanzado 8–10 m de altura, aunque en zonas de elevada producción resulta rentable seguir realizando podas de limpieza interior de las copas para facilitar la cosecha de las piñas (Castaño *et al.*, 2004). La olivación, como se denomina a la poda de levante, se realiza hasta conseguir fustes limpios de 5–6 m; posteriormente, una vez que se ha formado la copa, se hacen podas de mantenimiento orientadas a facilitar el movimiento del piñero y a eliminar ramas internas y bajas que no producen flores (Anónimo, s/f).

Otros autores indican que las podas de formación se realizan en las primeras etapas de desarrollo del pinar y las de fructificación en la edad de latizal (10–20 cm de DAP) y fustal joven (20–35 cm DAP), podando los verticilos inferiores y aclarando la zona intermedia, eliminando las ramas que no alcanzan el perímetro de la copa, reduciendo la superficie foliar en beneficio de las ramas mejor iluminadas así como las de la parte superior de la copa, que son las que producen mayor cantidad de flores femeninas, por lo

que aumenta la producción de piñas. Debe intentarse que las copas queden a la menor altura posible para facilitar la recolección de piñas (Montoya, 1990; Castaño *et al.*, 2004). Según Yagüe (1993), debe realizarse una poda de formación entre los 20 y 40 años, necesaria para favorecer el desarrollo de ramas periféricas, que son las fructíferas.

Las podas deben realizarse en período de receso vegetativo, efectuándolas a ras del tronco, sin desgarraduras y preferiblemente en ramas de diámetro inferior a 8 cm, dejando una copa viva de al menos un tercio de la altura total del árbol. Después de la ejecución de los raleos se debe podar, faena que no se está haciendo en el norte de Italia por su elevado costo y porque en parte se sustituye con la vibración de la cosecha mecanizada, que hace caer parte del material seco presente en la copa (Loewe y González, 2012).

En Portugal las primeras podas se realizan 5-6 años después de la plantación y consisten en podas de levante (eliminación de ramas bajas del fuste); posteriormente se repiten a los 10-12 años según el desarrollo de la plantación; dado que es una operación cara, se sugiere realizarla sólo en los individuos que no se van a ralear, eliminando las ramas del tercio inferior del fuste (Costa y Evaristo, 2008).

La poda de las ramas inferiores estimularía el crecimiento del eje principal y por consiguiente el crecimiento en altura (Montero *et al.*, 1999); Trap (1996) coincide en que la eliminación de las ramas bajas es recomendable y en un tratado del siglo XI-XII en tanto, se indica que las podas de formación que replican la forma de piña, piramidal, favorecen el crecimiento de la planta (Prada *et al.*, 1997).

Lo anterior ha sido observado en varias situaciones de Chile, obteniéndose los resultados más significativos cuando las plantas presentan abundante follaje y elevado vigor. En particular, un caso de poda suave de las ramas basales presentes en los primeros 15-30 cm en una plantación (ensayo de progenie) de pino piñonero de 5 años ubicada en Cahuil, Región de O'Higgins, tuvo un efecto positivo significativo en el crecimiento en altura, y ligeramente negativo aunque no significativo sobre el crecimiento en diámetro (Figura 130); el aspecto de la plantación antes y después de la intervención se observa en la Figura 131.

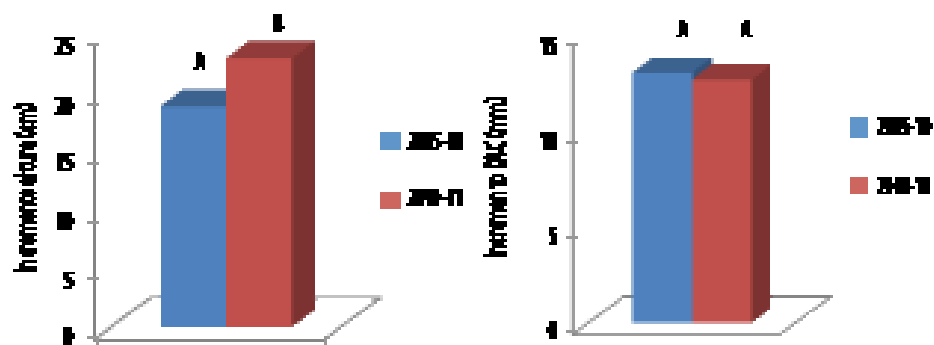


Figura 130. Incremento medio anual en altura y DAC pre y post poda de ramas basales efectuada en plantación de cinco años (Cahuil, Región de O'Higgins, Chile)

Este efecto ha sido observado en otras situaciones, por lo que es una intervención que se recomienda cuando las plantas presentan numerosas ramas y un crecimiento contenido en altura, ya que lo estimula, siempre que involucre menos del 25% de la altura total.



Figura 131. Poda suave de ramas basales en plantación de 5 años (Cahuil, Región de O'Higgins, Chile) antes y después de la intervención

Al analizar el efecto de la intervención según progenies con un Análisis de Varianza Multivariado (Figuras 132 y 133), se observa que la intervención tuvo un efecto positivo significativo (estrella verde) en el incremento en altura en 71,4% de las progenies y negativo significativo (estrella roja) en el 11,5%; y positivo significativo en el incremento en DAC en 31,4% de las progenies y negativo significativo en el 45,7%.

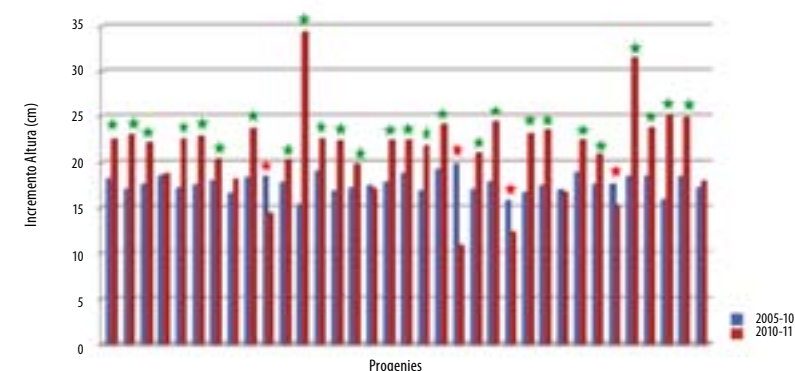


Figura 132. Incremento medio anual en altura antes y después de poda basal según progenie

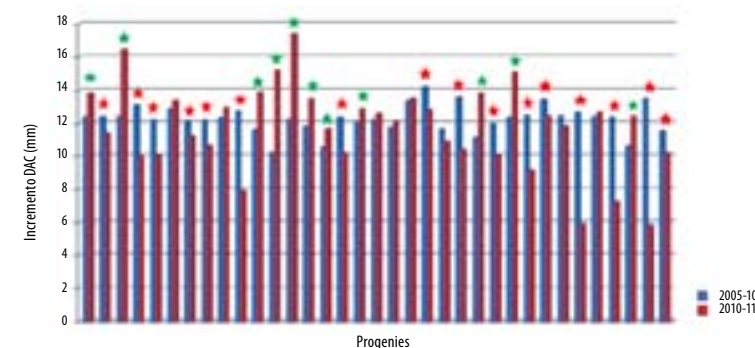


Figura 133. Incremento medio anual en DAC antes y después de poda basal según progenie

Un año más tarde, a los 6 años, se efectuó una poda intensiva de formación, que consistió en la definición del ápice, la eliminación de al menos una rama por verticilo (la o las más gruesas), la reducción del vigor de las ramas no apicales y una poda de balance estructural, que eliminó más del 50% del follaje (Figura 134). Su efecto, medido siempre sobre los incrementos un año más tarde, fue positivo y significativo para la altura y positivo aunque no significativo para el DAC (Figura 135).



Figura 134. Poda de formación intensiva aplicada a plantación de seis años, antes, inmediatamente después, y dos años más tarde

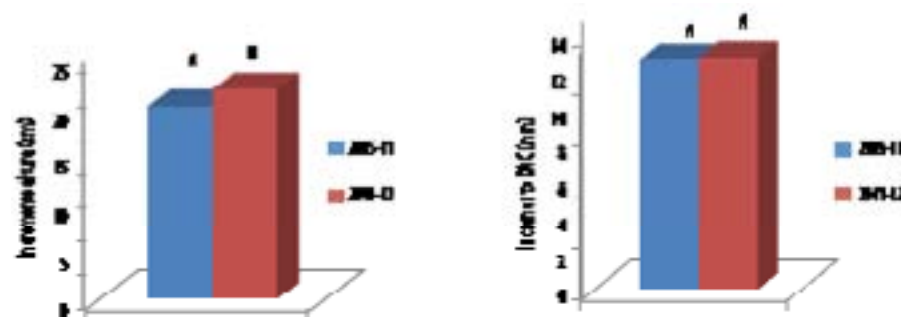


Figura 135. Incremento medio anual en altura y DAC pre y post poda intensiva de formación efectuada en plantación de seis años

Adicionalmente al desarrollo vigoroso, la intervención indujo un cambio en la coloración del follaje, que se hizo más intenso, y una rápida ocupación de nuevas ramas en los espacios generados por la poda, a lo que se sumó mayor fructificación que podría deberse a la maduración del rodal y no a la poda misma.

Al analizar el efecto de la intervención según progenies (Figuras 136 y 137), se observa que tuvo un efecto positivo significativo en el incremento en altura en 48,6% de las progenies y negativo significativo en el 17,1%; y positivo significativo en el incremento en DAC en 37,1% de las progenies y negativo significativo en el 25,8%.

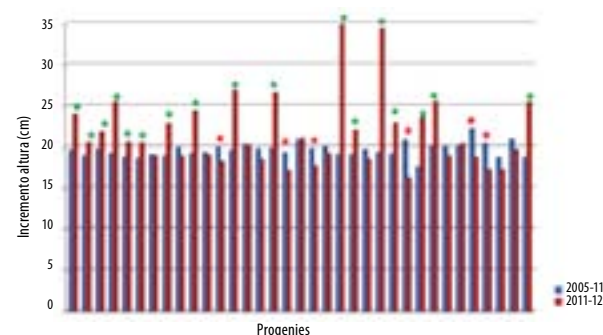


Figura 136. Incremento medio anual en altura antes y después de poda intensiva a los seis años según progenie

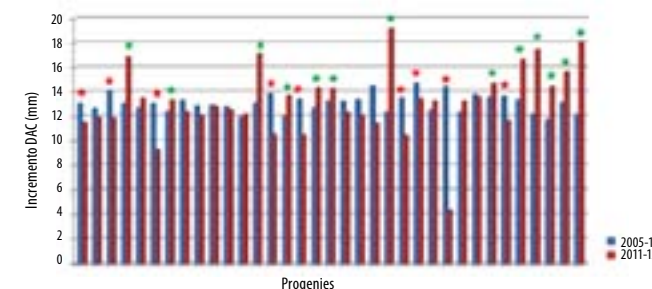


Figura 137. Incremento medio anual en DAC antes y después de poda intensiva a los seis años según progenie

Lo anterior podría indicar la existencia de algún control genético sobre la tolerancia y capacidad de respuesta ante intervenciones de manejo, como se verifica en otras especies (Zobel *et al.*, 1988).

Los datos obtenidos presentan una tendencia a corresponder con lo señalado por Kirdar *et al.* (2010), quienes indican que el efecto de podas tempranas efectuadas a los 5 años, evaluadas 13 años más tarde, es positivo en el crecimiento de la especie, presentando los árboles no podados 8,3 m de altura y 24,2 cm de diámetro, mientras que los podados midieron 10,5 m de altura y 36,3 cm de diámetro; asimismo coinciden parcialmente con lo expresado por Gordo *et al.* (2009), quienes indican que la poda afecta negativamente el crecimiento diametral, escasamente significativo ($p=0,058$); en esa experiencia además se redujo significativamente el crecimiento en altura anual, en más de 5 cm, y la interacción raleo-poda fue significativo, con una mayor reducción de crecimiento en árboles podados no liberados.

Los resultados obtenidos sin embargo, no coinciden con Montero *et al.* (1999), quienes observaron que la poda excesiva disminuye el crecimiento en diámetro y altura en bosques jóvenes de la especie, diferencias que podrían deberse al mayor vigor que presenta la especie en Chile, fenómeno que por otra parte ha sido constatado en otras especies, y que sugiere la adaptación o el desarrollo de nuevas técnicas de manejo.

Si se busca producir madera, la poda tendrá el objetivo de mejorar su calidad y proteger el árbol de la ocurrencia de incendios (McLain, 2008), para lo que se cortan las ramas que bifurcan o deforman el fuste desde edades tempranas (Figura 138), generando copas reducidas en comparación con el diámetro y altura de este pino (Borrero, 2004). Dado que la altura objetivo del árbol es reducida (para facilitar la cosecha de piñas el fuste no debe ser demasiado largo) y que la mejor madera y el mayor volumen se concentran en la base del tronco, carece de sentido realizar podas sobre 5-6 m de altura (Borrero, 2004).



Figura 138. Planta con doble flecha que requiere poda de formación para definición apical

También se han podado en Chile ejemplares jóvenes, de 15-25 años, con muy buena respuesta si se respetan los criterios básicos de extracción de follaje (no superior al 60%) y se conserva el anillo cicatricial que se encuentra en la base de las ramas (Shigo, 1991), lo que resulta fácil por encontrarse apegado al fuste, de modo que si se hacen cortes rectos y limpios, con instrumental limpio y afilado, se produce un rápido cierre de los mismos. La abundante resinación de la especie (Figura 139) produce un rápido sellado de los cortes, que quedan protegidos de ataques de hongos y otros agentes (Figura 140).



Figura 139. Abundante resinación inmediatamente después de efectuado un corte



Figura 140. Herida de poda sellada por la resina secretada

Raleos

Los raleos se definen en función del objetivo productivo de la plantación, madera, piñones, o ambos; incluso se considera de interés como medida de adaptación de plantaciones jóvenes frente a escenarios de cambio climático con reducción de precipitación, ya que el agua se distribuye en menor cantidad de individuos. Otro beneficio del raleo es la mayor entrada de luz que favorece la actividad biológica del suelo (Leclercq, 2002).

No existe una norma rígida para realizar los raleos, sino que cada rodal debe ser estudiado para optimizar el resultado económico, dejando siempre los mejores árboles, aquellos dominantes y de amplia copa, y de mayor producción de fruto, que pueden reconocerse por la cantidad de piñas viejas presentes en el suelo (Mc Lain, 2008); no debe extraerse más de 1/3 del área basal presente, que corresponde aproximadamente a la mitad de los árboles; esto no es válido para rodales jóvenes, donde los raleos pueden ser más intensos (Montoya, 1990).

La edad inicial para ralear depende de la densidad de plantación, la calidad del sitio, los cuidados culturales y el objetivo de la silvicultura; numerosos autores presentan diferentes alternativas, en base a su experiencia y realidad, por lo que se deben considerar como valores referenciales. Muchas de ellas apuntan a raleos frecuentes y progresivos, iniciados a edades tempranas.

Si el objetivo es la producción de fruta, debería ralearse cada vez que las copas de los árboles se toquen (Costa y Evaristo, 2008). El último raleo, ejecutado a los 20-25 años debe seleccionar los árboles con mayor potencial productivo (copas más abiertas, follaje poco denso y ramas con inserción casi horizontal, que aprovechan mejor la luz), eliminando aquellos con copas más cerradas y densas, generalmente menos productivas; la densidad final en este caso será de 100-120 árb/ha.

Peruzzi *et al.* (1998) recomiendan raleos tempranos a partir de los 8-10 años, y frecuentes, cada 4-5 años. Gordo (2010) también propone reducir tempranamente las densidades de forma intensa, antes de los 15 años, y retardar la poda en los ejemplares remanentes.

En Portugal, para producir madera se hace un primer raleo selectivo a los 10-12 años, momento en que ya existe competencia entre individuos por agua, luz y nutrientes, eliminando al menos el 40% de los individuos mal formados (chuecos o bifurcados) y de menor desarrollo. Un segundo raleo se hace a los 18-20 años, eliminando el 50% de los individuos; al final de la rotación se dejan 200-250 individuos/ha (Costa y Evaristo, 2008). Teobaldelli *et al.* (2004) demostraron que los raleos reducen en forma importante la competencia por agua, observando menores tasas de embolismo⁶ que en áreas sin ralear.

El manejo debe considerar raleos moderados a fuertes desde edades tempranas, dejando los mejores ejemplares; se recomiendan raleos cada 10-15 años, concentrados en la primera mitad de la rotación (Centre de la Propietat Forestal, 2009b).

Romero (1886) propuso partir con 4.500 árboles/ha, que se disminuyen progresivamente con raleos a los 10, 20, 30, 40, 60 y 80 años a 3.300, 2.300, 1.500, 900 y 500 árboles/ha.

Pavari (1955) cit. por Montero y Candela (1998) propone ralear a 500-600 árboles/ha a los 10 años, luego ralear a los 40 años a 300-400, llegando a 70-180 árboles/ha a los 80-100 años según las características del sitio, con raleos intermedios a los 15-20, 20-25, 25-30 y 35-40 años.

Del Rio *et al.* (2011) reportan respuestas positivas en diámetro, altura y superficie de copa en una plantación de 10 años raleada, sugiriendo que el raleo temprano de individuos suprimidos es clave para evitar los efectos de la sequía, expresados con muerte apical (12% de individuos afectados en el control y 4% en parcelas raleadas) y reducción de la productividad, estimulando la producción de piñas, ya que el desarrollo de la copa favorece la floración femenina (21% de árboles en parcelas raleadas y 15% en el control).

Ximénez de Embún (1959), para producción combinada de madera y fruto proponía, partir de 1.600 árboles/ha a los 10 años, y realizar cuatro raleos a los 10, 15, 30 y 45 cm de diámetro, llegando a 130 árboles/ha a los 85 años, que se mantendrían hasta el final de la rotación.

Para forestaciones de siembra directa con rotación de 50 años, Sánchez (1963) cit. por Montero y Candela (1998) propone un esquema con raleos a los 7, 12, 15, 22 y 30 años, dejando densidades de 1.200, 700, 500, 450 y 400 árb/ha, respectivamente.

Goor y Barney (1976), proponen partir con 2.500-3.000 plantas/ha, realizar un primer raleo a los 15 años dejando 600-700 árb/ha, y un segundo y último a los 30-40 años, bajando a 300 árb/ha, y la corta final a los 80-100 años.

Para producir piñas, Carvalho (1988) cit. por Montero y Candela (1998) propone ralear a los 20, 40, 60 y 80 años, bajando a 1.200, 500, 250 y 200, e incluso hasta 125-150 árb/ha.

⁶ Embolismo: Fenómeno de formación de burbujas de aire en el xilema, que se produce cuando la columna de agua está sometida a tensiones muy altas derivadas, como las que se originan con la disminución de la conductividad hidráulica por estrés hídrico.

Montoya (1990) propone realizar el primer raleo a los 15-18 años de edad, dejando 400-625 árb./ha, siendo habitual podar en esta oportunidad.

Yagüe (1993) recomienda ralear a los 20 años disminuyendo la densidad a 250-275 árb./ha, y a los 40 dejando la densidad definitiva, de 125-140 árb./ha.

Para favorecer la producción de piña, los raleos deben ser precoces, fuertes y progresivos en el tiempo, finalizando no más allá del 40% de duración de la rotación. A mayor importancia de la producción de piñas, más precoces deben ser los raleos, ya que las plantaciones raleadas tardíamente demoran más en desarrollar una copa suficiente para sostener una buena producción; si la función del pinar es la protección, los raleos deben ser menos precoces (Borrero, 2004). Los primeros 15-20 años el crecimiento medio diamétrico en Cataluña se sitúa por sobre 1 cm/año, luego se reduce rápidamente y a partir de los 40 se estanca bajo 0,2-0,3 cm/año; de ahí la importancia de realizar raleos precoces, antes de los 20 años, cuando la especie tiene mayor capacidad de respuesta (Piqué, 2004a).

En el norte de Italia se usan esquemas de manejo que incluyen raleos entre los 20 y 40 años, con intervenciones a los 10, 15 y 20 años, reduciendo la densidad desde 2.500 a 1.000, 600 y 380 árb./ha (Loewe y González, 2012).

Jovellar y Ortuño (1997) presentan un esquema de manejo a partir de 1.000 árboles/ha, con raleos a los 15-20, 30-40 y 50-70 años que reducen a 400; 200 y 100 árb./ha.

Para bosques coetáneos, Calama *et al.* (2005) proponen ralear a los 30 años para favorecer la producción de piña y obtener fustes maderables, reduciendo a 500-300 árb./ha, luego a los 45 años a 200 árb./ha, un tercero a los 65 años a 150 árb./ha, y un último a los 85 años, cuando se alcanza la densidad final, 110 árb./ha, después del cual se hacen cortas de regeneración, que al abrir el dosel permiten el establecimiento de la regeneración natural.

Gordo *et al.* (2009) consideran viable intervenir en forma drástica masas hiperdensas (cerca de 6.000 árb./ha) derivadas de siembras sin manejo posterior, con resultados satisfactorios en crecimiento y ausencia de problemas de estabilidad; el mejor desarrollo, estado sanitario y resistencia de una plantación formada por individuos de mayores dimensiones y la apertura de sus copas hace prever una mayor y precoz producción de piña. No obstante lo anterior, los raleos tardíos pueden tener efectos perjudiciales porque las plantaciones en ese estado presentan copas muy poco desarrolladas, escaso vigor y un sistema radicular débil, quedando expuestos a caídas por viento, desestabilizando plantaciones densas (Leclercq, 2002). Si en estos casos es necesario ralear, se debe manejar considerando grupos de árboles como individuos, como se hace en plantaciones adultas de la costa de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 141).



Figura 141. Rodal establecido a alta densidad (Provincia de Buenos Aires, Argentina)

Leclercq (2002) indica que los raleos deben empezar antes de que los individuos entren en competencia, logrando árboles de menor altura, mayor diámetro y mayor resistencia al viento, a la vez que se reduce el riesgo de plagas y enfermedades, ya que al repartir el agua disponible en los individuos remanentes se eleva el vigor del rodal.

Pruebas realizadas en Italia de raleo tradicional al 50%; raleo extrayendo plantas completas (con raíces) con retroexcavadora; y raleo al 75% de igual forma, mostraron 10 años después baja mortalidad, buen incremento diamétrico generalizado, mayor en el tratamiento más intensivo (1,7 cm/año), y fuerte presencia de regeneración natural a pesar del pastoreo intenso (Spinelli, 2009); se concluye que el raleo efectuado extrayendo plantas completas no genera problemas de estabilidad ni de crecimiento de los individuos remanentes, ni traumas en los aparatos radicales de las plantas vecinas, si se efectúa en terrenos planos y arenosos.

Gordo *et al.* (2009) indican que la evolución de la altura es independiente de la densidad y del raleo, pero que existe un efecto positivo en el crecimiento en diámetro, aunque este está condicionado por la posición social de los individuos o por las condiciones del micrositio, factores reflejados en el diámetro inicial. En los árboles de mayor desarrollo, el raleo no se tradujo en mayores incrementos diametrales, ni tampoco en los árboles de menor desarrollo, mientras que en los de clases intermedias la respuesta a la liberación fue significativa. El crecimiento en altura no fue afectado significativamente por el raleo, pero sí por la poda; la interacción raleo-poda fue significativa, con mayor reducción de crecimiento en los árboles podados no liberados, como se indicó anteriormente.

En Chile se evaluó el efecto del raleo en dos plantaciones, en Casablanca (Región de Valparaíso) correspondiente a un ensayo de procedencias europeas, y en Toconey (Región del Maule). La primera, establecida en un terreno plano con espaciamiento inicial de 2 x 3 m, se raleó selectivamente a los 15 años, interviniendo el 47,8% de los árboles vivos; la segunda, establecida en ladera norte con pendiente del 20-25%, a 5 x 5 m, se raleó a los 16 años interviniendo hileras diagonales intercaladas (raleo geométrico a saltos), llegando a un espaciamiento de 7 x 7 m, extrayendo cerca del 50% de individuos (Figura 142). Se evaluó el efecto del raleo 1 y 2 años más tarde, comprobándose que en ambos casos el raleo aumentó significativamente el área de copa debido al mayor acceso a luz, acelerando la dinámica de crecimiento (Loewe *et al.*, 2011c); las copas tienden estratégicamente a aprovechar el espacio y la luz, adquiriendo una forma redondeada, más productiva. En Casablanca se observaron diferencias significativas entre los incrementos medios de la superficie de copa, por período, entre las seis procedencias (Cuadro 39).



Figura 142. Plantación de pino piñonero raleada a los 16 años, uno (izq.) y dos (der.) años después de la intervención (Toconey, Región del Maule, Chile)

Cuadro 39. Incremento medio del área de copa en Casablanca según procedencia

Procedencia	Incremento (m ²)		
	2009-2010	2010-2011	2009-2011
Andalucía Occidental	2,34 a ± 1,68	1,49 a ± 1,68	3,84 a ± 2,43
Eslovenia	2,32 a ± 1,74	1,60 a ± 1,62	3,92 a ± 2,83
Lombardía	1,55 bc ± 1,45	0,62 c ± 0,93	2,17 c ± 1,53
Meseta Castellana	2,57 a ± 1,75	1,55 ab ± 1,28	4,12 a ± 2,32
Sierra Morena	2,24 ab ± 1,40	1,09 b ± 1,20	3,34 b ± 1,62
Toscana	1,70 c ± 1,18	1,11 ab ± 1,15	2,81 bc ± 1,41

* Letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

Andalucía Occidental, Eslovenia y Meseta Castellana presentaron el mayor aumento en superficie de copa un año después del raleo, 31,6% mayor a las otras procedencias; los ejemplares de Toscana presentaron el menor incremento (23% menor al de las restantes cinco). El segundo año el incremento fue menor en todas, siendo nuevamente Andalucía occidental, Eslovenia y Meseta Castellana las que presentaron el mayor incremento de superficie de copa (42,7%); no obstante lo anterior, las seis procedencias presentaron gran incremento de la superficie de copa (Figura 143).

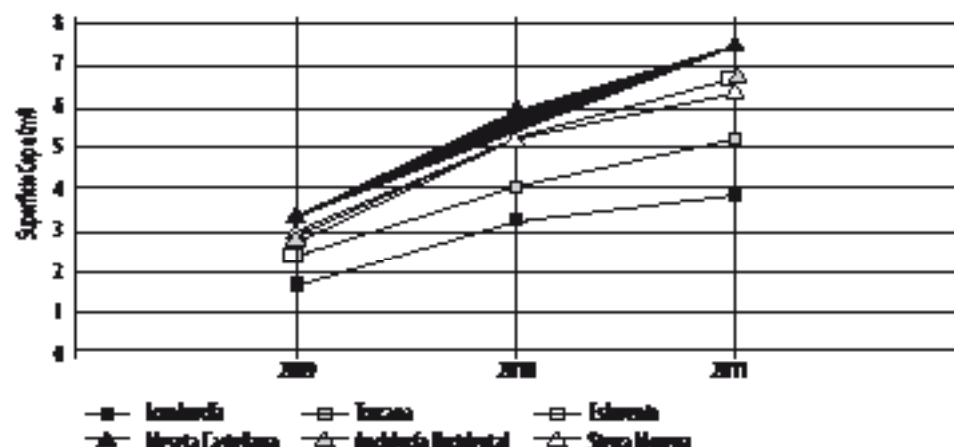


Figura 143. Respuesta al raleo (2009) en área de copa según procedencias en Casablanca

Respecto del DAP, los valores medios alcanzados dos años después del raleo muestran diferencias significativas entre procedencias (Figura 144); Toscana y Andalucía Occidental muestran diferencias significativas por sobre las demás en el período 2009/10, con un incremento medio del 9%. El incremento fue menor el segundo periodo, aunque significativo, presentando Lombardía y Andalucía Occidental el mayor incremento (27,7%), mientras que Meseta Castellana obtuvo el menor incremento, 48% inferior. Andalucía Occidental presentó el mayor incremento en DAP luego de 2 años desde la intervención, superior a 3,5 cm/año; cabe destacar que, aunque existen diferencias significativas, los incrementos en DAP fueron elevados en toda la plantación, ya que Meseta Castellana, procedencia de menor respuesta, creció 3 cm/año.

* Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

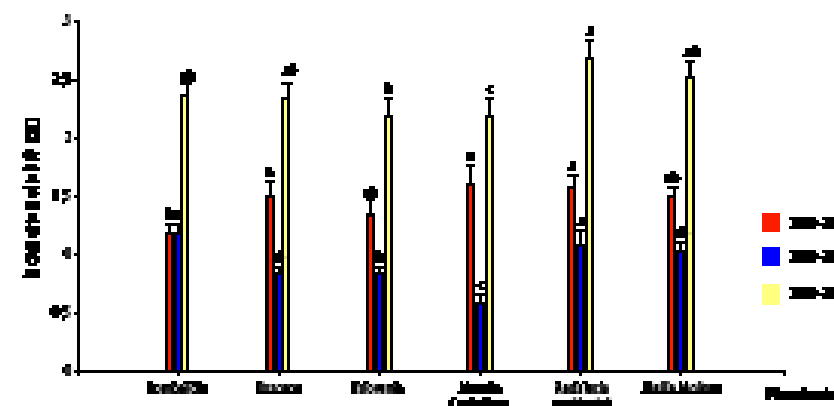


Figura 144. Incremento medio del DAP en Casablanca según procedencia

Respecto de la altura, un año después Sierra Morena alcanzó las mayores diferencias, significativas, con un incremento medio 29% superior, y Lombardía el menor (20% inferior); dos años después del raleo también se observaron diferencias significativas, aunque con menores incrementos que el primer año; Sierra Morena, Andalucía Occ. y Meseta Castellana son las que más incrementaron su altura, con diferencias significativas sobre las otras (35% mayor incremento) (Figura 145).

* Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

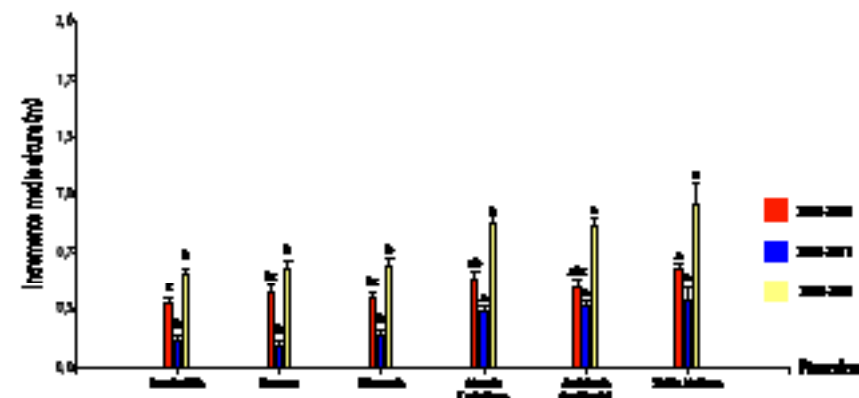


Figura 145. Incremento medio en altura en Casablanca según procedencia

En Toconey, el incremento del área de copa también mostró diferencias significativas entre parcelas, presentando la noreste un mayor efecto del raleo, con diferencias significativas respecto a las otras en los dos periodos, excepto el año 2009/10, en que la parcela norte no presentó diferencias significativas con la noreste (Cuadro 40).

Cuadro 40. Incremento medio del área de copa en Toconey según exposición

Parcela	Incremento (m ²)		
	2009-2010	2010-2011	2009-2011
Noreste	13,96 a ± 7,94	3,97 a ± 3,16	17,93 a ± 9,09
Noroeste	7,08 b ± 3,98	3,73 ab ± 2,7	10,81 c ± 4,69
Norte	11,83 a ± 6,5	2,62 b ± 3,32	14,44 b ± 7,55

* Letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

Un año después del raleo se constató un incremento medio del 47,6% de superficie de copa en la noreste por sobre las restantes; la parcela que menos aumentó fue la noroeste, con un incremento 45% inferior. En el período 2010/11 se observó un leve incremento de superficie de copa en los tres casos, entre 2,6 y 4,0 m² (Figura 146). Destaca la tendencia de redondear la copa en los árboles a los que se eliminó una de las bifurcaciones (Figura 147).

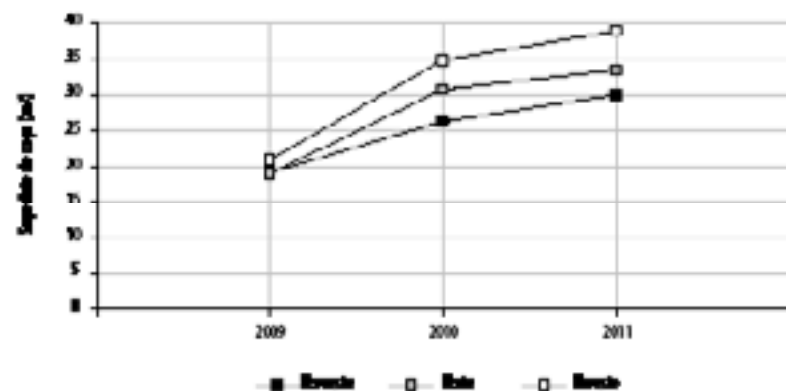


Figura 146. Aumento del área de copa en Toconey según exposición

Se observaron diferencias significativas del crecimiento en DAP entre parcelas solo el primer año después de la intervención (Figura 148), evidenciando la noroeste el mayor incremento, 80,1% superior; el período 2010/11 este incremento no presentó diferencias significativas, pero la noroeste tuvo un incremento 23,1% superior, y la norte el menor incremento, 10% inferior.

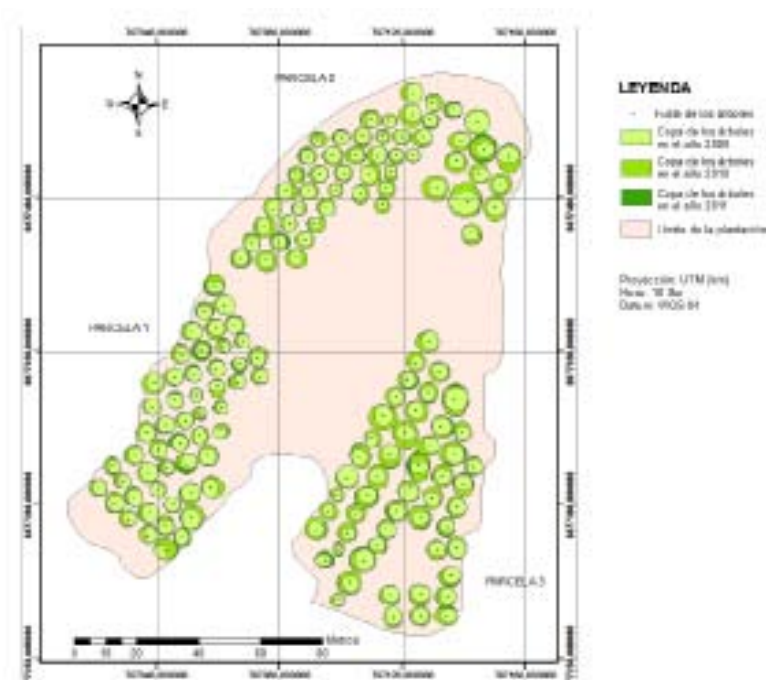


Figura 147. Progresión de forma de copas en individuos raleados al momento de la intervención uno y dos años más tarde, en que se observa la rápida reconstrucción de copas globosas en individuos bifurcados a los que se les dejó un solo pie.

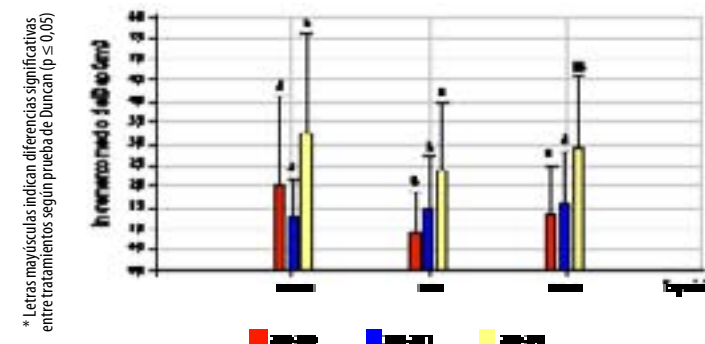


Figura 148. Incremento medio del DAP en Toconey según exposición

Los valores medios de altura dos años después del raleo muestran diferencias significativas entre parcelas (Figura 149); a diferencia del DAP, la noreste tuvo la mayor diferencia, significativa, en los tres períodos analizados, destacando un incremento del 40% sobre las otras dos años después del raleo.

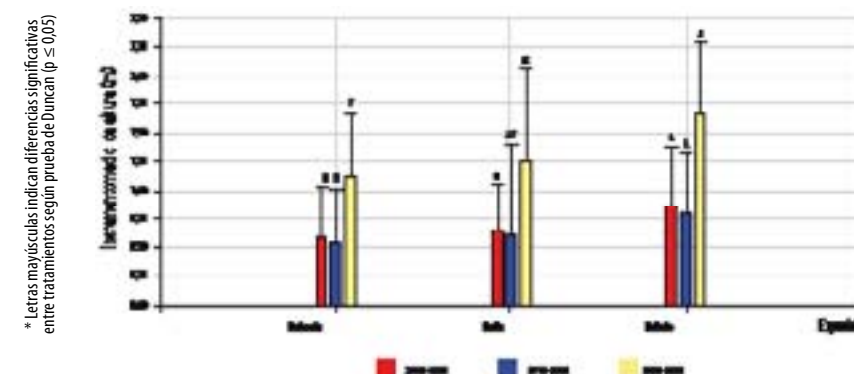


Figura 149. Incremento medio de la altura en Toconey según exposición

La mayor superficie que captura luz aumenta la posibilidad de inducir brotes reproductivos femeninos, incrementando la producción de piñas, tanto en tamaño como en cantidad, concordando con Mutke *et al.* (2007b), quienes encontraron un incremento de 20-30% del peso de las piñas y una respuesta positiva en la floración en parcelas raleadas y podadas; siete años después del raleo, las parcelas raleadas produjeron anualmente 4 a 10 veces más piñas por árbol que las no raleadas.

La intervención en ambas plantaciones se realizó en el límite del momento óptimo (15 años en Casablanca y 16 en Toconey), obteniéndose una rápida respuesta, aún cuando una intervención más temprana, antes de los 10 años, hubiera sido preferible (Gordo *et al.*, 2009), lo que se ve reforzado por el elevado vigor y crecimiento de la especie en Chile.

La estrategia ecológica de la especie hace que reparta su biomasa en las estructuras reproductivas en cantidades similares o superiores al crecimiento maderable (Cabanettes *et al.*, 1981 cit. por Mutke *et al.*, 2007b), estrategia corroborada en ambas situaciones, ya que las parcelas que alcanzaron el mayor incremento en superficie de copa no presentaron la misma tendencia para DAP y altura; los árboles menos vigorosos y desarrollados presentaron un mayor incremento en DAP que en superficie de copa, dedicándose a consolidarlo para más tarde centrarse en la producción frutal. Una síntesis de ambas experiencias se presenta en la Figura 150.

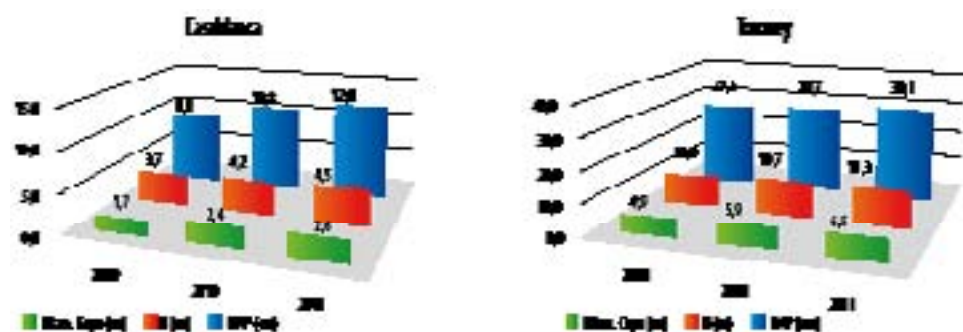


Figura 150. Síntesis de los resultados del raleo para DAP, altura (H) y diámetro de copa en ambas plantaciones

Productividad de Piñones

Claudia Delard R., Aldo Salinas R. y Andrés Bello D.

Productividad en el Mundo

Existen diversos antecedentes sobre el inicio de la producción de piñas en la especie. Crawford (1995) indica que ocurre alrededor de los 10 años; Goor y Barney (1976) a los 15–20 años, y Jiménez de Embún (1959) amplía este rango a 8–20 años; Loewe y González (2012) sostienen que la primera floración se da a los 5–6 años, obteniéndose las primeras piñas a los 8–12 años (6–7 piñas/árbol).

La producción comercial de piñones en Europa ocurre a partir de los 25 años. Según Peruzzi *et al.* (1998) la producción máxima se alcanza a los 40–50 años, empezando a decrecer después de los 80, indicando valores anticipados respecto a García-Güemes *et al.* (1997), quienes sostienen que la producción máxima se alcanza hacia los 80 años, y se mantiene hasta los 100 años.

Jiménez de Embún (1959), describió la producción en función del diámetro y de la edad, observando que sobre los 24 años inicia la producción significativa (Figura 151).

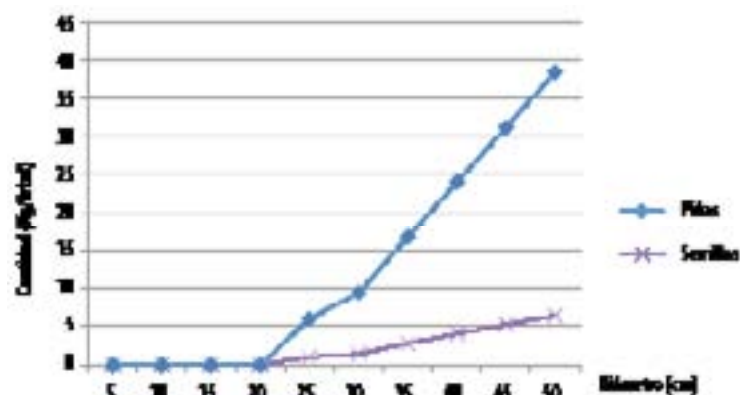


Figura 151. Producción de piñas y piñones con cáscara según diámetro

En términos generales, el rendimiento de piña a piñón con cáscara y de piñón con cáscara a piñón blanco es de alrededor del 20% en cada caso, lo que equivale a que de 100 Kg de piña se obtienen 4 Kg de piñón blanco. Los pinares presentan medias anuales de 200–600 Kg de piña/ha, lo que corresponde a 40–120 Kg de piñón con cáscara, y sólo 10–30 Kg de piñón blanco (rendimiento del 5% de piña a piñón blanco) (Gordo *et al.*, 1999). Goor y Barney (1976) estiman que la producción media de semillas o piñones con cáscara es de 120–160 Kg/ha/año, lo que equivale a 600–800 Kg de piña/ha.

En la zona Mediterránea y particularmente en el interior de España la producción media anual alcanza 200–600 Kg de piña/ha, lo que se traduce 40–100 Kg de piñón con cáscara/ha, 8–24 Kg de piñón blanco (rendimiento del 4%) (Mutke *et al.*, 2003b; 2005b; 2005d; 2007b); dependiendo de las condiciones ambientales y la silvicultura aplicada puede variar entre 100 y 1.000 Kg de piña/ha en bosques, y en sistemas agroforestales se podría esperar más de 1.000 Kg de piña/ha (Mutke, 2011). Mutke (2009) también indica esta última productividad en las clases de edad productiva, ya que las cifras menores antes mencionadas corresponden al total de los bosques ordenados de la especie, incluyendo aquellos en regeneración.

En la provincia de Ávila en bosques maduros se han obtenido productividades entre 54 y 325 Kg de piña/ha con precipitaciones entre 350 y 450 mm anuales, y 113 a 433 Kg de piña/ha en un sector de 700–800 mm/año (Yagüe, 1994).

Al respecto, Carnevale (1955) indica producciones muy superiores al resto de los autores, de 22.990 Kg de piña/ha, que se obtienen considerando 277 árboles/ha y hasta 250 piñas/árbol (aproximadamente 83 Kg de piña/árbol). De esta forma podrían obtenerse hasta 1.000 Kg de piñón blanco/ha.

En Cataluña se han observado producciones desde nulas hasta árboles que producen 300–500 Kg de piña/árbol, equivalentes a 1.000–1.500 piñas/árbol (Centre de la Propietat Forestal, 2009b); en esta provincia el autor indica una producción media anual de 572 Kg de piñas/ha equivalente a 1,8 Kg de piña/árbol, con un mínimo de 11,6 y un máximo de 3.693,3 Kg/ha, basada en producciones de 3 años consecutivos; en promedio indica una producción de 60,5 piñas/árbol a los 21,5 años; en un bosque de 262 árboles/ha observó hasta 56 piñas/árbol (18,4 Kg/árbol), equivalentes a 4.810 Kg de piña/ha.

Herrero (2009) indica que en España se puede alcanzar una productividad de 1.000 Kg de piña/ha; en zonas muy buenas se podrían obtener hasta 2.000 Kg piña/ha/año a los 14 años; mientras que en zonas regulares 400–600 Kg piña/ha/año, y en un año de baja producción, 200 Kg piña/ha.

En Cataluña, estudios realizados durante el período 2000/2009, determinaron producciones medias de 750 Kg piña/ha considerando bosques de todo tipo, jóvenes, adultos, de baja calidad, de buena calidad, densos y ralos (Centre de la Propietat Forestal, 2009b). En Córdoba se estimó la producción individual de piñas utilizando el modelo basado en Montoya (1990), que utiliza el diámetro normal y la superficie de proyección de la copa, así como el modelo basado en la estimación de Bocamina y Cherubini, quienes analizaron la cosecha mecánica relacionándola con algunas características dendrométricas del árbol. En el Cuadro 41 se observa el número de piñas/árbol según clase diamétrica, donde se considera más precisa la segunda cifra, calculada a partir de la superficie de proyección de la copa, ya que corresponde a un parámetro que para una misma edad y calidad de sitio depende de la densidad del bosque, considerado un mejor estimador que el diámetro normal.

Cuadro 41. Estimación del rendimiento en piñas en la Provincia de Córdoba, España

Clase diamétrica (cm)	Modelo Montoya Diámetro normal (piñas/árbol)	Modelo Montoya Superficie de copa (piñas/árbol)	Modelo Bonamini y Cherubini Características dendrométricas (piñas/árbol)
20	10	11,76	2,352
25	18	24,29	4,047
30	35	43,38	7,656
35	50	71,14	12,449
40	80	80,83	14,696
45	95	110,02	20,628
50	115	135,47	29,450
55	166	166,23	38,577
60	212	187,32	49,512
65	264	199,47	62,335
70	323	201,83	77,203

(Fuente: Modificado de Prades *et al.*, 2005)

En distintos montes de España se evaluó la producción de piñas, observándose gran variabilidad (Figura 152); en bosques públicos no superó 200 Kg/ha en el período evaluado (1990/2000), alcanzando una media de sólo 86,46 Kg/ha, bastante inferior a los 275 Kg/ha teóricos. Sin embargo, en otros bosques, como Cabeza Aguda, alcanzó cerca de 1.000 Kg de piña/ha el 2000/2001 (Prades *et al.*, 2005), valores muy superiores a las medias descritas para Castilla y León (130-450 Kg piña/ha/año) y para Huelva (50-300 Kg piña/ha/año).

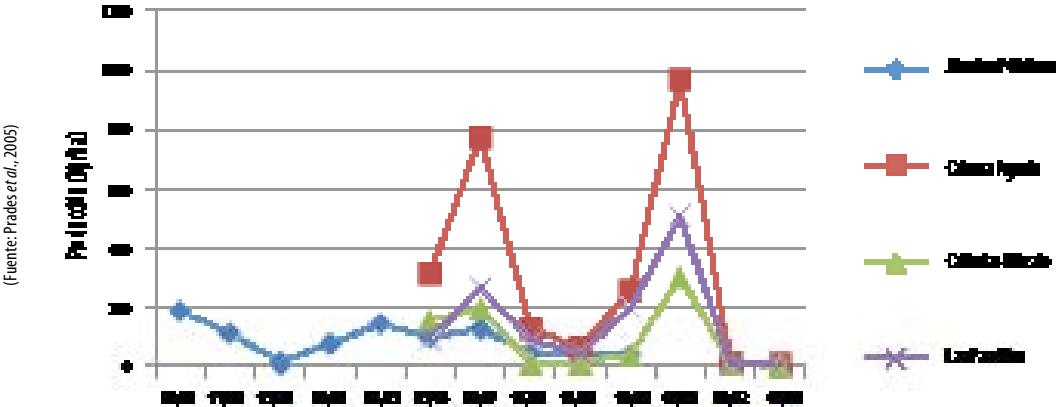


Figura 152. Producción de piñas en bosques españoles

En Italia los rendimientos anuales varían entre 5-15 Kg piña/árbol, equivalentes a 500-1.500 Kg de piña/ha (Crawford, 1995). Otros antecedentes indican 46-92 Kg piña/árbol/año en individuos de 130-140 años; o 50-60 Kg de piña/árbol, por lo que se podrían producir 5.000-6.000 Kg de piña/ha, equivalentes a 200-240 Kg de piñón blanco/ha. En mejores situaciones se puede obtener 300-400 Kg piña/árbol en ejemplares de más de 100 años, y hasta 460-690 Kg piña/árbol/año, o más; en el sector de Alacabona un árbol produjo hasta 1.000 Kg de piña (Loewe y González, 2012). Gorrieri (2010) indica producciones de 3.500-4.000 Kg piña/ha, equivalentes a 10.000-11.670 piña/ha; según Peruzzi *et al.* (1998) éstas son levemente inferiores, de 3.000-3.500 Kg piña/ha, y Gambi (1980) cit. por Peruzzi *et al.* (1998) indica 3.750 y hasta 5.000 Kg piña/ha.

En Turquía se pueden cosechar 4.000-5.000 Kg piña/ha, equivalentes a 800-1.000 Kg de piñón con cáscara y 100-200 Kg de piñón blanco (Enginar⁷, 1996). En el sur de Europa los árboles adultos producen una media 1.300-1.840 Kg de piña/ha, y en años buenos, 3.220-3.680 Kg piña/ha (Vidal, 1962).

En Portugal a los 8 años ya hay producción de 80 piñas/árbol, alcanzando unos 2.000 Kg/ha. Árboles grandes llegan a producir hasta 900 Kg de piñas cada uno, siendo los rendimientos medios anuales en edad adulta de 500 piñas/árbol (Loewe y González, 2012). En pinares costeros portugueses, en condiciones ecológicas parecidas a las de Chile central por su clima oceánico suave, la producción media más que duplica los valores medios de España, alcanzando 700-900 Kg/ha, siendo habitual cosechar 250-2.000 piñas (60-500 Kg) en árboles aislados (Gordo, 2004b); una de las razones de esta superioridad es la atenuación del añerismo, muy marcada en los bosques continentales semiáridos del interior de España, aspecto que será tratado más adelante (Mutke, 2009).

Pinheiro *et al.* (2003a) indican valores medios de 28,8 piñas/árbol, con un mínimo de 7,7 y un máximo de 44. Otro antecedente de Portugal indica para el año 2006 una producción media de 193 Kg de piña/ha, mientras que en España para ese mismo año sólo se obtuvo 124 Kg/ha (Pinea Project, 2011). En general en Europa las máximas producciones se dan en Portugal y Andalucía, porque las precipitaciones son superiores (Loewe y González, 2012).

Si bien en Gouaria, Túnez, se observó una producción anual media de 100 Kg piñas/ha, cifra que parece excesivamente modesta, en la región de Ain Draham puede alcanzar 2.530 Kg piña/ha, cifra considerada excesiva al compararla con las medias de España o Italia. A pesar de las cifras anteriores, Torres *et al.* (2009a) entregan productividades entre 2.960 y 3.714 Kg de piña/ha, observándose una alta variabilidad espacial en el bosque estudiado. Al considerar una superficie de casi 140 ha, en la temporada 2006/07 se obtuvo una cosecha media de 800 Kg de piña/ha.

En Argentina, una plantación de 27 años y 1.000 árboles/ha produjo 550 Kg de piñones con cáscara, equivalentes a cerca de 2.700 Kg de piñas/ha (Ottone, 1989).

A modo de resumen, en el Cuadro 42 se presenta una síntesis de los antecedentes mencionados, apreciándose una elevada variabilidad en la producción.

Cuadro 42. Referencias de producción de piñas de pino piñonero

Producción Piñas (Kg/ha)	Producción de Piñas (Piñas/árbol)
< 200 (Yagüe, 1994; Jovellar y Ortuño, 1997; Mutke <i>et al.</i> , 2005; Prades <i>et al.</i> , 2005; Pinea Project, 2011).	5-100 (Ximénez de Embún, 1959; Crawford, 1995; Pinheiro <i>et al.</i> , 2003a; Prades <i>et al.</i> , 2005).
200-600 (Yagüe, 1994; Calama <i>et al.</i> , 2005; Gordo <i>et al.</i> , 1999; Mutke <i>et al.</i> , 2005b; Prades <i>et al.</i> , 2005; Centre de la Propietat Forestal, 2009; Herrero, 2009).	100-300 (Carnevale, 1955; FAO, 1995b; Prades <i>et al.</i> , 2005; Loewe y González, 2012).
600-1.000 (Crawford, 1995; Goory y Barney, 1976; Mutke <i>et al.</i> , 2005; Prades <i>et al.</i> , 2005; Bono <i>et al.</i> , 2006; Gordo 2004b; Herrero, 2009; Torres <i>et al.</i> , 2009a; Centre de la Propietat Forestal, 2009b).	600 (hasta 4.000) (ACEPI, 2003b; Centre de la Propietat Forestal, 2009b; Loewe y González, 2012).
1.000-5.000 (Vidal, 1962; Tartarino, 1990; Trap, 1993; Crawford, 1995; Enginar, 1996; Peruzzi <i>et al.</i> , 1998; Ottone, 1989; Sada <i>et al.</i> , 2000; ACEPI, 2003b; Mutke <i>et al.</i> , 2007a; Herrero, 2009; Torres <i>et al.</i> , 2009a; Centre de la Propietat Forestal, 2009b; Loewe y González, 2012; Gorrieri, 2010; Mutke, 2011).	
>5.000 (Carnevale, 1955; Ottone, 1989; Federlegno-Arredo, 1992; FAO, 1995b; Sfeir, 2011b; Loewe y González, 2012).	

(Fuente: Elaboración propia)

7 Enginar A. 1996. Primer Secretario de la Embajada de Turquía. Comunicación personal

Productividad en Chile

En Cahuil (Región de O'Higgins), en una plantación establecida en 1984 a alta densidad (4 x 4 m) y sin manejo, se cosecharon el año 2009, 480 Kg piña/ha. En Toconey (Región del Maule), en plantación de 16 a 18 años establecida a 5 x 5 m y raleada a 7 x 7 m el 2009, se evaluó la producción durante tres años consecutivos (2009-2011), obteniéndose 3.917; 2.903 y 2.916 Kg de piña/ha. Estos valores, sin duda son comparables con las mejores situaciones europeas.

De acuerdo a una prospección realizada en diferentes formaciones de la especie en Chile, se observa que la producción aumenta a medida que aumenta el DAP, lo que confirmaría la correlación positiva entre ambas variables señalada por varios autores (Montoya, 1990; Montero y Candela, 1998; Piqué, 2003b; Gordo, 2004b); los mayores niveles de producción, más de 150 piñas/árbol, se obtienen en las clases diámetricas 81-160 cm, manteniéndose posteriormente relativamente estable (Figura 153). En rangos mayores se observa una caída en la producción, la que podría explicarse por la etapa de desmoronamiento en que se observa en los árboles de mayores diámetros, incluso con pérdida de la copa por quiebre de ramas.

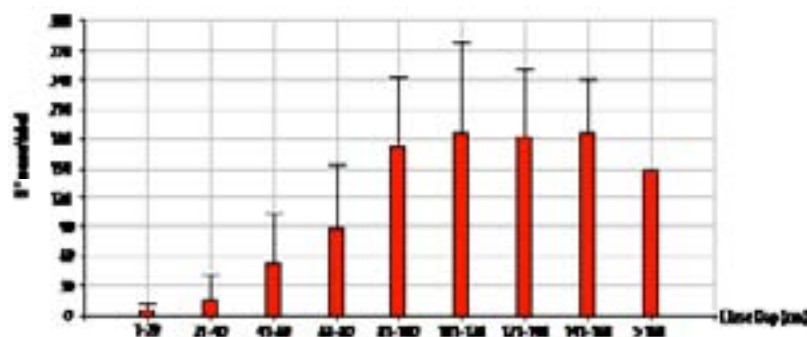


Figura 153. Producción media individual según clase diamétrica

La tendencia observada se mantiene cuando el análisis se realiza para árboles aislados, los que en general presentan las mayores dimensiones; sin embargo, y tal como se observa en la Figura 154, esta tendencia no se mantiene para plantaciones, donde la producción disminuye en la clase de DAP 61-80 cm en relación a la clase precedente, lo que probablemente se deba a la mayor competencia. Este factor debe ser considerado en la planificación de las faenas de manejo, de manera optimizar la productividad del rodal completo.

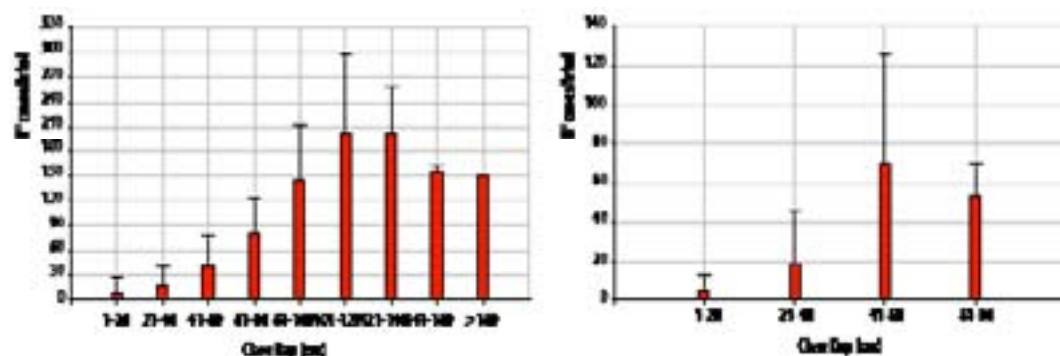


Figura 154. Producción media individual según clase diamétrica en árboles aislados (izq.) y plantaciones (der.)

No se encontró relación entre la altitud en la que se ubican las formaciones en el país y la productividad media (Figura 155).

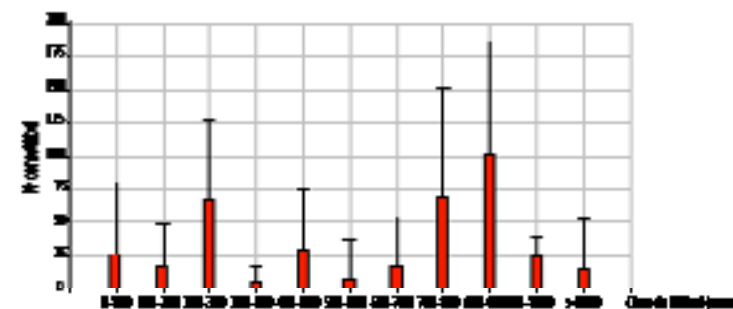


Figura 155. Producción media individual según altitud

La producción individual varía de acuerdo a la edad, aún cuando se registró presencia de piñas en todas las clases etarias. Calama *et al.* (2005) reportan que la producción aprovechable en bosques coetáneos es prácticamente inexistente hasta los 50 años; en Chile la entrada en producción sería inferior a la que se presenta en la distribución natural de la especie, lo que representaría una ventaja interesante de analizar (Figura 156); la mayor producción se verifica en ejemplares de 41 a 100 años.

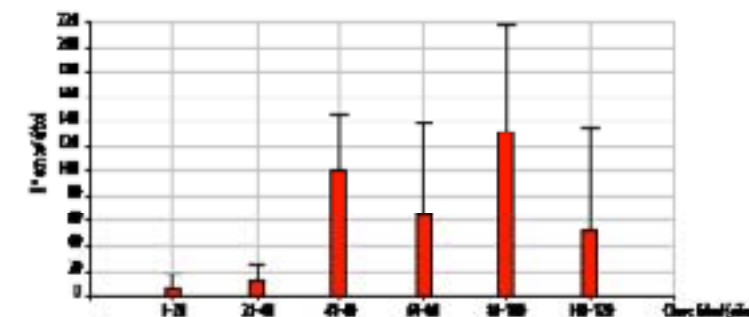


Figura 156. Producción media individual según clase de edad

Al analizar en forma conjunta el efecto del DAP y la distribución geográfica sobre la producción de piñas (Figura 157), se aprecia que el factor de mayor influencia corresponde al DAP, ya que las tendencias a nivel regional son similares, destacando las Regiones del Bio Bio y La Araucanía; las diferencias particulares entre regiones pueden deberse a las condiciones disímiles de sitio y clima.

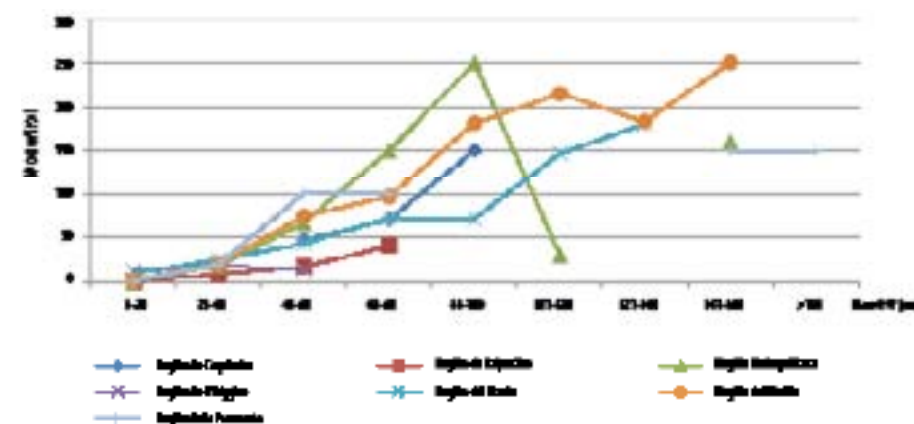


Figura 157. Producción media individual según clase diamétrica y región

Factores que Afectan la Productividad

La producción de piña depende de numerosos factores: Genéticos, calidad del sitio, estado sanitario, edad, densidad y tratamientos silviculturales (Prades *et al.*, 2005; Pinea Project, 2011). La calidad de sitio incide en un crecimiento vigoroso del bosque asociado directamente con su producción de piña una vez alcanzada la madurez reproductiva de los árboles, mientras éstos no entren en fase de decrepitud (en sitios idóneos donde los individuos conservan crecimientos vigorosos, la producción media de piña aún no decrece en bosques de más de 150 años) (Mutke *et al.*, 2005b). Piqué (2004a), por su parte, indica que la producción de piña guarda una importante relación con el tamaño del árbol, especialmente diámetro y tamaño de la copa, que inciden positivamente en la producción de fruto; la calidad del sitio y la densidad también parecen influir en la producción, de manera que árboles espaciados en buenas calidades de sitio producen más (Piqué, 2004a).

Según Mutke *et al.* (2005b) la producción de piñas depende en forma directa del clima y de los recursos disponibles, siendo el factor más limitante el estrés hídrico; observaciones realizadas durante 40 años muestran disminuciones de la producción inferiores a las estimadas con modelos que consideran el cambio climático, aun cuando el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones seguramente afectarán la productividad de la especie. Según Gordo (2004b) las precipitaciones acumuladas en el periodo es la variable que más explica la diferencia de productividad entre localidades de la Meseta Norte, España.

El añerismo o vecería que presenta la especie, irregularidad sincronizada de la cosecha entre años, con ciclos de 3 o 4 años (Peruzzi *et al.*, 1998), de 5 años (Yagüe, 1994), o de 6 años (Loewe y González, 2012), se refleja en variaciones entre 0,2 y 6,3 Kg de piña/árbol a nivel regional (Calama *et al.*, 2011), sincronizada entre los árboles y rodales del área, que se explicaría en un 60-80% por factores climáticos. En contraste con la teoría del agotamiento de los recursos, los autores detectaron una correlación positiva entre una buena producción y la cosecha siguiente, lo que indica que factores exógenos que promueven una elevada producción un determinado año también favorecen la cosecha del año siguiente. En términos de recursos, el efecto positivo de condiciones ambientales favorables puede durar varios años por el incremento del área foliar o de la eficiencia fotosintética. La menor producción puede deberse a la disponibilidad de agua, o bien a factores hormonales; el ciclo puede alterarse si las condiciones climáticas escapan de los valores promedio para la zona, sobre todo los referidos a veranos extremadamente secos y un número prolongado de días con heladas tardías.

Mutke *et al.* (2007a) concuerda con que el añerismo se ve afectado por factores ambientales; condiciones de sequía, heladas o altas temperaturas extremas provocan irregularidad en la producción; condiciones más favorables, mayor precipitación en invierno y primavera (del año de floración) además de favorecer la producción de piñas, aumentan su tamaño, con un aumento del peso de la piña de 0,3-0,4 g por mm de lluvia adicional. Al respecto, Herrera (2009) indica que en Portugal, de clima más suave, se observa la mitad de añerismo que en España.

Específicamente en el interior de España, se ha observado que los años de cosecha reducida se asocian a eventos meteorológicos durante la inducción floral y el desarrollo de la piña. Así, las precipitaciones acumuladas en los meses previos a la inducción de los primordios laterales para el año siguiente (finales de la primavera) influye positivamente en la producción final de la piña tres años y medio más tarde ($R^2=12\%$), más un 8% determinado por la abundancia de precipitación otoñal, que favorece la diferenciación de un mayor número de estos primordios en estróbilos en vez de yemas vegetativas laterales, más un 26% debido al estado hídrico favorable durante la floración (precipitación acumulada en los meses previos), un 9% por la correlación negativa con la temperatura media de principios de verano (calores excesivos provocan abortos florales) y, finalmente, un 7% correlacionado con la precipitación del último año de desarrollo de la piña (momento de su máximo crecimiento y maduración de la semilla). Si a estos factores climáticos se añade la autocorrelación negativa con la carga de piña en el momento de la inducción floral (es decir, con la abundancia de la cosecha tres años antes (13%), se llega a un modelo de producción anual que explica un 75% de la variación entre años a escala logarítmica, con cosechas que variaron entre los años 1960 y 2000 de 16 a más de 900 Kg/ha (Mutke *et al.*, 2005b).

Esta dependencia del agua durante momentos claves del desarrollo de la piña está en consonancia con otros fenómenos de la especie: Desde 1960, la tendencia en la precipitación media anual ha sido decreciente en la región (-15% a lo largo del año, -75

mm, incluso -30% en los meses claves de primavera (-71 mm especialmente en febrero y marzo), la temperatura pre-estival ha aumentado en más de un grado, hasta 20,7 °C, y en consecuencia la producción media anual de piña ha disminuido en un 35%, alcanzando valores inferiores a 120 Kg/ha en la actualidad (Mutke *et al.*, 2005b; Mutke *et al.*, 2006; Gordo *et al.*, 2005) versus los más de 180 Kg/ha en los años '60; de continuar esta tendencia, se prevé que al año 2015 se alcance una producción de sólo 60 Kg de piñas/ha.

Como se mencionó anteriormente, el tamaño medio de la piña (factor de interés comercial por estar correlacionado directamente con el tamaño del piñón) depende de la precipitación del año de maduración, disminuyendo su peso desde 250-350 g/piña habituales, a 100-200 g/piña en años con menos de 350-400 mm de precipitación (Mutke *et al.*, 2005b; Mutke, 2009). La proporción peso pepa/peso piña también están relacionadas con las precipitaciones de fines de primavera y principios del verano de ese año; las temperaturas extremas o sequía en cualquier momento del ciclo reducen la producción de piñones (Pinea Project, 2011). También en años secos se ve afectada la longitud del brote anual, que depende mayormente del tamaño de la yema terminal inducida la primavera anterior (según la precipitación acumulada) y que guarda una correlación directa y clara con el número de piñas que porta, ya que solo crecimientos anuales vigorosos de guías codominantes en la superficie de la copa de árboles vigorosos producen piñas (Mutke, 2009).

Prades *et al.* (2005) indican un ciclo de producción de cuatro años con una cosecha próxima a la media, dos cosechas muy bajas y una cosecha muy alta. El que a una cosecha abundante le sigan varias escasas podría deberse al hecho que en una misma rama coinciden tres cosechas diferentes; si en la parte inferior de una rama hubieran muchas piñas de tres años, al madurar estas piñas absorberían la mayor parte del agua y los nutrientes, limitando su disponibilidad para el desarrollo de las piñas en formación, afectando la producción de las dos cosechas siguientes. Este efecto es más evidente para la tercera cosecha situada en la parte superior de la rama, que recibiría menos agua y nutrientes (Contreras *et al.*, 2009).

Respecto de las precipitaciones, las lluvias primaverales influyen de dos formas en la producción. Primero, si durante el primer y segundo año de vida de la piña esta se ve privada de agua, merma la producción; además, cuando hay abundantes cosechas, se obtiene una escasa producción tres años más tarde. Cabe señalar que cambios climáticos en etapas tempranas de formación de la piña durante la primavera alteran el proceso trianual de desarrollo de la misma. En segundo lugar, las lluvias primaverales ayudan a que la piña a recolectar ese invierno adquiera gran peso y tamaño, resultando así una excelente producción. Bajas producciones han coincidido con precipitaciones estivales prácticamente nulas; la precipitación otoñal no parece mostrar ningún patrón de influencia claro en la producción (Contreras *et al.*, 2009). Los autores concluyen que tras una cosecha de piña muy abundante cabe esperar dos cosechas extremadamente bajas; los años de abundante precipitación coinciden con las producciones máximas, y las precipitaciones primaverales de los dos primeros años de vida de la piña parecen ser decisivas para la formación y posterior desarrollo de la misma. Por último, durante la formación de la piña, años de temperaturas menos extremas se corresponden con una mayor producción tres años después (Contreras *et al.*, 2009).

Estas cifras sirven para ejemplificar que el piñonero empleado en sitios semiáridas donde no compite con otras especies forestales o usos de suelo, está en muchas ocasiones en un límite fisiológico donde el factor limitante de Liebig es el agua y, en consecuencia, la respuesta a este factor es directamente proporcional, mientras que a partir de cierto valor umbral, que en el interior de España se sitúa alrededor de 600 mm de precipitación anual, esta dependencia disminuye y da paso a otras posibles limitantes, como nutrientes u otros que afectan la producción de piñas (Mutke, 2009).

Otro factor que incide en la productividad o producción de piña es la densidad y el tipo de bosque; un pinar de 115 árb/ha produce la mitad que uno de 45 árb/ha a los 100 años (Castellani, 1989). Varios autores coinciden en que la densidad final no debe superar 100-150 árb/ha; sin embargo, la influencia de la densidad en la producción de piña debe ser analizada separadamente para cada calidad de sitio, ya que en caso contrario, no explica significativamente la producción de piña (García-Güemes *et al.*, 1997). Por otra parte, Montero *et al.* (2003), concluyen que en bosques regulares la producción de piña crece con la edad, mientras que en bosques irregulares la perpetuación de una estructura que combina árboles de diferentes edades debería conducir a una

producción relativamente constante en el tiempo, considerando siempre los ciclos de añerismo propios de la especie. Aunque la cantidad total de producción de piña en bosques irregulares es menor que en los regulares adultos, deben considerarse dos factores de interés que presentan los irregulares, como son la constancia en la producción a lo largo del ciclo y la concentración de la mayor parte de la producción en pocos árboles, los de mayor edad, lo que incrementa notablemente el rendimiento en las labores de cosecha del fruto.

En Grecia se observó en plantaciones jóvenes que las piñas son significativamente más grandes y pesadas que las de rodales maduros, sobremaduros y altamente degradados por el ser humano; presentaron 99 y 93 semillas/piña, respectivamente (Ganatsas *et al.*, 2008).

Borrero (2004) comparó la producción de madera y piña en zonas costeras, centrales e interiores; en la zona interior existen pinares densos con fustes rectos y podados desde edades tempranas para producir madera de calidad y en cantidad, con copas reducidas en relación con el diámetro y altura, lo que explicaría una baja producción de piñas. En zonas costeras hay pinares con baja producción de madera por presentar baja densidad, baja altura (raramente sobrepasan 8 m), copas amplias en relación al tamaño de los fustes, cuya producción de piñas es mayor, pero no constituye el producto principal, ya que en esta zona el objetivo principal es la fijación de dunas. La zona central se divide a su vez en dos subzonas; en ambas la producción de madera es moderada en zonas de alta densidad y muy baja en zonas ralas, y la producción de piñas sigue un comportamiento similar pero con producción moderada en zonas de menor densidad y baja en zonas de alta densidad. Concluye que para la producción combinada de madera y piñones, maximizando el ingreso, se deben realizar limpias, raleos y podas a intervalos reducidos hasta el final de la rotación (120 años). Castellani (1989) evaluó dos modelos productivos, uno para plantación densa con doble objetivo productivo (madera y piñones) y otro para un rodal menos denso orientado a producción de piñones, determinando que en esta última situación la producción de piñones sería mayor.

Por último, la sanidad de los bosques afecta la producción; actualmente el 40% de los piñones producidos en España están vacíos, situación ocasionada por *Leptoglossus occidentalis*; cuando la piña es atacada, secreta más resina, se oscurece y es más liviana. En Italia la producción comenzó a bajar en forma constante; como ejemplo, hace 18 años se cosechaban 460.000-690.000 Kg de piña en un pinar de 800 ha (unos 920 Kg/ha), luego empezó a reducirse progresiva y drásticamente, bajando a 46.000 Kg (57,5 Kg/ha), para el 2009 alcanzar sólo 13.800 Kg (17,3 Kg/ha), situación que constituye un problema socioeconómico (Loewe y González, 2012).

Modelos de Crecimiento y Producción

Verónica Loewe M.

Los modelos corresponden a formulaciones matemáticas que representan algún fenómeno de interés, como la producción, el crecimiento, u otro, obtenidos a partir de numerosos datos de situaciones reales, tanto del recurso forestal como de otros parámetros de interés, como el suelo, clima y otros, que permiten a su vez estimar parámetros bajo ciertas condiciones, con la finalidad de servir como herramienta de gestión. Habría sido Leonardo da Vinci (1452-1519) el primero que intentó cuantificar las relaciones estructurales existentes en el árbol, desarrollando la idea que la sección del tronco de un árbol a una altura determinada es igual a la suma de las secciones de todas las ramas por encima de este punto (Mutke, 2004).

El desarrollo de modelos para el pino piñonero es reciente, aun cuando los primeros trabajos se remontan a los años 60 (Cañellas *et al.*, 2005); Pita (1967) cit. por Calama (2004) cubió la producción maderera a partir de mediciones realizadas en las Provincias de Huelva, Madrid, Sevilla y Valladolid. Cantiani y Scotti (1988) elaboraron un modelo que simula distribuciones diamétricas a nivel de rodal entre los 20 y 100 años, considerando 8 regímenes de raleo con base en las tres densidades más frecuentes (200, 300 y 500 árb/ha a los 20 años), considerando tanto la producción de madera, de piñones, o la combinación de ambas. En 1992 el INIA español inició

un amplio programa de investigación sobre la especie, estableciendo una red de 570 parcelas distribuidas en las regiones con mayor presencia de la especie, a partir de la cual se han desarrollado varios modelos matemáticos para describir la producción y el crecimiento de la especie en dicho país, aplicables en bosques regulares, la mayoría de los cuales tiene validez geográfica regional.

Martínez *et al.* (1993) cit. por Calama (2004) obtuvieron funciones de volumen a partir de una muestra de 1.844 árboles volteados a los que se midió DAP, altura total, espesor de corteza al DAP y crecimiento diamétrico; los valores medios de las cuatro variables se obtuvieron a partir de la media de los logaritmos, por lo que representan la media geométrica en lugar de la media aritmética. García-Güemes (1999) cit. por el mismo autor desarrolló un modelo de simulación para bosques regulares en la provincia de Valladolid, empleando como variables explicativas la altura dominante, la edad y el diámetro cuadrático medio; este modelo permite predecir en el tiempo variables de masa y distribución diamétrica mediante la función Weibull a partir de variables de masa, y permite predecir pudriciones por el hongo *Fellinus pini*. Es el modelo que se ha implementado en la aplicación PINEA, e incluye funciones que relacionan la producción de piña por hectárea con las variables densidad, edad y área basimétrica para rodales de sitios de calidad media. Montero *et al.* (2000) relacionaron la producción de piña por hectárea con la edad y densidad del rodal en zonas de Huelva, España.

Cañadas (2000) cit. por Calama (2004) desarrolló el primer modelo de crecimiento y producción de madera y piña a nivel de árbol individual, que permite simular la influencia de la mortalidad o intervenciones de manejo que modifican la densidad. Algunos de sus componentes, como el de diámetro-altura, han demostrado ser válidos en rodales semi regulares e irregulares. El autor desarrolló dos modelos que predicen la producción de piña por árbol a partir del diámetro normal, factor de competencia de copas, densidad y calidad del sitio. Cabe señalar que los modelos a escala de árbol individual son útiles para predecir el desarrollo de la especie y, por agregación, de la masa (Mutke, 2004). Gordo *et al.* (2001) analizaron la variabilidad interanual de producción de piñas a partir de datos de producción de 35 años en bosques públicos, a través de una función Weibull.

Cañadas *et al.* (2001) luego elaboraron modelos para predecir las dimensiones de copa de árboles a partir de la altura y diámetro medio de la copa viva, obteniéndose estimaciones satisfactorias. Paralelamente, García-Güemes *et al.* (2001) trabajaron en modelos lineales para estimar las alturas individuales por el interés de este parámetro en el cálculo del volumen, incorporando como variables independientes la calidad del sitio, la altura dominante y el diámetro individual, con los que se explica en un 80% la variación observada en la altura individual; encontraron que para la estimación de la altura individual existe un efecto significativo de la calidad del sitio, y que la significación del diámetro individual admite cierta relación del diámetro con la altura. Estos autores señalan que el crecimiento en altura se ve poco afectado por la densidad, lo que no corresponde a lo observado en Chile.

Gordo *et al.* (2001) a su vez modelaron la producción individual de piñón como criterio de selección fenotípica, ya que es el principal carácter de selección en la mejora genética de la especie. El modelo encontrado asigna más del 80% de la variación de la producción a los efectos del rodal (calidad del sitio), tamaño del árbol (área basal, superficie de proyección de copa, altura total), y de su espacio vital (determinado según distancia árbol-árbol).

García-Güemes *et al.* (2002) modelaron las distribuciones diamétricas en masas regulares, concluyendo que la regresión no lineal (algoritmo DUD) permite obtener en la mayoría de los casos ajustes más precisos a la función Weibull de los parámetros de las distribuciones diamétricas, y que el método de los percentiles obtiene mejores ajustes solo en parcelas jóvenes; no obstante ello, el modelo contiene un parámetro con importante variación no explicada.

Piqué (2003a y 2003b) elaboró un modelo para gestionar los bosques de la especie de Cataluña, incluyendo una función del crecimiento en altura dominante y tablas de producción para un manejo normal, diferenciado en producción maderera o de piñas basado en la función de Basilevsky-Clutter. Las tablas incluyen cuatro calidades de sitio, separadas en cada caso para bosques densos y claros, y tienen un rango de aplicación entre 20 y 140 años. Construyó dos modelos de árbol individual para la producción de piña, que incluyen como variables explicativas el tamaño del árbol (diámetro normal y longitud de copa) y la densidad del bosque (diámetro medio cuadrático y cobertura de copa).

En esa misma línea, Nanos *et al.* (2003) cit. por Cañellas *et al.* (2005) analizaron la correlación espacial de la producción media de piña por hectárea en bosques públicos del sur este de Valladolid.

Gordo (2004a) relacionó la producción anual de piñas a nivel de árbol individual con el espacio vital y la proyección de copa, empleando el modelo como herramienta de selección de árboles plus. Calama (2004) por su parte construyó un modelo general integrado de crecimiento y producción de madera y piña para bosques regulares, que usa una aproximación con componentes aleatorios válida para cuatro regiones españolas; opera a nivel de árbol individual con varios submodelos (crecimiento en altura para masas regulares, relación altura total y diámetro normal, función de perfil, un predictor del crecimiento en diámetro normal en los próximos 5 años, y producción de piña). Los componentes aleatorios permiten estimaciones confiables de los parámetros y la descomposición de la variabilidad, así como la posterior calibración de los modelos para nuevas zonas. El modelo permite simular la evolución de rodales de la especie bajo diferentes supuestos y escenarios de gestión silvícola.

Mutke y Gil (2004) modelaron la arquitectura de copa de la especie como aproximación del análisis del sistema aéreo del pino piñonero, con un análisis centrado en los productos de los meristemas apicales, crecimiento primario (elongación del brote anual) y diferenciación subterminal de nuevos ejes laterales vegetativos (ramas) o sexuales (estróbilos femeninos). Además, analizaron la influencia de su posición en las características del nuevo brote anual formado (longitud, diámetro, número de yemas laterales vegetativas y reproductivas). Como las demás especies del género *Pinus*, el desarrollo del piñonero sigue el modelo de Rauh, con cuatro categorías de ejes diferentes. Este modelo no se aleja cualitativamente del patrón descrito para otros pinos, pero difiere en la expresión cuantitativa del modelo y en la mayor tendencia a la reiteración siléptica. Los brotes silépticos corresponden a aquellos que aparecen en forma lateral desde otro brote en crecimiento; en la mayoría de los pinos el brote terminal del eje de categoría A1 (tronco) está diferenciado por un mayor vigor que los brotes terminales de sus ejes laterales A2, que presentan menores crecimientos secundarios y se doblan gradualmente hacia una posición horizontal, formando una copa cónica. Por el contrario, el pino piñonero muestra escasa dominancia apical desde el primer año, por lo que la relación media entre la longitud del brote terminal de un eje y la longitud de los brotes laterales presenta una pendiente igual a 1; esta falta de dominancia apical inicial y la formación de numerosos complejos de reiteración siléptica superpuestos llevan a la formación de una copa esférica, poco jerarquizada, lejana al patrón de ramificación monopódica, aparentando un simpodio o polipodio.

Para dar respuesta a cuestiones sobre la silvicultura, gestión y aprovechamiento sostenible de la especie, Piqué (2004a) estudió el crecimiento, producción y dinámica de los bosques de la especie en Cataluña, elaborando modelos de producción a partir de una red de 75 parcelas temporales en las que se midieron múltiples variables, entre ellas floración y producción de fruto durante tres años, empleando la función de Weibull. Las tablas de producción de silvicultura de referencia proponen bajas densidades desde edades jóvenes con el fin de acelerar el crecimiento en diámetro; con este manejo se obtienen producciones de madera a lo largo de la rotación algo menores que con la silvicultura observada, pero con árboles de mayores dimensiones y valor de mercado, tanto por su madera como por la producción de fruto asociada. El mismo año, Rigolot (2004) modeló la probabilidad de mortalidad de la especie después de seis incendios mediante una regresión logística empleando datos de tamaño del árbol y descriptores del incendio a partir de 998 árboles en 13 rodales, encontrando que la probabilidad de mortalidad aumenta con el porcentaje de copa afectado y la profundidad del daño cortical, pero con diámetros inferiores a los verificados con *P. halepensis*, obteniendo un 95% de concordancia entre los valores observados y predichos.

Calama y Montero (2005a) modelaron los principales factores que influyen en la producción de piñas y piñones para estimar la producción de piñas y semilla viable mediante un modelo multivariado, por su relevancia en la regeneración natural. El modelo obtenido es útil para decidir cuándo iniciar las cortas de regeneración en un determinado rodal, o decidir si autorizar la cosecha comercial de un rodal que se encuentra en proceso de regeneración en un año en que la producción estimada no sería lo suficientemente grande para asegurar la cantidad de semilla requerida, para que este sea exitoso.

Mutke (2005) realizó análisis univariados, de correlaciones, regresiones lineales simples y múltiples, de componentes principales y modelos lineales generalizados con el objeto de modelar la arquitectura de copa y la producción de piñón en plantaciones

injetadas de la especie, incorporando ajustes tanto por tamaño del árbol como de correlación espacial, integrando los efectos locales debidos a irregularidades en las parcelas. El modelo, de simulación estructural dinámica, se basa en el sistema Lindenmayer, e integra factores externos (raleos, podas, riegos) para predecir en base al manejo. Empleó dos modelos, uno centrado en los fenómenos que determinan el desarrollo de la forma de copa poliárquica (pineamedia.lsy), que simula procesos de elongación del brote, crecimiento secundario, diferenciación de yemas laterales, muerte apical y vencimiento de las ramas bajo su propio peso, sin tener en cuenta las estructuras reproductivas; el segundo se basa en los resultados del análisis estructural a escala brote (pinea.ssy), centrado en procesos primarios de crecimiento apical y diferenciación meristemática lateral. El análisis de la arquitectura de copa en pinos injetados realizado permite interpretar la reiteración siléptica generalizada de sus ramas como una estrategia reproductiva, ya que su copa poliárquica típica maximiza el número de puntos de fructificación.

Calama y Montero (2005b) modelaron el incremento diamétrico del pino piñonero mediante un modelo mixto lineal multinivel, basado en el DAP, densidad, altura dominante o índice de sitio, logrando un mejoramiento sustancial respecto al enfoque clásico que asume incrementos diamétricos constantes, mientras que el modelo mostró que éstos disminuyen a medida que el diámetro aumenta; el modelo no considera factores relacionados a la genética o al micrositio, importantes en esta especie, y debe usarse para simulaciones inferiores a 10 años. El trabajo confirmó la existencia de diferencias regionales en el crecimiento debido a las diversas condiciones climáticas.

Montes *et al.* (2006) modelaron la distribución etaria en rodales manejados con el método de rotación extendida para integrar la producción de madera y piñones. La aplicación de este método permitiría asignar diferentes rotaciones a diferentes rodales dependiendo de la calidad del sitio; lleva a una pérdida del 15% de madera y a un aumento del 10% de la producción de piñones, con un aumento progresivo en el largo plazo de la diversidad de edades y área basal. Dado que los mejores sitios presentan mayores producciones, la rotación debe ser inferior en los sitios de menor calidad; si las condiciones del mercado del piñón se mantienen más atractivas que las de su madera, como actualmente, este método es una alternativa a considerar.

Calama y Montero (2006) formularon la función de perfil (define el diámetro de la sección en función del diámetro normal y altura relativa de la sección) como un modelo mixto lineal multinivel, incluyendo parámetros aleatorios a nivel de árbol y parcela, mejorando la predicción de la forma del tronco y del volumen individual respecto de las ecuaciones de cubicación desarrolladas con anterioridad en España; mostraron que los árboles dominantes presentan fustes más cilíndricos que los dominados. La elevada variabilidad encontrada indica la existencia de factores que controlan la forma del fuste que actúan a nivel del rodal (ecológicos o silviculturales) y del árbol (micrositio, competencia, copa, genética, otros), interesantes de estudiar; para enfrentar este problema los autores calibraron el modelo con mediciones de árboles, mejorando levemente las predicciones para la sección inferior del fuste.

Calama *et al.* (2007a) integraron en el simulador PINEA2 modelos a nivel de árbol individual para el manejo multifuncional de la especie en España de validez interregional y formulación estocástica, que permite simular la producción (Calama *et al.*, 2008a), desarrollo del árbol y del rodal en una rotación completa bajo diferentes esquemas de manejo (Calama *et al.*, 2008b).

Calama *et al.* (2007c) modelaron con modelos mixtos multinivel el peso de las piñas, ya que este determina el precio que la industria paga debido a que incorpora factores que definen su calidad (rendimiento, tasa de piñones vanos o con daño y tamaño del piñón); para ello pesaron las piñas anualmente de los mismos árboles, encontrando que las piñas más grandes (sobre 250 g) presentan mayores rendimientos de piña a piñón con cáscara, piñones de mayor tamaño y menos piñones vanos o dañados; el 83% de la variabilidad en peso de la piña se relaciona con efectos temporales que actúan a diferentes escalas espaciales, mientras que el 17% restante se asocia a efectos espaciales. El peso de la piña depende en gran medida de la precipitación entre los meses junio a marzo (equivalente en Chile a diciembre a septiembre), y no es afectado por los tratamientos silviculturales.

Calama *et al.* (2007a y 2007d) elaboraron un modelo mixto multinivel para predecir la producción de piña en la Meseta Norte de España, a partir de datos de 10 años de 755 árboles, con diferentes enfoques. El mejor modelo permite simular la producción

bajo diferentes escenarios y constituye el módulo de producción de PINEA2, ya mencionado; tiene la ventaja de no requerir la edad ni parámetros climáticos para estimar, sino que se alimenta con información del inventario, como diámetros; no es aplicable fuera del área geográfica.

Madrigal *et al.* (2007) elaboraron un modelo de crecimiento en altura dominante para plantaciones desarrollado con la metodología GADA (Generalized Algebraic Difference Approach), con el que se comparó el patrón de crecimiento entre plantaciones y bosques naturales, encontrando diferencias significativas en las edades iniciales del desarrollo, en el sentido que en plantaciones se verifica una tasa inicial de crecimiento en altura mayor, y una disminución más temprana, lo que podría deberse a las mejores condiciones del sitio o al hecho de emplear plantas de 1 o 2 años de edad, evitando la fase crítica de germinación y establecimiento inicial de las plantas regeneradas en forma natural; a partir de los 30-40 años el desarrollo es homogéneo.

Calama *et al.* (2009) presentan un modelo para la gestión multifuncional de plantaciones de piñonero en Sierra Morena y Meseta Sur, España, empleando datos de 75 parcelas para adaptar el modelo de árbol individual desarrollado anteriormente a las particularidades de plantaciones, que permite simular y comparar la evolución de plantaciones bajo diferentes supuestos y escenarios de gestión, pudiendo estimar producción de madera y piña, fijación de CO₂ y capacidad protectora (a través de la cobertura del estrato arbóreo y sotobosque); no requiere de la edad como parámetro predictor.

Madrigal *et al.* (2009) describen la aplicación PINEA2 v1.0 como un modelo integral, semi empírico y de árbol individual desarrollado para la gestión de bosques naturales en la Meseta Norte, que permite simular la evolución en el tiempo de un rodal regular, su producción de madera, piña, biomasa, y otros atributos de interés como diversidad estructural bajo diferentes esquemas de manejo (raleos y rotación). Posee una estructura modular y funciona en intervalos de predicción de 5 años; entrega tanto datos individuales a nivel del árbol como cuadros resumen de las principales variables, y gráficos, pudiendo compararse diferentes simulaciones, y tomar la mejor decisión de manejo.

Calama *et al.* (2010) analizaron los principales factores que limitan el desarrollo de modelos para productos forestales no madereros, revisando los modelos existentes para los principales productos en Europa, corcho, piñones, frutos del bosque, hongos y resina, varios de los cuales son más rentables que la madera. Respecto al piñón, detectaron los siguientes desafíos para el modelamiento: añerismo de la producción, variabilidad dentro de un rodal y entre rodales, frecuencia de ceros en los registros de datos, no normalidad de los datos, correlación espacial, falta de precisión de los índices de sitio tradicionales, procesos complejos poco conocidos, datos faltantes e importancia de la calidad en el modelamiento (peso del piñón).

Piqué *et al.* (2011a) desarrollaron un modelo de masa para orientar el manejo de la especie en Cataluña, que integra diferentes funciones que evalúan las principales variables forestales a nivel del rodal, incluyendo un sistema de desagregación para estimar distribuciones diamétricas a partir de información de las mismas parcelas empleadas anteriormente. Las funciones obtenidas predicen las principales variables de masa para las dos tipologías ya definidas, bosques densos y claros; simularon dos alternativas de manejo para cada una y calidad de sitio, obteniendo 16 escenarios diferentes, lo que demuestra su utilidad para la correcta administración del recurso.

Calama *et al.* (2011) modelaron el añerismo, que corresponde a una variabilidad sincronizada a nivel espacial de la producción de fruta, tarea compleja, debido a los factores ecológicos que controlan la fructificación y a la falta de normalidad e independencia de los datos de producción anual disponibles. Para ello emplearon datos de producción de 13 años de 740 árboles y modelos log-normales para distribuciones con sobre dispersión debida a la cantidad de ceros, alcanzando un 70-80% de eficiencia en la predicción temporal y espacial de la variabilidad a escala regional, constituyendo una herramienta útil para la toma de decisiones de ciertos aspectos del manejo, tales como la cuantificación de piñas, diseño de programas de cosecha y optimización de las cortas de regeneración.

HUERTOS

Los huertos, más aún que las plantaciones, deberían manejarse con técnicas usadas en fruticultura, integrando prácticas como injerto, riego, fertilización, manejo de plagas y enfermedades, mejoramiento genético y técnicas de propagación orientadas a desarrollar rápidamente individuos maduros que produzcan elevadas y frecuentes producciones de piñones, por lo que son una alternativa interesante en terrenos agrícolas de baja calidad. En España en los últimos 20 años se han establecido unas 500 hectáreas de plantaciones injertadas, aún cuando en general no se aplican técnicas hortícolas para su manejo (Mutke *et al.*, 2011b).

A continuación se detallan experiencias e indicaciones específicas para este tipo de plantaciones, que en muchos casos son escasas; no obstante lo anterior, pueden aplicarse algunos de los conceptos expresados anteriormente para plantaciones mientras no se cuente con información específica.

Establecimiento y Manejo de Huertos

Verónica Loewe M.

Densidad

La competencia limita los recursos disponibles para los árboles, especialmente el agua, factor limitante en climas mediterráneos. Mutke (2005) señala que huertos establecidos a 3 x 3 m llegan a los pocos años a una cobertura completa, dificultando el desarrollo de copas abiertas y el acceso de maquinaria, haciéndose necesario un raleo. Por ello en el caso de plantas injertadas en vivero se recomiendan densidades moderadas, como 4 x 4 m en terrenos agrícolas (Gil y Abellanas, 1989), a amplias, de al menos 5 x 5 m para facilitar el desarrollo de las copas y mecanizar la cosecha de las piñas (Centre de la Propietat Forestal, 2009b). Catalán (1990) propone plantaciones comerciales con injertos de piñonero sobre patrones de pino carrasco (*Pinus halepensis*) en terrenos calizo-arcillosos, donde este último se adapta muy bien; sugiere una densidad de plantación de 400 árb/ha (5 x 5 m) y a partir del séptimo a octavo año desde la plantación se obtendría la primera cosecha, con una producción media para los primeros cinco años de 200 Kg de piñón/ha/año, que se incrementa los años sucesivos.

Mutke y Díaz (2001) indican que, dado que el costo de una planta injertada es del orden de 10 veces el de una planta no injertada, se debiera considerar un marco de plantación amplio y definitivo para minimizar el costo de forestación y además evitar la realización de raleos. Esto significa entre 278 y 400 plantas/ha (marcos de 6 x 6 m ó 5 x 5 m). Mutke *et al.* (2007c) indican que el espaciamiento en huertos debe ser suficiente para evitar la sombra lateral, recomendando un espaciamiento de al menos 6 x 6 m, dependiendo de las condiciones del sitio; así se podrían obtener cosechas interesantes, de 3.000-4.000 Kg de piña/ha a los 10 años (Mutke *et al.*, 2007b), lo que indica que la densidad inicial es una decisión relevante a la hora de establecer un huerto productivo, ya que densidades contenidas permiten el desarrollo de la copa y evitan el sombreado lateral.

Dado que las plantas injertadas se comportan como individuos femeninos, ya que sólo producen flores femeninas durante un periodo de hasta 15 años (Catalán, 1999), la existencia de piñoneros adultos cerca del huerto es un requisito para garantizar la polinización de las flores femeninas y evitar que los piñones resultantes sean vanos (Gil *et al.*, 2007), ya que la producción de amentos es más tardía (Gordo *et al.*, 2005; Mutke, 2000a).

En Chile se han establecido algunos huertos a 7 x 7 m (Figura 158).

Se debe investigar la densidad ideal para obtener la máxima rentabilidad por hectárea (Castaño *et al.*, 2004).



Figura 158. Huerto de pino piñonero establecido a 7x7 m un año después del establecimiento (Cáhuil, Región de O'Higgins, Chile)

Plantación

El establecimiento de plantas injertadas en vivero es ventajoso porque permite economizar tiempo y mano de obra, aunque se trata de una técnica que aún no está bien desarrollada en esta especie (Carneiro *et al.*, 2007), ya que el porcentaje de prendimiento aún es bajo.

Se recomienda, en el caso de emplear varios clones dentro de un mismo huerto, distribuirlos según un esquema (grilla) que reduzca la autopolinización, evitando consanguinidad.

Dado que durante varios años los injertos no producen polen, resulta apropiado establecer los huertos cerca de árboles adultos de la especie, idealmente dentro de un radio de 500 m, con vientos dominantes hacia el huerto, a fin de favorecer la polinización. Si ello no fuera posible se puede realizar polinización artificial hasta que los injertos produzcan polen en suficiente cantidad. Sfeir (2011b) recomienda incorporar un 10% de individuos de *P. brutia* como polinizantes.

Respecto del establecimiento del huerto, tal como se indicó para plantaciones tradicionales, debe prestarse atención al nivel de los cuellos de las plantas, que deben quedar a ras del suelo, para evitar un retraso en el crecimiento (Figura 159). Después de la plantación, una vez que el suelo se ha secado, es necesario recorrer la plantación para verificar que las plantas no se hayan enterrado mucho con la estabilización del terreno; si así fuera se recomienda levantarlas tirándolas suavemente para que queden con el cuello a nivel del suelo y, finalmente, apretar levemente el terreno a su alrededor para fijar esta posición (Loewe, 2003). Se sugiere establecer los huertos en lugares aislados, protegidos o cercados, a fin de reducir robos.



Figura 159. Planta de dos años establecida respetando un correcto nivel del cuello (El Carmen, Región del Bío Bío, Chile)

Fertilización

La adición de fertilizantes, especialmente nitrogenados, estimula la producción de conos; asimismo, la incorporación de animales podría jugar un rol importante en la fertilización de plantaciones en ambientes semiáridos (Mc Lain, 2008); Mutke *et al.* (2007c) indican que el uso de guano debe hacerse con precaución, ya que puede quemar las raíces sensibles o las micorrizas.

Se han observado incrementos de productividad en número y tamaño de piñas gracias a la aplicación de fertilizantes, sobre todo en arenas oligotróficas o gravas, donde la adición de materia orgánica puede mejorar la estructura del suelo y la capacidad de retención de agua y nutrientes (Calama *et al.*, 2007b). La absorción de nutrientes dependerá principalmente de la disponibilidad de agua, que es la principal limitante en el área de crecimiento de pino piñonero (Mutke *et al.*, 2007c).

Se recomienda hacer un análisis de suelo y en base a ello fertilizar al momento de plantar a fin de suplementar inicialmente las carencias presentes en el suelo.

Fertilizaciones, desbroces, podas y densidad generan combinaciones que deben ser estudiadas en su conjunto para que ninguna de ellas limite a las otras en la producción (Castaño *et al.*, 2004).

Control de Malezas

La mantención del huerto limpio, sin malezas, es una práctica que acelera el crecimiento y facilita las operaciones; puede realizarse de forma mecánica o química.

Las limpiezas de arbustos reduce el riesgo de incendios y hace el árbol menos susceptible a infecciones y plagas que afectan las piñas (Mc Lain, 2008).

Un efectivo control de malezas es importante en cualquier cultivo, por lo que se recomienda también en huertos.

Riego

Los antecedentes de mayor interés en la materia corresponden a los primeros resultados de un huerto establecido a 6 x 6 m el año 2008, con plantas injertadas el 2003 sobre patrones de *P. halepensis* de dos años, mantenidos en vivero en condiciones muy limitantes, manejado en forma intensiva (preparación de suelo, control de malezas, riego tecnificado) ubicado en Cataluña, norte de España, se observaron 50 flores/ha el año 2008 y más de 3.500 el 2011; la floración masculina apareció el 2011 pero en baja intensidad (Bono y Aleta, 2011). Las parcelas bajo riego muestran menor mortalidad de conos durante el segundo año de desarrollo (7% respecto a 20% del testigo el 2010) y mayor inducción floral (14 flores/árbol respecto a 10 del testigo el 2011).

Dicho huerto se empezó a regar el 2009, definiéndose tres periodos de riego; 1: abril a mayo, primavera; 2: junio y julio, inicio del verano; 3: agosto y septiembre, verano tardío. El periodo 1 incide en la elongación del brote en primavera, en el crecimiento de conos de 2 y 3 años, en el crecimiento secundario y en la floración y polinización; el periodo 2 incide sobre la diferenciación de las yemas terminales, fecundación, crecimiento estival ocasional de brotes, crecimiento de acículas, crecimiento secundario final y crecimiento final del cono de 3 años. Finalmente, el periodo 3 influye en el crecimiento final de las acículas, en el crecimiento ocasional vegetativo estival y en el desarrollo del embrión. Por ello probaron tres tratamientos: Testigo sin riego; riego en periodos 1 y 2 (T1), y riego solo en periodo 1 (T2). El aporte de agua los años 2009 y 2010 correspondió a 64 l/árbol/semana, y a partir del año 2011 se calcula considerando la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración del cultivo durante la semana anterior, así como la cobertura del dosel; ese año el aporte hídrico fue de 115,5 m³/ha en T1 y 55,6 m³/ha en T2.

La evaluación de la primera producción significativa, el 2009, mostró una sobrevivencia de conos durante los 3 años del 76%, equivalente a 839 Kg piña/ha, con una media de 3 Kg/árbol y un peso medio de 0,58 Kg/piña.

El efecto del riego en la producción del 2011 fue significativo en la productividad individual (4 Kg/árbol en T1 contra 1,9 en el testigo) y sobre el tamaño de las piñas (616 g/piña en T1 contra 536 g/piña del testigo), aun cuando la prolongación del riego hasta julio no mostró diferencias significativas para ningún parámetro (0,592 Kg/piña y 3,4 Kg piña/árbol en T2).

No obstante lo anterior, es importante señalar que en términos económicos el impacto sería importante ya que en T1 la producción estimada de piñón blanco es un 26,9% superior respecto a T2, y más que duplica al testigo.

Los autores calcularon con datos de 20 años de la zona que el déficit de agua para un 5% de cobertura alcanzaría a 136 m³/ha para T1 y 35 m³/ha para T2, y para un 50% de cobertura estos valores ascenderían a 1.300-1400 m³/ha, valores inferiores a los de otros frutos secos, como el almendro, cuyo requerimiento alcanza en la zona 2.000 m³/ha; coberturas mayores no se recomiendan para este tipo de huertos para mantener una iluminación adecuada que garantice la inducción floral.

Mutke (2005) indica que el tamaño medio de la piña y del piñón, se reduce drásticamente en años con precipitación bajo 370 mm, mientras que el rendimiento se mantiene estable; ello indica la importancia de regar los huertos a fin de maximizar la producción.

Mutke *et al.* (2007b) aplicaron en un huerto clonal riegos pre estivales de 50 l/árbol/semana, confirmándose un efecto positivo cuando se asoció a raleo (con o sin poda), multiplicando 3-4 veces la producción frente al testigo y aumentando el rendimiento en un 75%. Adicionalmente, este tratamiento incrementó 20-30% del peso de las piñas cuando se asoció a raleo (con o sin poda).

A pesar que el riego podría mejorar la productividad de piñas, si hay disponibilidad de agua el pino piñonero parece difícilmente una alternativa de inversión interesante respecto de otros cultivos anuales, como vides e incluso su alternativa más directa, almendras (Mutke *et al.*, 2007c).

El aporte de agua mediante riego, según Castaño *et al.* (2004) encarecería demasiado el mantenimiento de las plantaciones por la dificultad de su aplicación en la mayoría de los terrenos marginales. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, Butler *et al.* (1997) indican que el riego incide favorablemente sobre el desarrollo reproductivo de los injertos, existiendo relación entre mayor floración y menor crecimiento en longitud.

Control de Lagomorfos

También se ha observado ataque de lagomorfos en nuevos huertos de la especie (Figura 160). Por ello, en caso de abundancia de estos mamíferos en la zona a plantar, se sugiere usar algún método de control, que puede ser mecánico (instalación de cercos con malla enterrada o protecciones individuales, como ramas alrededor de la planta u otros) o químico (repelentes artificiales o naturales).



Figura 160. Planta injertada con fuste roído y raíces escarbadadas por lagomorfos

Poda

La posibilidad de dirigir el hábito de ramificación y fructificación mediante podas para renovar elementos de la copa es casi nula ya que esta especie no ramifica a partir de yemas laterales a lo largo del brote anual, ni de yemas adventicias, sino a partir de yemas preformadas subapicales, produciendo sobre los brotes vigorosos periféricos de la copa (Mutke *et al.*, 2007b).

Cuando el injerto se efectúa en plantas ya establecidas, gradualmente las ramas laterales del patrón tienden a recuperar la dominancia apical, por lo que se requieren podas progresivas a partir de pocas semanas después del injerto para recuperar el equilibrio de la planta, eliminando las ramas superiores del portainjerto que son las que compiten más y dan sombra al injerto; el resto de las ramas del portainjerto se elimina gradualmente según el desarrollo de la copa (Carneiro *et al.*, 2007).

En una experiencia realizada en Chile, sobre una plantación de pino *radiata* de 3 años (Figura 161) se constató la necesidad de podar las ramas cercanas al injerto al momento de injertar, y más tarde eliminar periódica y progresivamente las restantes a fin de permitir el desarrollo del injerto.



Figura 161. Injerto de piñonero sobre pino *radiata*; las ramas del verticilo más cercano han sido eliminadas

La poda de las ramas bajas también reduce el riesgo de incendios y hace al árbol menos susceptible a infecciones y plagas que afectan las piñas (Mc Lain, 2008).

Cuando se podan los huertos, pero no se ralean, el aumento de producción es inferior, aunque no influye en el tamaño de la piña (Mutke *et al.*, 2007b); no obstante, los autores indican que una poda moderada, que elimina las ramas finas de la porción inferior de la copa, es beneficiosa al estimular la floración de la restante copa descargada.

Dado que la floración femenina se produce sólo en la superficie de la copa, no se realizan podas en la parte superior de la misma; la poda de la sección lateral de la copa no influye en los brotes superiores, salvo en plantaciones muy densas, donde se recomienda más ralear que podar.

Mutke (2005) concluye que el efecto del genotipo en la producción de piña es muy inferior al efecto del tamaño del árbol, subrayando la importancia de optimizar las condiciones del cultivo y el desarrollo vegetativo de los árboles para que cada genotipo exprese todo su potencial productivo. Por ello, el manejo de un huerto es clave para su productividad, sanidad y vigor (Figura 162).



Figura 162. Huerto de pino piñonero dos años después del establecimiento (con plantas injertadas de 5 años), manejado en forma intensiva y riego (Cataluña, España)

Si bien la poda de las ramas débiles o inferiores facilita la realización de cuidados culturales y la cosecha, en Europa difícilmente se justifica desde el punto de vista económico (Mutke *et al.* 2007c).

Raleo

A medida que los árboles injertados se desarrollan se puede observar su capacidad de floración, permitiendo una selección fenotípica de aquellos con mayor carga; entonces los raleos tienen el objetivo de seleccionar los mejores cargadores (Mc Lain, 2008), eliminando ejemplares que durante varios años hayan demostrado una baja o nula capacidad de fructificación (Carneiro *et al.*, 2007).

Mutke *et al.* (2007b) describen la experiencia de un raleo sistemático en un huerto injertado establecido a 3 x 3 m, que redujo más del 50% de los individuos y cuyo efecto fue un aumento de la producción de piña por individuo de entre 4 y 10 veces respecto al testigo no raleado a continuación del raleo y cosechado tres años más tarde. El raleo permitió doblar la producción media anual de piñas desde 180 Kg/ha a 350 Kg/ha en los últimos 6 años (Mutke *et al.*, 2007c).

Otro huerto clonal, plantado el año 1992 con plantas injertadas el año anterior y establecido a 3 x 3 m, fue raleado el año 2002 extrayendo el 50% del área basal, a lo que se sumó una poda suave de las ramas bajas, interiores, débiles y sombreadas; y también riego estival (50 L/árbol en junio-julio, período de máximo crecimiento de piñas). Las parcelas raleadas incrementaron la producción de piña entre 5 y 7 veces por individuo respecto de aquellas no raleadas y no podadas (763 vs. 255 Kg/ha/año en 2006) y aquellas con riego en 4 veces (1.020 Kg/ha/año). Incluso la parcela podada pero no raleada produjo más del doble que la parcela testigo (585 Kg/ha/año). El peso medio de los conos, variable relacionada directamente con el tamaño medio de los piñones blancos (que incide en el precio de mercado), aumentó cerca del 40% luego del raleo (256-260 vs. 180 g); no se encontró un efecto significativo de la poda o del riego en el tamaño de conos y semillas (Mutke *et al.*, 2007c).

Productividad en Huertos

Verónica Loewe M. y Claudia Delard R.

La producción anual de piñones en esta especie a nivel del árbol está determinada por tres variables: Número inicial de estróbilos formados, peso medio de las piñas maduras y su rendimiento en piñón.

La supervivencia floral en general supera el 80%, valor que puede reducirse hasta un 50% frente a fenómenos adversos como altas temperaturas, heladas extremas o tardías (Mutke, 2005). Castaño *et al.* (2004) concuerda con lo anterior, indicando que las flores y conos en su segundo año de desarrollo son buenos estimadores de piñas maduras; 80% y 90%, respectivamente.

El número inicial de estróbilos femeninos de un brote está relacionado directamente con su vigor vegetativo, el que varía tanto dentro del árbol como anualmente por condiciones meteorológicas (Castaño *et al.*, 2004); asimismo, la variabilidad ambiental en el tamaño del árbol determina el 48-56% de la variación en la producción de piña a escala individual.

En Cataluña, España, las plantaciones injertadas normalmente empiezan a producir después de 3-4 años de realizado el injerto (Castaño *et al.*, 2004; Centre de la Propietat Forestal, 2009b), con producciones de 100-200 Kg de piña/ha; a los 5 años ya ha subido a 200-300 Kg/ha, y a los 10 se sitúa en torno a 500-1.500 Kg/ha (Centre de la Propietat Forestal, 2009b), aunque se trata de producciones estimadas ya que se observa una alta variabilidad en la producción. Según Catalán (1998 y 1999), la producción de piñas en los huertos incrementa con la edad, aumentando entre los 4 y 11 años de 0,7 piñas/árbol/año, a 3,3; 7,3; 11,6; 15,2; 19,9; 22,1; y 25,5 según tablas desarrolladas por autores portugueses.

Las series de producción de piña son poco precisas, incompletas y abarcan sólo los primeros 10-15 años desde el injerto (Mutke y Díaz, 2001; Mutke, 2005). Mutke *et al.* (2000c), presentan datos de producción de piña en plantaciones injertadas, para los primeros 10-13 años; destacan que alrededor de los 10 años se puede obtener cerca de 2.800 Kg/ha de piñas, con una densidad de 250 árb/ha. Además, se evidencia el añerismo característico de la especie, ya que en tres de los cinco casos observados existen cosechas altas intercaladas con bajas producciones de piñas (Figura 163).

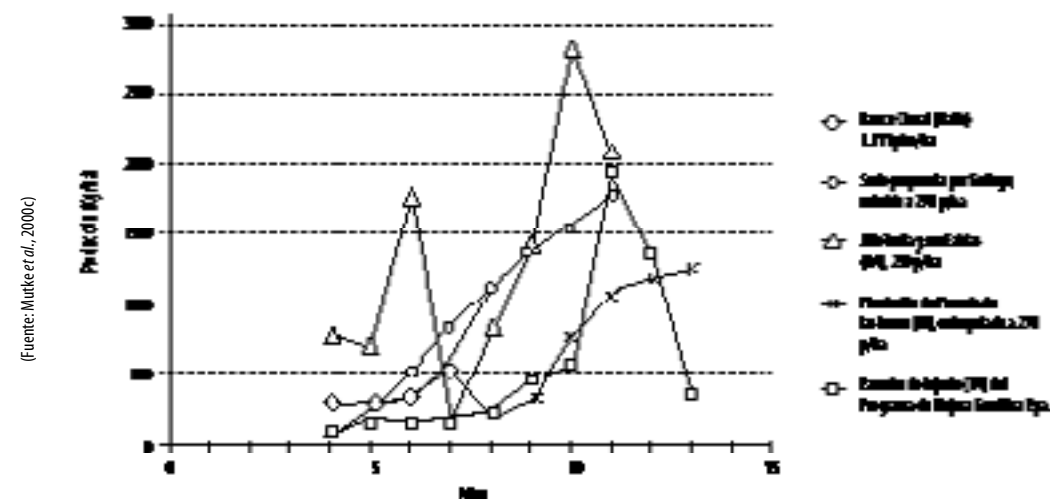


Figura 163. Referencias de producción de piña en parcelas injertadas

Sada *et al.* (2000), estudiaron la producción de piña a los 8 años de edad de los injertos, deduciendo en primer lugar que la floración muestra una tendencia general creciente a medida que aumenta la edad de los injertos. Lo anterior concuerda con

Abellanas *et al.* (1997) para las primeras edades, ya que los autores detectaron una disminución del número medio de flores por año el cuarto año, probablemente debido al desgaste producido en los pequeños árboles en su primera fructificación. Indican que las condiciones climáticas de cada año son las de mayor peso con un 40%, frente a un porcentaje inferior al 5% para los factores genéticos (clon y rodal) y para los ambientes propios de la plantación (bosque). También constataron que clones, aun mostrando gran productividad, presentan una gran variación intraclonal no siendo en principio adecuados para su selección definitiva; esta variación viene determinada por la interacción púa- patrón. Obtuvieron una producción media de 1,42 Kg piña/ramet⁸ para todo el banco clonal y de 2,51 Kg piña/ramet en los mejores clones, un 86% más que la media de la plantación. La selección de los 5 clones con mayor peso de piñón /ramet obtuvo una media de 793,4 g. La producción estimada para el 1999, a los 8 años de edad de los injertos, fue de 2.786 Kg de piña/ha.

Abellanas *et al.* (1997), obtuvieron un valor medio de producción de 31 flores por injerto para los 3 primeros años desde el injerto con los 18 mejores clones, frente a un valor medio de 20 flores/injerto en la población total, lo que representa una ganancia de 55%. Los autores además indican que la selección de clones atendiendo exclusivamente al carácter número de flores como estimador del número de piñas, puede suponer un cierto riesgo al existir una cierta correlación entre la abundancia de la floración y la tendencia de los clones a mostrar grandes fluctuaciones entre años, lo que indicaría una cierta vecería.

Butler *et al.* (1997), por su parte, en un ensayo de injertos de pino piñonero sobre patrones de la misma especie establecido en 1992, utilizando el injerto de tipo sustitución de yema terminal, obtuvieron un máximo de 1,97 flores el primer año (1995) y un máximo de 8,36 el segundo, indicando que el riego incide favorablemente sobre el desarrollo reproductivo de los injertos, existiendo relación entre mayor floración y menor crecimiento en longitud. Sin embargo, no constataron diferencias en la producción de piñas, debido al elevado aborto el primer año y desarrollo anormal el segundo, probablemente por el escaso desarrollo vegetativo de los injertos. Concordaron con otros autores en encontrar una mayor producción de piñas en individuos con menor desarrollo vegetativo.

Mutke y Díaz (2001), supusieron una producción máxima a los 25 años de 2.450 Kg piña/ha, a partir de la cual la producción media decrecería hasta que, pasados los 85 años, ya no superarían los 100 Kg/ha. La producción por árbol es de 6 Kg a los 20 años, considerando oscilaciones veceras y las posibilidades de regularizar y aumentar la producción con técnicas culturales adecuadas.

Mutke *et al.* (2001) observaron en una plantación de 4 a 5 años que el 30% de los injertos presentaron algún ápice con un segundo verticilo, situación que se limita a ápices dominantes y vigorosos; al año siguiente este fenómeno ocurrió sólo en el 16% y al año seco siguiente, 1999, sólo un 0,17%. En los injertos se ha observado ocasionalmente una segunda floración femenina en pleno verano (19% a los 4-5 años). Los autores determinaron que la integral térmica es la que regula fuertemente la velocidad de los procesos de crecimiento y desarrollo.

Mutke *et al.* (2005a) indican una producción incipiente de 12 conos 5 años después de la injertación (4 después de la plantación). Luego la producción aumenta con una tendencia geométrica, donde a los 10 años supera 1 Kg/árbol y a los 11 años la media alcanza 1,6 Kg/árbol, produciendo el 10% más productivo 6,4 Kg/árbol y el 2% más productivo 9,0 Kg/árbol.

Los ensayos injertados se ven afectados por los mismos factores causantes de la vecería observada en los pinares de pino piñonero en el interior de la península, vecería que contrasta con la producción regular y a nivel muy superior en los pinares portugueses bajo un clima oceánico más favorable y menos errático entre años (Mutke *et al.*, 2007a).

Según Mutke *et al.* (2007c), las pocas plantaciones injertadas existentes han evidenciado una entrada en producción atrasada, con productividad media anual menor a 2 Kg/árbol durante la primera década, especialmente en plantaciones muy densas donde la cobertura de copas fue completa en pocos años y los árboles no pudieron expandirse. En otro extremo, en espaciamientos de al menos 6 x 6 m, los árboles más vigorosos alcanzaron una media anual de 4-6 Kg y un máximo de 12-15 Kg en menos de 10 años

después del injerto. Tanto el atraso inicial como la variación anual de producción reflejan la falta de cuidados como podas, fertilización o control de plagas y malezas en estas plantaciones, destacando el hecho que fueron establecidas originalmente como bancos genéticos y no como huertos frutícolas.

Realizar plantaciones con árboles injertados aumenta la producción de piñas, alcanzando 3.600 Kg/ha con una densidad de 120 árboles/ha, con una producción de 100-120 piñas/árbol, las que tienen un peso medio de 300-350 g (ANSUB, 2008).

Mutke *et al.* (2003a) indican que la floración de pino piñonero injertado sobre la misma especie aumenta de manera progresiva los tres primeros años para aumentar considerablemente los siguientes, alcanzando en promedio 6,7 flores por ramet 4 años después del injerto. Un banco clonal de 593 ramets establecido a 3 x 3 m, produjo una media de 1.925 piñas, o 387 Kg de piña entre los 4 y 8 años desde la plantación. Los autores observaron una relación directa entre los Kilogramos de piña cosechados y el diámetro del fuste por encima del injerto, por su mayor relación con el tamaño de copa, pero la altura del punto de injerto no influyó significativamente en el comportamiento productivo. El tamaño del árbol y la competencia con otros árboles son los factores más influyentes en la producción de piña.

Mutke *et al.* (2007b) compararon la entrada en producción de cuatro bancos clonales de pino piñonero, estudiando la pauta de sus cosechas mediante un proceso reiterativo, introduciendo en cada paso la media móvil de los residuos del ajuste anterior entre los vecinos más cercanos como covariable adicional en el modelo. El estudio destaca que la producción individual de piña depende del tamaño del árbol; los resultados, al igual que Mutke *et al.* (2007a), muestran que la entrada en producción en los cuatro casos ocurre a partir de los 4-6 años del injerto, mostrando un incremento medio de una piña cada dos años, no difiriendo las tendencias entre bancos significativamente.

La variación entre cosechas se debió principalmente al desigual número de estróbilos femeninos formados y polinizados, siendo la tasa de supervivencia hasta la cosecha como piña madura siempre superior al 80% (Mutke *et al.*, 2007a; 2007b).

Tres bancos superaron en la cosecha 2005/06 las 7 piñas/árbol, y el banco 4, más reciente, 4 piñas/árbol. Sin embargo, la maduración de esta última cosecha, la mayor hasta el momento, coincidió con el año meteorológico extremadamente caluroso y seco del 2005 (<250 mm), que causó anomalías en muchos pinos injertados. El resultado de esta sequía fue una considerable reducción del peso medio de la piña ($\pm 0,2$ Kg/piña), casi la mitad comparado con el año anterior, lluvioso (>600 mm), y muy por debajo de años normales; lo anterior permite concluir que el peso medio de piña en cada cosecha invernal en los 3 bancos, guarda una relación lineal directa con la precipitación del año anterior ($r=0,98$) (Mutke *et al.*, 2007a; 2007b).

Por otro lado, las diferencias ambientales fueron la fuente de variación más influyente sobre el tamaño del árbol, por sobre el factor clonal y las correlaciones espaciales. La correlación genética del peso medio ajustado de piña de cada clon, estimado para los cuatro bancos en un modelo conjunto, con el valor de mejora clonal de productividad ajustada fue positiva. En muestras anuales el peso de la piña también mostró correlaciones fenotípicas positivas con el peso medio del piñón y el rendimiento proporcional en piñón (Mutke *et al.*, 2007b).

En Portugal se ha observado en una plantación injertada de 11 años, una producción de 80 piñas/árbol. En Tordesillas, España, un huerto establecido a 4 x 4 m obtuvo a los 14 años una producción de 2.300 Kg de piña/ha/año (Loewe y González, 2012).

Abellanas (1990) evaluó la aplicación de giberelina sobre la inducción floral de plantas injertadas (sobre *P. halepensis* y *P. pinea*), observando que los tratamientos hormonales no resultaron efectivos en el aumento de la floración en ninguno de los grupos considerados. Observó también que el injerto de *P. pinea* puede empezar a producir flores femeninas al año siguiente de realizado; que flores masculinas no se observan en injertos en los 5 primeros años; que la floración aumenta con la edad; que los injertos sobre patrones de *P. pinea* y *P. halepensis* no mostraron diferencias significativas en su floración y tampoco el método de injertado (sustitución de yema terminal y de sección) es decisivo en el número de flores por injerto.

⁸ Ramet: conjunto formado por patrón e injerto. En los injertos, las púas procedentes del mismo individuo darán lugar a tantos ramets como patrones se utilicen para ese clon (Castaño *et al.*, 2004)

CAPÍTULO 5. POTENCIAL DE DESARROLLO DEL CULTIVO EN CHILE

En este capítulo se presentan finalmente antecedentes relacionados con el potencial de la especie en Chile, tanto en su distribución como en su impacto social, analizado desde el punto de vista del índice de desarrollo humano, de una evaluación social y de una evaluación económica a nivel privado, bajo diferentes escenarios.



ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO EN CHILE

Alberto Ávila C., Claudia Delard R. y Verónica Loewe M.

El pino piñonero, como ya mencionado, es originario de la cuenca mediterránea; sus bosques más extensos se sitúan en la Península Ibérica, donde supera medio millón de hectáreas, es decir, tres cuartas partes de su distribución total. En su área de origen, destaca por su papel colonizador y estabilizador de suelos con perfiles incipientes o erosionados, especialmente en arenales costeros y continentales, y por el aprovechamiento de los piñones, recolectados desde el Paleolítico, y aún hoy el principal producto de sus pinares (Thirgood, 1981; Prada *et al.*, 1997; Gil, 1999; Badal, 2001).

En Chile, la especie fue introducida como ornamental hace más de un siglo por inmigrantes europeos (españoles e italianos), utilizándose posteriormente en la estabilización de dunas costeras, control de erosión y como sombra para ganado. Presenta múltiples atractivos, dadas sus características de producción de madera y, sobre todo, por producir uno de los frutos secos más de más valor del mercado (Loewe y González, 2007; Soto *et al.*, 2008), características que la convierten en una opción de cultivo interesante para pequeños y medianos propietarios y campesinos que requieren obtener ingresos anuales. A la vez permitiría crear valor al rubro de la fruticultura mediante la generación de un nuevo producto factible de ser producido en terrenos pobres, erosionados y con una relativa baja disponibilidad hídrica respecto a los cultivos tradicionales empleados en la fruticultura; incluso se considera factible que Chile pueda certificar los piñones como producto orgánico, dadas las características de su cultivo y procesamiento, y la ausencia de plagas endémicas de sus países de origen, evitándose fumigaciones.

Por esto, el Instituto Forestal de Chile (INFOR) realizó el año 1998 un estudio sobre áreas potenciales para su cultivo en el país, que identificó 1,3 millones de hectáreas disponibles en terrenos desocupados, considerando, entre otras, una altitud límite de 1.000 msnm (Loewe y González, 2003). Más recientemente, Ávila *et al.* (2012a) actualizaron las zonas potenciales para su crecimiento en Chile entre las Regiones de Coquimbo por el norte (29° 10' LS y 71° 30' LO) y la Araucanía (39°24' L S y 73°15' LO) por el sur. En esta oportunidad se consideraron también antecedentes de formaciones de la especie existentes en dicha área, y un límite altitudinal hasta 2.000 msnm, dada la plasticidad y rusticidad observadas.

Se empleó una metodología similar a la presentada por Dengiz *et al.* (2010) para determinar zonas apropiadas para plantaciones forestales; inicialmente se trabajó con un área piloto correspondiente a la Región del Bio Bio, considerada por expertos como una de las mejores para el desarrollo de la especie (Mutke, 2009), que se extiende desde el Océano Pacífico hasta la cordillera de Los Andes entre los paralelos 36° 01' y 38° 28' LS, y luego se replicó a las demás regiones estudiadas. La información disponible para procesar en el Sistema de Información Geográfico (SIG) ArcGis v9.3.1¹, correspondió a las siguientes coberturas (layers): Información agroclimática (Cuadro 43); temperaturas mínimas absolutas (datos mensuales y media anual) y antecedentes del suelo (Cuadro 44). Estas coberturas digitales provienen de estudios a escala regional (1:500.000), por lo que los antecedentes aportados son válidos en ese ámbito, pudiendo ser inexactos a una escala más detallada.

Cuadro 43. Atributos de cobertura digital agroclimática

Campo	Descripción	Unidad
HR_ANUAL	Humedad relativa anual	%
HR_OCT_MAR	Humedad relativa octubre a marzo	%
PLH	Período libre de heladas	días
TOT_MSECOS ¹	Total meses secos	meses
PP_ANUAL	Precipitación promedio anual	mm

¹ Meses secos según la definición dada por CORFO-UACH (1987), corresponde al mes en que la precipitación es igual o menor que el 50% de la evapotranspiración potencial.

Campo	Descripción	Unidad
PP_OCT_MAR	Precipitación octubre a marzo	mm
PP_SEP_NOV	Precipitación septiembre a noviembre	mm
PP_DIC_FEB	Precipitación diciembre a febrero	mm
PP_SEP_FEB	Precipitación septiembre a febrero	mm
TOTAL_HELA	Total heladas	días
SH_OCT_MAR	Sin heladas octubre a marzo	días
TMED_ANUAL	Temperatura media anual	°C
TM_DIC_FEB	Temperatura media diciembre a febrero	°C
ENE_TMIN	Temperatura mínima promedio enero	°C
FEB_TMIN	Temperatura mínima promedio febrero	°C
MAR_TMIN	Temperatura mínima promedio marzo	°C
ABR_TMIN	Temperatura mínima promedio abril	°C
MAY_TMIN	Temperatura mínima promedio mayo	°C
JUN_TMIN	Temperatura mínima promedio junio	°C
JUL_TMIN	Temperatura mínima promedio julio	°C
AGO_TMIN	Temperatura mínima promedio agosto	°C
SEP_TMIN	Temperatura mínima promedio septiembre	°C
OCT_TMIN	Temperatura mínima promedio octubre	°C
NOV_TMIN	Temperatura mínima promedio noviembre	°C
DIC_TMIN	Temperatura mínima promedio diciembre	°C
TMIN_ANUAL	Temperatura mínima promedio anual	°C

Cuadro 44. Atributos de cobertura digital de suelos

Campo	Descripción
FIS	Fisiografía
TOP	Topografía
TEXTURA	Textura
DRE	Drenaje (bueno, moderado, malo)
PH1	pH H ² O
PH2	pH KCl

En la determinación de las condiciones ecológicas de crecimiento de la especie se utilizó la información de Loewe *et al.* (1998) y Mutke (2009), quien indicó más de treinta parámetros para la especie con sus respectivos umbrales (límites inferiores y superiores) provenientes de estudios sobre la especie en España (Gandullo y Sánchez-Palomares, 1994); algunos parámetros se ajustaron con antecedentes empíricos provenientes de plantaciones establecidas en Chile, realizando un análisis de correspondencia entre parámetros dasométricos medidos y características de los sitios. De esta forma se establecieron los requerimientos ecológicos para su establecimiento, considerando la información disponible en Chile, que es limitada (Cuadro 45).

Cuadro 45. Requerimientos ecológicos para *Pinus pinea*

Parámetro	Valor
Temperatura media anual	Entre 10,4 y 19,0 °C
Temperatura mínima absoluta	Igual o superior a -12°C
Precipitación media anual	Entre 250 y 1.800 mm
Precipitación de primavera	Entre 95 y 356 mm
Precipitación de verano	Entre 12,1 y 198 mm
Meses secos anuales	Máximo 8

Para procesar la información en el SIG se consideraron los parámetros del Cuadros 45; al cruzar todos los parámetros (overlay) se generó un mapa preliminar de zonas aptas y no aptas en la región piloto, al que se agregó una cobertura de puntos prospectados (plantaciones, bosquetes o árboles aislados de la especie), georeferenciados, de los que una cantidad importante cayó dentro de la zona definida preliminarmente como no apta (Cordillera de la Costa). El principal parámetro que influyó en la definición de zona no apta correspondió a la textura del suelo arcillosa; a partir de este análisis y dado que no se cuenta con información de suelos más precisa (como porcentaje de arcilla) se decidió no considerar esta restricción, generándose una nueva cartografía.

Además, dentro de las zonas aptas se establecieron clases de potencialidad, al igual que Ruiz-Peinado *et al.* (2009) y Pérez *et al.* (2009), correspondientes a zona apta de protección ambiental y producción frutal baja, media y alta; los parámetros usados para clasificar la producción potencial de frutos se presentan en el Cuadro 46.

Cuadro 46. Parámetros y categorías de potencialidad para *Pinus pinea*

Categoría de Zona Potencial	Precipitación (mm)		
	Anual	Primavera	Verano
Protección ambiental	≥ 250 - 350	-	-
Producción frutal Baja	351 - 600	95 -165	12 - 68
Producción frutal Media	601 - 800	166 - 227	69 - 127
Producción frutal Alta	801 - 1800	228 - 356	128 - 198

Estos parámetros se modelaron en el SIG y los resultados se reflejan en la cartografía final regional (Anexo 3). Dentro de la zona apta en Bio Bio, la única categoría que no aparece reflejada es «protección ambiental», ya que en esta región no se registran precipitaciones que determinen este rango.

Para ajustar la superficie potencial dentro de las zonas aptas, se descontaron los polígonos correspondientes a principales zonas urbanas, áreas incluidas en el Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), así como cuerpos de agua importantes, es decir, todas aquellas superficies que por motivos físicos o legales no podrían ser plantadas, obteniéndose las zonas potenciales finales. Cabe destacar que éstas consideran áreas actualmente destinadas a otros cultivos o plantaciones forestales.

Finalmente, en todas las regiones estudiadas se estableció el área potencial considerando la aplicación de riego, es decir un escenario en que las precipitaciones dejan de ser limitantes, estableciendo dos categorías para producción frutal, «apta» y «no apta»; en este caso también se realizaron los descuentos ya indicados. Al replicar la metodología empleada en la Región del Bio Bio al resto del área, se obtuvo la cartografía final de zonas potenciales para *Pinus pinea* según distintas categorías de producción (Figura 164, Cuadro 47), y la cartografía considerando riego (Figura 165, Cuadro 48).

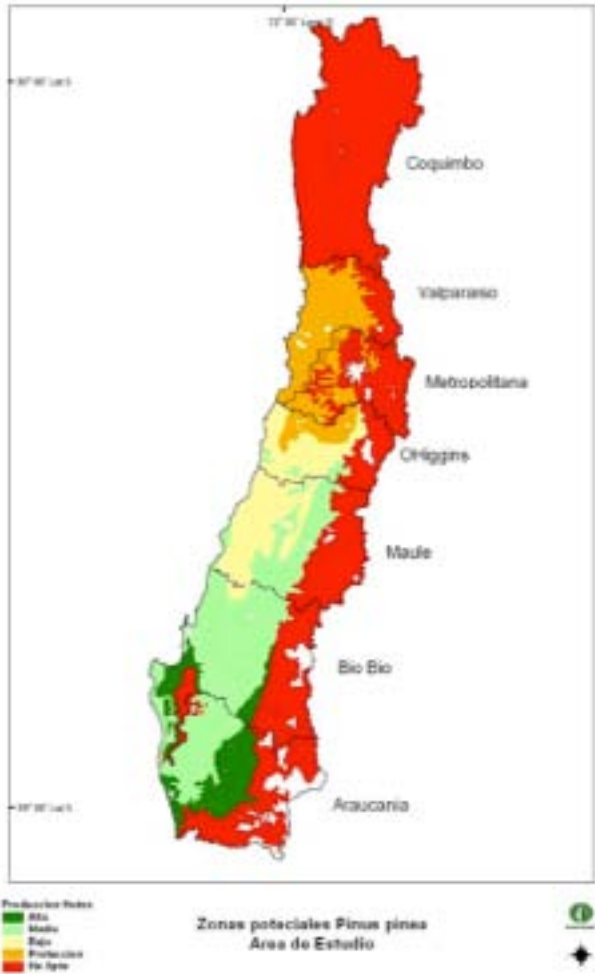


Figura 164. Zona potencial para producción de frutos de *Pinus pinea* en el área de estudio

Cuadro 47. Superficie potencial para *Pinus pinea* sin riego

Región	Protección Ambiental	Producción de Frutos			Total (ha)
		Baja	Media	Alta	
Valparaíso	1.143.496	0	0	0	1.143.496
Metropolitana	500.324	0	0	0	500.324
O'Higgins	326.320	718.421	97.504	0	1.142.245
Maule	0	1.075.984	857.052	0	1.933.036
Bio Bio	0	67.050	1.860.227	404.438	2.331.715
Araucanía	0	0	828.992	786.232	1.615.224
Total (ha)	1.970.140	1.861.455	3.643.775	1.190.670	8.666.040

Cuadro 48. Superficie potencial para *Pinus pinea* con riego, por región

Región	Superficie Potencial con Riego (ha)
Coquimbo	285.490
Valparaíso	1.180.470
Metropolitana	765.775
O'Higgins	1.142.245
Maule	1.933.036
Bio Bio	2.331.715
Araucanía	1.615.225
Total	9.253.956



Figura 165. Zona potencial para *Pinus pinea* con riego en el área de estudio

La Región del Bio Bio concentra la mayor superficie potencial para producción de piñas, con 27% del total. En cuanto al nivel productivo frutal, la producción potencial media representa el 42% de la superficie total; la categoría alta de producción se concentra en las Regiones del Bio Bio y Araucanía; las Regiones de Valparaíso y Metropolitana solo presentan superficie potencial para protección ambiental, y la región del extremo norte, Coquimbo, no presenta superficie potencial para la especie sin riego.

Considerando riego, la zona potencial apta para piñonero se incrementa en 587.916 ha, principalmente por su efecto en las regiones septentrionales (Coquimbo, Valparaíso, y Metropolitana). La Región del Bio Bio concentra, al igual que sin riego, la mayor superficie potencial con riego (25% del total).

En síntesis, el territorio chileno cuenta con una gran potencialidad edafoclimática para el cultivo del pino piñonero, existiendo una superficie sin riego superior al millón de hectáreas con alta potencialidad productiva, concentrada en las regiones meridionales (Bio Bio y Araucanía); y más de 3,5 millones de ha para una producción media de frutos. Adicionalmente, la especie también reviste interés desde el punto de vista de protección ambiental, objetivo con el que podrían establecerse casi 2 millones de ha.

En cuanto a la superficie potencial considerando riego, se registra un aumento del 6,8% comparado con la situación sin riego, principalmente en las regiones del norte del área de estudio. Aun cuando esta cartografía es de utilidad, se debe considerar como referencial dada la escala de trabajo utilizada, por lo que se recomienda hacer un estudio a nivel del predio y micrositio antes de decidir su establecimiento.

IMPACTO SOCIAL DEL CULTIVO

Alberto Ávila C., Verónica Loewe M. y Claudia Delard R.

En Chile existen aún suelos improductivos o sub utilizados, muchos de ellos en manos de pequeños y medianos propietarios, que requieren de ingresos anuales para su sustento. El cultivo del pino piñonero es una alternativa productiva de interés, por tratarse de una especie multipropósito (Calama *et al.*, 2007a) que genera madera, leña, sombra para el pastoreo, ocio y recreación (ornamental), y protege los suelos (Figura 166); sin embargo la producción anual de frutos es la de mayor relevancia económica, -su piñón es un fruto seco muy apreciado, entre los más caros a nivel mundial-, siendo la única especie mediterránea del género que produce un fruto comestible. Gracias a esta característica posee un amplio mercado, significativo para la economía rural (Barranco y Ortuño, 2004) por lo que ciertamente el mejoramiento de su productividad contribuiría a frenar el éxodo rural.



Figura 166. Plantación de 28 años en Cahuil (Región de O'Higgins, Chile) establecida para proteger suelos erosionados

Adicionalmente, Campos *et al.* (2011) indican que las producciones económicas no madereras y ambientales (hongos, carbono, servicios recreativos, paisaje y biodiversidad) superarían la producción comercial.

Süliusoglu (2004) evaluó el impacto social del cultivo de pino piñonero en Turquía, región del Kozak, concluyendo que la especie permite su uso en sistemas silvopastorales que permiten que animales pasten bajo los árboles, en los cuales los excrementos sirven de fertilización orgánica, promoviendo el crecimiento. Trap (1993) indica que en estos sistemas se deben proteger los árboles de los animales durante los primeros 5 años; los animales más tarde van a pastorear en las áreas sombreadas que producen mejores pastos, y a la vez se obtiene carne y lana de calidad. En una experiencia realizada en el sur de Chile, Región del Bio Bio, se incorporaron ovejas al segundo año de la plantación, con daños mínimos y muy buen resultado (Figura 167).



Figura 167. Incorporación de ovejas en plantación de 2 años (El Carmen, Región del Bio Bio, Chile)

El cultivo del pino piñonero en áreas rurales desfavorecidas, que necesitan estímulos económicos, puede originar importante beneficios (Peterson, 2007). Estos beneficios incluyen el desarrollo económico local por varias vías: La venta directa de piñas o piñones, la compra de bienes y servicios, y en forma intermedia la compra de otros bienes y servicios a proveedores de otros sectores de la economía; adicionalmente se incrementa el empleo y el ingreso, elevando el poder adquisitivo, que a su vez activa la economía.

Con el objetivo de disponer de una herramienta útil para la planificación de instrumentos públicos, se vinculó la información cartográfica de las áreas potenciales para su cultivo con antecedentes socioeconómicos, específicamente el índice de desarrollo humano (IDH) (PNUD-MIDEPLAN, 2000) para cada comuna del país (Ávila *et al.*, 2012b). El IDH es un indicador interesante ya que resume el logro en Desarrollo Humano de cada país, región o comuna, en tres dimensiones: Salud, educación e ingresos; permitiendo identificar, comparar y analizar las unidades, siendo posible orientar estrategias para mejorar el desarrollo humano en forma integral. El informe propone una visión que resalta las determinantes sociales y condicionantes estructurales del bienestar subjetivo, como tener las necesidades materiales cubiertas, gozar de buena salud y contar con vínculos significativos. El bienestar subjetivo es entendido de modo integral, como una evaluación favorable de la vida personal y social. Ocupando métodos cualitativos, cuantitativos y experimentales, el informe muestra que en un nivel socioeconómico bajo los estereotipos discriminatorios y la falta de oportunidades de participación pueden deteriorar el bienestar subjetivo de los chilenos (Calvo, 2012).

Primero se vincularon los valores del IDH a la cartografía digital comunal para todas las regiones del área de estudio (Coquimbo a Araucanía). Como el informe data del 2000, se realizaron ajustes en las comunas nuevas (San Pedro de la Paz y Chiguayante en la región del Bio Bio y Padre Las Casas, en la de La Araucanía). Los valores de IDH se estratificaron en cinco categorías (Cuadro 49).

Cuadro 49. Categorías de Índice de Desarrollo Humano

Rango IDH	Categoría	Código
0,000 - 0,639	Muy bajo	MB
0,640 - 0,669	Bajo	B
0,670 - 0,695	Medio	M
0,696 - 0,725	Alto	A
> 0,725	Muy alto	MA

Posteriormente, en el Sistema de Información Geográfico (SIG) se cruzó la información de IDH comunal con la cartografía digital de las zonas potenciales, enlazándose los antecedentes de productividad potencial de frutos de la especie con el IDH. Asimismo se establecieron criterios de prioridad, combinando el IDH con la productividad de piñones sin riego, de manera que aquellos sectores que poseen un IDH menor y una productividad frutal mayor resultan más prioritarios (Cuadro 50).

El análisis efectuado permitió obtener las superficies potenciales clasificadas según su prioridad IDH/Productividad por región administrativa (Cuadro 51); la Región de Coquimbo no aparece, porque no presentó zonas aptas para su cultivo productivo sin riego.

Cuadro 50. Criterios de prioridad

Prioridad	Categoría IDH	Productividad
1	Muy bajo	Alta
2	Muy bajo	Media
3	Muy bajo	Baja
4	Bajo	Alta
5	Bajo	Media
6	Bajo	Baja
7	Medio	Alta
8	Medio	Media
9	Medio	Baja
10	Alto o Muy alto	Alta
11	Alto o Muy alto	Media
12	Alto o Muy alto	Baja
13	Muy bajo o Bajo	Protección ambiental
14	Alto o Muy alto	Protección ambiental

Cuadro 51. Superficie potencial para pino piñonero según prioridad y región

Prioridad	Región						Superficie Total (ha)
	Valparaíso	Metropolitana	O'Higgins	Maule	Bio Bio	Araucanía	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	204.186,3	348.286,9	552.473,2
2	0,0	0,0	45.504,5	221.464,7	915.442,4	627.874,8	1.810.286,4
3	0,0	0,0	149.050,7	374.080,0	43.092,4	0,0	566.223,1
4	0,0	0,0	0,0	0,0	151.625,9	280.650,6	432.276,5
5	0,0	0,0	19.477,6	417.475,1	544.374,8	183.452,2	1.164.779,7
6	0,0	0,0	232.890,1	558.381,5	23.957,5	0,0	815.229,1
7	0,0	0,0	0,0	0,0	46.005,0	90.359,4	136.364,4
8	0,0	0,0	0,0	149.568,3	120.264,4	120,3	269.953,0
9	0,0	0,0	187.788,0	115.199,4	0,0	0,0	302.987,4
10	0,0	0,0	0,0	0,0	2.620,9	66.934,6	69.555,5
11	0,0	0,0	32.522,4	68.543,8	280.145,0	17.545,8	398.757,0
12	0,0	0,0	148.692,6	28.323,0	0,0	0,0	177.015,6
13	140.280,0	47.624,9	13.328,7	0,0	0,0	0,0	201.233,6
14	1.003.216,6	452.698,4	312.991,1	0,0	0,0	0,0	1.768.906,1
Total	1.143.496,6	500.323,3	1.142.245,7	1.933.035,8	2.331.714,6	1.615.224,6	8.666.040,6

Dentro del área de estudio, la Araucanía concentra la mayor superficie (348.287 ha) con prioridad 1, Bio Bio la prioridad 2, y el Maule la tercera. Resalta que la superficie con prioridades 1 y 2 supera 2,3 millones de hectáreas, lo que constituye a este cultivo como una alternativa productiva de alta potencialidad no solo desde el punto de vista productivo y económico, sino también social. El detalle de las superficies por región, comuna y prioridad se presenta en Anexo 4. La Figura 168 muestra los resultados cartográficos, representando los colores verdes oscuros las áreas de mayor prioridad y los café aquellas de menos prioritarias.

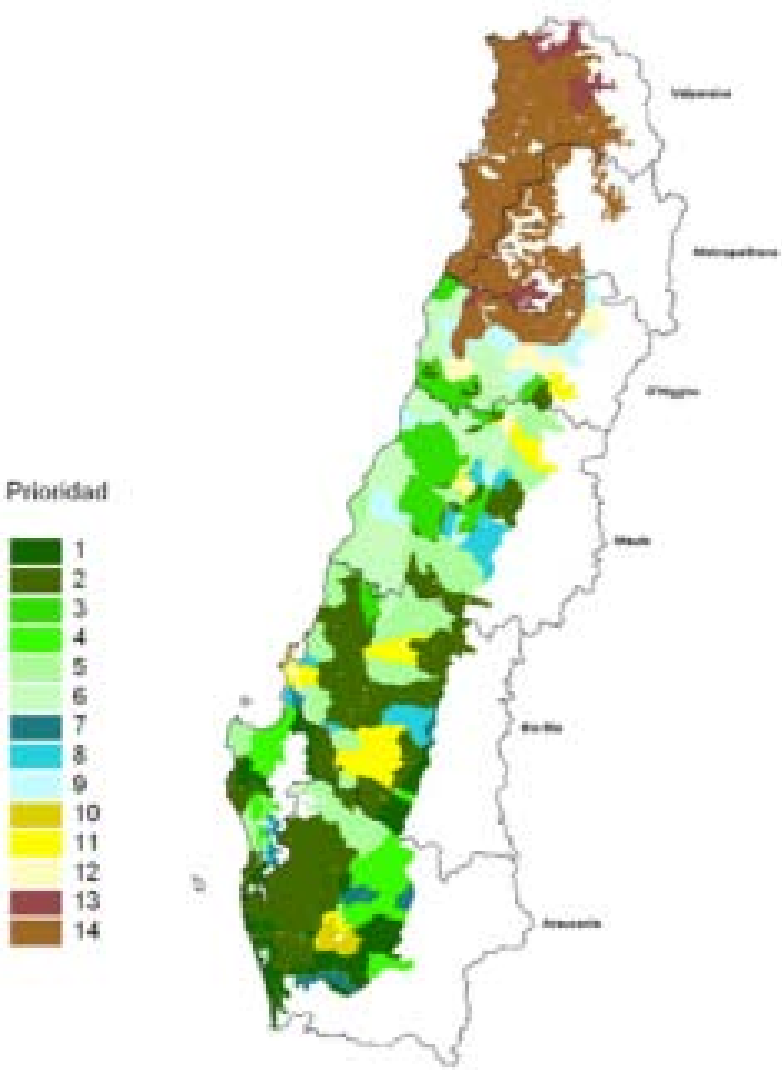


Figura 168. Representación cartográfica del impacto socioeconómico del cultivo de pino piñonero considerando aspectos productivos y de desarrollo humano

Las zonas con las prioridades más altas, como se indicó anteriormente, se concentran en las sureñas regiones de La Araucanía y Bio Bio, mientras que las menores prioridades se ubican en las regiones de Valparaíso y Metropolitana, lo que se explicaría por las condiciones ambientales, ya que hacia el norte del país existen limitantes físicas a la capacidad productiva de la especie, principalmente la disponibilidad hídrica, que aún cuando su requerimiento es inferior a la de la mayoría de los frutales conocidos en Chile, presenta ciertos límites que reducen drásticamente su productividad.

Se concluye que existen importantes superficies en las que el cultivo de la especie representaría un impacto positivo, tanto a nivel económico como social, incrementando variables que definen el desarrollo humano, por lo que beneficiarían en forma directa a la población de numerosas comunas, en especial de varias de reconocida pobreza y retraso, como Lumaco, Yumbel y Trehuaco, entre otras.

Dadas las características de la especie, su cultivo sería un aporte para tres de los cuatro objetivos del desarrollo sustentable, en especial la reducción de la extrema pobreza, sustentabilidad ambiental e inclusión social (Helliwell *et al.*, 2012), a través del incremento del ingreso, la generación de empleos y el desarrollo de la cadena productiva.

En el caso del Kozak, la situación económica general mejoró y los empleos aumentaron progresivamente a medida que se desarrolló el cultivo de la especie, lo que se vio reflejado en un mayor poder adquisitivo, en la adquisición del hábito de tomar vacaciones fuera del área y en una mayor actividad cultural. Este desarrollo socioeconómico creó una cohesión social no vista en otras zonas del país, reflejada en el desarrollo de cooperativas comerciales que incluso procesan y venden piñones como productos ecológicos (Sülüsoglu, 2004), a lo que se sumó una mejor relación pública con los bosques (Bilgin *et al.*, 2000).

Entre las barreras para el cultivo de la especie, Campos *et al.* (2011) mencionan la disponibilidad de agua y los derechos de agua; la producción variable debida a la vecería, y el cambio climático; y entre las ventajas, su resistencia a zonas semiáridas, el alto contenido proteico de sus semillas, su adaptabilidad a muchos tipos de suelo, el daño limitado por fauna, un mejor uso de zonas áridas que el logrado con crianza de ganado considerando ingreso derivado de proteínas, y la baja incidencia de plagas y enfermedades.

Si se considera la certificación y posterior comercialización de los piñones, como producto orgánico, Chile presenta características naturales que podrían respaldar una marca de producción orgánica nacional (OAJ, 2009), además de la ventaja de la contra estación respecto a los mercados demandantes, que por su lejanía determinan superiores costos de transporte y una mayor huella de carbono.

Akca *et al.* (2010) observaron efectos ambientales y socio económicos positivos de la forestación de dunas con pino piñonero y otras especies, reflejados en cambios en la calidad del suelo (acumulación de 190 Kg/ha de fosfato y 4% de materia orgánica) e incremento en el ingreso de la población por la comercialización de madera y piñones, después de 35 años, encontrándose que es una especie apta para recuperar suelos marginales en zonas mediterráneas costeras de Anatolia.

Esta información se considera valiosa para fomentar el cultivo de la especie, por ejemplo estableciendo mayores bonificaciones a la forestación en determinados sectores para su inclusión en sistemas agroforestales (Figura 169) o silvopastorales; para su consideración en otros instrumentos vigentes actualmente o para diseñar políticas públicas orientadas al desarrollo integral de importantes zonas de Chile.



Figura 169. Sistema agroforestal de pino piñonero de dos años asociado a cultivos anuales desde su establecimiento, en este caso papas (El Carmen, Región del Bio Bio, Chile)

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO EN CHILE

Evaluación Económica Privada

Verónica Loewe M., Claudia Delard R. y Andrea Álvarez C.

Con el objetivo de cuantificar los resultados económicos del cultivo del pino piñonero para producir piñones o madera y piñones, a continuación se presentan evaluaciones de dos modelos. El primero considera el empleo de plantas injertadas y manejo intensivo, incluyendo riego, y el segundo plantas sin injertar y manejo semi intensivo, sin riego. En ambos casos se evalúan dos escalas, una pequeña (1 ha) y otra mediana (200 ha), para simular la conveniencia de la inversión para diferentes actores, en ambos casos con y sin bonificación².

Las evaluaciones presentadas, si bien se basan en antecedentes obtenidos de una extensa recopilación bibliográfica, corresponden a ejercicios de simulación, ya que en Chile no existen plantaciones o huertos que permitan verificar los supuestos a lo largo de una rotación completa. En consideración a ello se consideraron diferentes niveles productivos, con el escenario más probable y una sensibilización por sobre y debajo del mismo.

Con manejo semi intensivo, que incluye poda, raleo, fertilización y limpiezas anuales, pero sin riego, se considera que se manifieste añerismo, con una producción buena cada tres años, seguidos de dos años con una baja del 50%. Con riego anual se prevé solamente un aumento de la producción y la desaparición del añerismo; aún cuando el riego produce un aumento del peso de la piña, para efectos de esta evaluación se considera que éste se mantiene en 333 g, a fin de presentar un escenario conservador.

Posteriormente, y para contar con un nivel de seguridad mayor respecto de la rentabilidad estimada en huertos, se modeló un nuevo escenario que considera el mismo nivel productivo que en plantaciones sin injertar, sin añerismo y un mayor peso de las piñas, factor no considerado anteriormente. En este caso se asume un peso medio de 580 g/piña, según lo reportado por Bono y Aleta (2011) (corresponde al peso medio de piñas obtenidas con diferentes tratamientos de riego, y no el máximo, que llega a 616 g/piña, por lo que la ganancia podría ser aún superior).

Un resumen de los esquemas de manejo adoptados para ambas situaciones se presenta en los Cuadros 52 y 53. Los costos de las diferentes faenas se presentan en el Cuadro 54. En el caso de la mayor escala de plantación, se incluyen en forma adicional la adquisición inicial de un vehículo y su reposición cada 6 años; la construcción de un galpón; la cosecha mecanizada en parte de la rotación; y un ahorro por concepto de economía de escala en la construcción de cerco. Las producciones consideradas se aprecian en los cuadros 55 (plantaciones) y 56 (huertos).

Cuadro 52. Esquemas de manejo para huertos manejados intensivamente

Edad	Actividad
0	Establecimiento de plantas injertadas con control de malezas pre y pos plantación, preparación de suelo (subsolado), fertilización, plantación 286 árb/ha (7 x 5 m), instalación riego tecnificado
1 a 60	Control de malezas, riego y fertilización
5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55	Poda
25	Raleo (extracción 50% de los árboles)

² Se consideró la bonificación existente a mayo del 2012 correspondiente al D.L. 701 de Fomento a la Forestación.

Cuadro 53. Esquemas de manejo para plantaciones manejadas semi intensivamente

Edad	Actividad
0	Establecimiento con control de malezas pre y pos plantación, preparación de suelo (subsolado), fertilización, plantación 286 árb/ha (7x 5 m), riego manual durante 8 primeros años
1 a 8	Control de malezas, riego y fertilización
9 a 60	Fertilización
5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55	Poda
25	Raleo (extracción 50% de los árboles)

Cuadro 54. Costos de establecimiento y manejo para plantaciones y huertos de pino piñonero

Actividad	Rendimiento	Unidad	Valor Unitario	Unidad Valor Unitario	Costo (\$/ha)
Control malezas pre-plantación					50.138
Mano de obra	1	jorn/ha	15.000	\$/jorn	15.000
Roundup	3	l/ha	4.000+iva	\$/L	14.280
Gezatop 90 WG (Simazina)	3	Kg/ha	6.683+iva	\$/Kg	23.858
Control malezas pos-plantación					74.776
Mano de obra	2	jorn/ha	15.000	\$/jorn	30.000
Roundup	7	l/ha	4.000+iva	\$/l	33.320
Aliado	0,08	Kg/ha	5.728	\$/40 g	11.456
Control malezas manual					60.000
Mano de obra	4	jor/ha	15.000	\$/jorn	60.000
Riego					
Instalación riego tecnificado		1	1.500.000	\$/ha	1.500.000
Mantención sistema de riego y electricidad			100.000	\$/ha	100.000
Riego manual	6	jor/ha	15.000	\$/jorn	90.000
Cerco	1.397.925	\$/Km			
Jornadas	12	jorn/ha	15.000		144.000
Malla Ursus 6 hebras	1	\$/100 m	40.000+iva		47.600
Postes	133	\$/ha	1.690		224.770
Plantación					
Distribución plantas	0,5	jorn/ha	15.000	\$/jorn	6.000
Mano de obra	6	jorn/ha	15.000	\$/jorn	90.000
Plantas injertadas	286	pl/ha	2.500	\$/planta	715.000
Plantas sin injertar	286	pl/ha	250	\$/planta	114.400
Subsolado tractor agrícola	1	jorn/ha	60.000	\$/ha	60.000
Fertilización					
Mano de obra	450	pl/jor	15.000	\$/jorn	según edad
Fertilizantes (NPK) hasta 14 años	150	g/planta	2,2	\$/g	96.096
Fertilizantes desde 15 años	250	g/planta	2,2	\$/g	según edad
Poda					
Poda de producción hasta 24 años	100	pl/jor	15.000	\$/jorn	42.900
Poda de producción desde año 25	75	pl/jor	15.000	\$/jorn	28.600
Raleo					
Costo raleo año 25 a 143 árboles				\$/ha	90.000

Actividad	Rendimiento	Unidad	Valor Unitario	Unidad Valor Unitario	Costo (\$/ha)
Insumos					
Gorguz			20.000	\$/unidad	según edad
Sacos			150	\$/unidad	según edad
Cosecha					
Cosecha manual	600	piñas/h	15.000	\$/jorn	según edad
Cosecha mecanizada	50	€/h	60	arb/h	según edad
Recolección piñas	3.200	Kg/jor	15.000	\$/jorn	según edad
Elaboración Piñón con cáscara					
Línea de producción	100.000	€			63.000.000
Mantención línea	5.000	€/año	1	año	3.150.000
Operación	0,05	€/Kg piña			según edad
Almacenamiento					
Almacenamiento para 1 ha	1.900.000+iva	Container 20'			2.261.000
Almacenamiento para 200 ha	40.000.000	Galpón 20x30x6 m			40.000.000
Movilización					
Inversión movilización					12.000.000
Combustible y otros	1.000.000	\$/año	1	año	1.000.000
Reposición movilización			c/6 años		6.000.000
Gastos Generales					
Administración	5.000	\$/mes	12	meses/ha	60.000
Imprevistos		\$/año	20.000	\$/ha	20.000
Consumos básicos	10.000	\$/mes	12	meses/ha	120.000

Los precios de venta considerados corresponden a: piñas, € 0,4; 0,5 y 0,6/Kg piña; según UNAC (2011) el precio medio de venta de piña es de € 0,56/Kg, y en Chile durante el 2012 se recibieron ofertas sobre € 0,5/Kg puesto en predio, por lo que ese valor se considera como el esperado. En cuanto a los piñones con cáscara, se simulan precios de € 4; 5 y 6/Kg, considerados como posibles según las tendencias del mercado europeo; y un valor de metro ruma de \$ 8.000/mr. Respecto a la bonificación, se consideran los ingresos indicados en el Cuadro 57.

No se consideraron otros ingresos como los derivados de la venta de residuos de la elaboración de los piñones (como bioenergía), para los cuales ya existen empresas interesadas en Chile. Tampoco se consideró la producción de otros bienes, tales como resina u hongos, ni servicios, como la fijación de carbono, tal como planteado por Ovando *et al.* (2008).

Cuadro 55. Producción de piñas proyectada en plantaciones

Edad	Piñas/árbol (N°)	Piña/ha (Kg)	Piñón Cc/ha (Kg)	Edad	Piñas/árbol (N°)	Piña/ha (Kg)	Piñón Cc/ha (Kg)
8	1	95	19	14	30	2.857	571
9	5	476	95	15	35	3.333	667
10	10	952	191	16 y 17	17,5	1.667	333
11	15	1.429	286	18	40	5.714	1.143
12	20	1.905	381	19 y 20	20	2.857	571
13	25	2.381	476	21	50	5.714	1.143

3 Se consideró valor del € de junio 2012 equivalente a \$ 630/unidad.

Edad	Piñas/árbol (N°)	Piña/ha (Kg)	Piñón Cc/ha (Kg)
22 y 23	25	2.857	571
24	60	5.714	1.143
25 y 26	30	1.429	286
27	70	3.333	667
28 y 29	35	1.667	333
30	75	3.571	714
31 y 32	37,5	1.786	357
33	80	3.810	762
34 y 35	40	1.905	381
36	90	4.286	857
37 y 38	45	2.143	429
39	100	4.762	952
40 y 41	50	2.381	476
42	110	5.238	1.048
43 y 44	55	2.619	524
45	120	5.714	1.143
46 y 47	60	2.857	571
48	130	6.191	1.238
49 y 50	65	3.095	619
51	140	6.667	1.333
52 y 53	70	3.333	667
54	150	7.143	1.429

Cuadro 56. Producción de piñas proyectada en huertos

Edad	Piñas/árbol (N°)	Piñas/ha (Kg)	Piñón Cc/ha (Kg)
3	1	95	19
4	5	476	95
5	10	952	190
6	20	1.905	381
7	30	2.857	571
8	40	3.810	762
9	50	4.762	952
10	60	5.714	1.143
11	70	6.667	1.333

Edad	Piñas/árbol (N°)	Piña/ha (Kg)	Piñón Cc/ha (Kg)
55 y 56	75	3.571	714
57	160	7.619	1.524
58 y 59	80	3.810	762
60	170	8.095	1.619
61 y 62	85	4.048	810
63	180	8.571	1.714
64 y 65	90	4.286	857
66	190	9.048	1.810
67 y 68	95	4.524	905
69	200	9.524	1.905
70 y 71	100	4.762	952
72	200	9.524	1.905
73 y 74	100	4.762	952
75	200	9.524	1.905
76 y 77	100	4.762	952
78	200	9.524	1.905
79 y 80	100	4.762	952

Edad	Piñas/árbol (N°)	Piñas/ha (Kg)	Piñón Cc/ha (Kg)
21	170	16.190	3.238
22	180	17.143	3.429
23	190	18.095	3.619
24	200	19.048	3.810
25	200	9.524	1.905
26	200	9.524	1.905
27	200	9.524	1.905
28	200	9.524	1.905

Edad	Piñas/árbol (N°)	Piñas/ha (Kg)	Piñón Cc/ha (Kg)
29	215	10.238	2.048
30	230	10.952	2.190
31	245	11.667	2.333
32	260	12.381	2.476
33	275	13.095	2.619
34	290	13.810	2.762
35-60	300	14.286	2.857

Cuadro 57. Ingresos por DL 701 de fomento a la forestación

Ítem	Bonificación mediano (\$/ha) propietario	Bonificación pequeño (\$/ha) propietario (75%)	Bonificación adicional pequeño (\$/ha) propietario (15%)
Forestación (\$/ha)	83.960	83.960	16.792
Subsolado a 40 cm (\$/ha)	40.023	40.023	8.005
Cerco (\$/km)	423.720	423.720	84.744
Primera poda		41.319	8.264
Asesoría		47.421	9.484
Total Bonificación	547.703	636.443	127.289

A continuación se presentan los resultados de las evaluaciones económicas realizadas (TIR y VAN al 6, 8 y 10%, según caso) para plantaciones y huertos a diferente escala (pequeña y mediana), considerando como productos piñas o piñón con cáscara. No se consideró la producción de piñón pelado debido al nivel de desarrollo tecnológico existente para el cultivo en el país.

Plantaciones

- Pequeño propietario (1 ha)

Piñas: Como se aprecia en el Cuadro 58, la rentabilidad es negativa para todos los casos a una tasa de 10%; positiva al 8% sólo en el escenario optimista de producción y precio; y positiva al 6% en el escenario optimista de producción en todos los casos de precios con bonificación, y con precio esperado y alto sin bonificación, y en el escenario esperado de producción en la situación de precio medio y alto con bonificación, y precio alto sin bonificación.

Cuadro 58. Indicadores de rentabilidad para producción de piñas
(a escala pequeña de 1 ha, en plantación sin injerto y sin riego, al 6, 8 y 10%)

		Precio piñas (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
+20%	10	-1.129.737	- 1.850.920	- 2.570.559	-516.811	- 1.237.925	-1.957.633
	8	305.336	- 828.412	- 1.955.934	944.544	-189.139	- 1.316.725
	6	3.492.349	1.552.519	-361.535	4.159.606	2.219.817	305.722
	TIR (%)	8,3	7,1	5,7	18,6	7,8	6,3
Esperada	10	-1.820.847	- 2.421.901	- 3.010.136	- 1.207.989	- 1.808.907	- 2.408.674
	8	- 776.736	- 1.721.606	-2.639.571	- 137.608	- 1.082.317	- 2.021.999
	6	1.655.423	- 1.509.639	- 1.509.639	2.322.585	706.155	- 888.985
	TIR (%)	7,2	6,0	4,8	16,7	6,6	5,2
-20%	10	-2.512.094	- 2.992.882	- 3.472.642	-1.899.174	- 2.379.885	-2.859.716
	8	-1.858.968	- 2.614.800	- 3.366.481	-1.219.782	- 1.975.453	-2.727.273
	6	-181.692	- 1.474.912	-2.750.948	485.492	-807.240	-2.083.692
	TIR (%)	5,9	4,8	3,7	14,7	5,3	4,0

Piñón Con Cáscara: La rentabilidad es positiva al 10% con un nivel productivo esperado y optimista, y con precio medio y superior, con o sin bonificación; en el escenario pesimista de producción la rentabilidad es positiva sólo con el mayor precio. Considerando una tasa del 8%, la rentabilidad es positiva cuando el nivel productivo es esperado u optimista en todos los precios considerados, y en el escenario pesimista de producción la rentabilidad aún es positiva con precios medios y altos, tanto sin como con bonificación. Al 6% la rentabilidad es positiva en todos los casos (Cuadro 59).

Cuadro 59. Indicadores de rentabilidad para producción de piñón con cáscara
(a escala pequeña de 1 ha, en plantación sin injerto, sin riego al 6, 8 y 10%)

		Piñón con cáscara (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	6	5	4	6	5	4
+20%	10	2.849.578	1.417.062	- 27.529	3.466.670	2.029.940	585.335
	8	6.525.693	4.297.068	2.021.190	7.180.868	4.936.129	2.660.218
	6	13.996.894	10.274.748	6.362.748	14.726.918	10.941.551	7.029.502
	TIR (%)	13,5	11,8	10,0	14,8	13,0	10,9
Esperada	10	1.495.181	301.419	- 900.163	2.111.579	914.290	-289.535
	8	4.406.818	2.549.631	661.659	5.059.332	3.188.682	1.292.117
	6	10.409.126	7.307.337	4.081.071	11.128.688	7.974.155	4.714.155
	TIR (%)	11,9	10,4	8,7	13,1	11,4	9,5

		Piñón con cáscara (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	6	5	4	6	5	4
-20%	10	145.329	-814.279	- 1.777.339	753.512	- 201.350	-1.164.406
	8	2.302.326	801.958	- 715.294	2.934.393	1.441.246	-75.985
	6	6.868.390	4.338.857	1.730.857	7.526.436	5.006.706	2.398.808
	TIR (%)	10,1	8,8	7,2	11,2	9,7	7,9

- Mediano Propietario (200 ha)

Piñas: La rentabilidad es negativa para todos los casos a una tasa del 10%; al 8% es positiva solo en el escenario optimista de producción y precio; y al 6% es positiva en el escenario optimista de producción con y sin bonificación, con precio medio y alto, y además con bonificación considerando el precio menor; en el escenario esperado de producción la rentabilidad es positiva con y sin bonificación con precio alto, y con precio medio con bonificación. Con una reducción de producción del 20% la rentabilidad solo es positiva con precio alto y bonificación (Cuadro 60).

Cuadro 60. Indicadores de rentabilidad para producción de piñas
(a escala mediana de 200 ha, en plantación sin injerto, sin riego, al 6, 8 y 10%)

		Precio piñas (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
+20%	10	-154.670.930	-306.737.140	-450.664.949	-71.971.120	-216.207.702	-60.135.511
	8	106.252.838	-130.435.636	-355.939.924	190.227.389	-36.522.210	-262.026.498
	6	687.367.038	286.728.344	-96.082.525	772.185.081	384.219.106	1.408.237
	TIR (%)	8,6	7,2	5,6	9,3	7,7	6,0
Esperada	10	-303.549.283	-423.746.434	-543.686.275	-213.019.845	-333.216.996	-453.156.837
	8	-124.801.752	-313.759.751	-501.679.991	-30.888.326	-219.846.326	-407.766.565
	6	298.843.132	-24.461.847	-343.470.905	396.333.894	73.028.915	-245.980.143
	TIR (%)	7,2	5,9	4,4	7,8	6,3	4,7
-20%	10	- 444.598.007	-540.755.728	-636.707.601	-354.068.569	-450.226.290	-546.178.163
	8	-345.919.467	-497.083.867	-647.420.059	-252.004.042	-403.170.441	-553.506.633
	6	-77.008.056	-335.652.039	-590.859.285	20.482.706	-238.161.277	-493.368.523
	TIR (%)	5,7	4,5	3,1	6,1	4,8	3,3



Piñón Con Cáscara: La rentabilidad al 10% es positiva con cualquier nivel productivo y mayor precio, con o sin bonificación; también es positiva con precio medio y producción esperada y optimista, y con producción alta y precio inferior considerando bonificación. Considerando una tasa del 8%, la rentabilidad es siempre positiva salvo con precio y producción inferior, tanto con y sin bonificación. Al 6% la rentabilidad es siempre positiva (Cuadro 61).

Cuadro 61. Indicadores de rentabilidad para producción de piñón con cáscara (a escala mediana de 200 ha, en plantación sin injerto, sin riego, al 6, 8 y 10%)

		Precio piñón con cáscara (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	6	5	4	6	5	4
+20%	10	573.533.698	286.192.702	- 791.713	664.110.531	376.767.615	95.034.363
	8	1.271.736.870	822.803.813	371.912.178	1.365.790.820	916.852.313	472.471.136
	6	2.699.694.020	1.942.664.124	1.171.949.017	2.797.586.744	2.040.541.884	1.278.512.711
	TIR (%)	13,8	12,0	10,0	14,9	13,0	10,8
Esperada	10	318.929.268	60.258.603	-180.049.930	390.278.686	150.825.936	-89.402.527
	8	861.790.225	468.649.574	91.079.496	936.791.892	562.675.561	185.388.290
	6	1.990.077.307	1.340.785.630	695.607.646	2.069.472.102	1.438.598.891	794.454.175
	TIR (%)	12,3	10,5	8,5	13,1	11,3	9,2
-20%	10	25.887.088	-165.675.496	-357.922.322	116.446.842	-75.115.742	-267.282.498
	8	413.789.490	114.495.335	-187.560.728	507.792.965	208.498.810	-93.274.446
	6	1.243.608.698	738.907.136	222.764.749	1.341.357.459	836.655.897	321.546.778
	TIR (%)	10,1	8,6	6,9	10,9	9,3	7,4

En el caso de plantación, se observa para el caso de piñas que realizando una inversión inicial de \$1.108.714/ha o equivalente a \$594.482/ha en el caso de una plantación de 200 hectáreas, la rentabilidad es positiva al 8% solo en el escenario optimista de producción y precio, con un monto superior a cultivos agrícolas tradicionales; al 6% la rentabilidad es positiva en los escenarios esperados y optimistas de producción y precios. El impacto de la bonificación es importante.

Considerando la misma inversión y la producción de piñones con cáscara, se constata el impacto económico de la agregación de valor mediante un mayor procesamiento, que se traduce en una rentabilidad interesante al 10% con precios y niveles de producción medios y altos; al 8% la rentabilidad siempre es atractiva excepto con precio y producción pesimista. El impacto de la bonificación es importante.

Huertos

- Pequeño propietario (1 ha)

Piñas: Como se aprecia en el Cuadro 62, la rentabilidad es positiva y atractiva a una tasa del 10% en el escenario optimista y esperado, con los tres niveles de precios, tanto sin como con bonificación; en el escenario pesimista (-20% de producción) es positiva en todos los niveles de precio con bonificación, y con precio medio y alto sin bonificación.

Sin bonificación y con un precio medio también es positiva considerando una reducción de la producción de hasta un 30%, y con un precio alto resiste hasta -40%; la bonificación permite con un precio medio que la rentabilidad sea positiva con una producción de hasta -40% y con un precio alto, una reducción de la producción de hasta un 50%.

Considerando la evaluación con una tasa al 8%, la rentabilidad es positiva y atractiva en todos los casos salvo en el escenario de menor precio y una baja en la producción del 40 y 50% sin bonificación, y del 50% con bonificación. A una tasa del 6% la rentabilidad es siempre positiva.

Cuadro 62. Indicadores de rentabilidad para producción de piñas (a escala pequeña de 1 ha, en huerto, con injerto y riego, al 6, 8 y 10%)

		Precio piñas (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
+20%	10	12.007.308	8.306.286	4.613.188	12.612.309	8.919.212	5.226.114
	8	20.844.224	15.355.592	9.876.307	21.474.085	15.994.800	10.515.516
	6	36.451.760	27.872.714	19.304.729	37.107.956	28.539.971	19.971.986
	TIR (%)	17,7	15,8	13,5	18,6	16,6	14,3
Esperada	10	8.461.713	5.377.528	2.299.985	9.068.035	5.990.454	2.912.872
	8	15.584.484	11.010.624	6.444.596	16.215.903	11.649.833	7.083.762
	6	28.228.015	21.078.810	13.938.868	28.886.054	21.746.067	14.606.079
	TIR (%)	15,9	14,0	11,9	16,7	14,8	12,6
-20%	10	4.910.835	2.448.770	- 13.295	5.523.761	3.066.979	599.631
	8	10.318.514	6.665.657	3.012.801	10.957.722	7.311.097	3.652.009
	6	19.996.896	14.284.906	8.572.916	20.664.153	14.959.536	9.240.173
	TIR (%)	13,7	12,0	10,0	14,5	12,7	10,6
-30%	10	3.143.321	984.391	- 1.169.916	3.751.624	1.597.317	-394.930
	8	7.694.876	4.493.174	1.296.924	8.328.631	5.132.382	2.113.765
	6	15.892.397	10.887.954	5.889.963	16.553.202	11.555.211	6.752.254
	TIR (%)	12,5	10,8	8,9	13,2	11,5	9,6
-40%	10	1.370.523	-479.988	- 2.326.537	1.979.487	132.938	-1.713.611
	8	5.065.006	2.320.690	- 418.952	5.699.540	2.959.898	220.256
	6	11.780.524	7.491.002	3.207.009	12.442.251	8.158.258	3.874.266
	TIR (%)	11,2	9,6	7,7	11,8	10,1	8,2
-50%	10	- 402.274	- 1.944.367	-3.483.158	273.365	- 1.331.441	-2.870.232
	8	2.435.136	148.206	-2.134.829	3.143.084	787.415	-1.495.621
	6	7.668.652	4.094.050	524.056	8.411.382	4.761.306	1.191.313
	TIR (%)	9,6	8,1	6,3	10,3	8,6	6,7

Considerando una producción conservadora y mayor peso de piña, tal como mencionado inicialmente, se obtienen los valores del Cuadro 63. Dichos valores son similares a los presentados en el cuadro anterior, lo que significa que una pérdida en productividad se compensaría por el mayor peso de piñas producidas bajo riego, reduciendo la incertidumbre relacionada a la inversión.

Cuadro 63. Indicadores de rentabilidad para producción de piñas
(a escala pequeña de 1 ha, en huerto, con injerto y riego, al 6, 8 y 10% considerando producción conservadora y peso mayor de piña derivado del efecto del riego)

Producción	VAN (%)	Precio piñas (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
		0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
+20%	10	12.078.739	8.366.044	4.661.975	12.683.039	8.978.970	5.274.901
	8	20.915.502	15.415.250	9.925.173	21.544.535	16.054.458	10.564.381
	6	36.748.407	28.118.616	19.500.865	37.403.623	28.785.873	20.168.122
	TIR (%)	18,1	16,0	13,7	19,1	16,9	14,4
Esperada	10	8.521.239	5.427.326	2.340.670	9.126.976	6.040.252	2.953.528
	8	15.643.883	11.060.339	6.485.348	16.274.612	11.699.548	7.124.484
	6	28.475.220	21.283.728	14.102.348	29.132.444	21.950.985	14.769.526
	TIR (%)	16,1	14,2	12,0	17,0	15,0	12,7
-20%	10	4.957.988	2.488.609	19.230	5.570.914	3.107.286	632.155
	8	10.365.481	6.705.429	3.045.378	11.004.689	7.351.421	3.684.586
	6	20.194.008	14.448.841	8.703.673	20.861.264	15.124.124	9.370.930
	TIR (%)	13,9	12,1	10,0	14,6	12,8	10,6
-30%	10	3.184.989	1.019.250	- 1.141.457	3.792.883	1.632.176	- 366.471
	8	7.736.455	4.527.974	1.325.429	8.369.727	5.167.182	2.142.270
	6	16.065.441	11.031.397	6.004.375	16.725.674	11.698.653	6.866.666
	TIR (%)	12,6	10,9	8,9	13,3	11,5	9,6
-40%	10	1.406.239	- 450.109	- 2.302.143	2.014.851	162.817	- 1.689.217
	8	5.100.645	2.350.519	- 394.520	5.734.766	2.989.727	244.689
	6	11.928.848	7.613.953	3.305.077	12.590.085	8.281.209	3.972.334
	TIR (%)	11,2	9,6	7,7	11,9	10,2	8,2
-50%	10	- 372.511	- 1.919.468	-3.462.830	303.128	- 1.306.542	- 2.849.904
	8	2.464.836	173.064	-2.114.468	3.172.783	812.272	- 1.475.260
	6	7.792.255	4.196.509	605.779	8.534.985	4.863.765	1.273.036
	TIR (%)	9,7	8,1	2,3	10,3	8,6	6,8

Piñón Con Cáscara: Un huerto pequeño que produce piñones permite, a una tasa del 10%, una rentabilidad positiva siempre con precios iguales o superiores a 4 €/Kg, y una producción hasta 50% inferior a la esperada, tanto sin como con bonificación. En el escenario más probable de producción y precio, el VAN sin bonificación es de \$19,2 millones con una TIR de 20,9% (Cuadro 64).

Cuadro 64. Indicadores de rentabilidad para producción de piñón con cáscara
(a escala pequeña de 1 ha, en huerto con injerto y riego, al 6, 8 y 10%)

Producción	VAN (%)	Precio piñón con cáscara (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
		6	5	4	6	5	4
+20%	10	32.349.943	24.963.381	17.558.085	32.990.570	25.604.009	18.207.568
	8	51.024.681	40.065.719	29.085.679	51.701.044	40.742.081	29.772.487
	6	83.643.809	66.507.414	49.347.204	84.361.172	67.224.778	50.076.926
	TIR (%)	25,5	23,0	20,2	26,7	24,2	21,2
Esperada	10	25.406.224	19.244.165	13.096.203	26.046.852	19.891.689	13.726.281
	8	40.725.833	31.579.027	22.461.880	41.402.196	32.270.055	23.126.889
	6	67.544.070	53.223.904	38.984.473	68.261.433	53.981.458	39.689.601
	TIR (%)	23,2	20,9	18,2	24,3	22,0	19,2
-20%	10	18.477.631	13.553.500	8.613.221	19.118.258	14.194.128	9.269.997
	8	30.444.788	23.139.075	15.815.374	31.121.151	23.815.438	16.509.725
	6	51.465.353	40.041.373	28.597.272	52.182.716	40.758.736	29.334.756
	TIR (%)	20,6	18,5	15,9	21,6	19,4	16,8
-30%	10	15.004.479	10.698.208	6.377.005	15.650.272	11.336.492	7.027.878
	8	25.293.820	18.898.773	12.497.797	25.976.276	19.577.684	13.185.185
	6	43.413.636	33.397.837	23.409.789	44.138.208	34.135.016	24.139.034
	TIR (%)	19,1	17,1	14,6	20,1	18,0	15,5
-40%	10	11.537.413	7.846.141	4.140.789	12.182.285	8.484.760	4.791.662
	8	20.150.012	14.668.347	9.180.221	20.831.401	15.346.893	9.867.609
	6	35.370.370	26.785.187	18.222.306	36.093.700	27.519.536	18.951.551
	TIR (%)	17,5	15,5	13,2	18,4	16,4	14,0
-50%	10	8.069.981	4.994.074	1.905.984	8.714.298	5.633.027	2.555.446
	8	15.005.811	10.437.920	5.866.924	15.686.526	11.116.103	6.550.033
	6	27.326.679	20.172.537	13.048.078	28.049.192	20.904.055	13.764.068
	TIR (%)	15,6	13,8	11,6	16,5	14,5	12,3

Considerando una producción conservadora y mayor peso de piñón con cáscara, tal como mencionado inicialmente, se obtienen los valores del Cuadro 65, que resultan similares a los presentados en el Cuadro 64, lo que significa que una pérdida en productividad se compensaría por el mayor peso de piñas producidas bajo riego, que se transfiere a los piñones con cáscara, reduciendo la incertidumbre de una inversión de esta naturaleza.

Cuadro 65. Indicadores de rentabilidad para producción de piñón con cáscara (a escala pequeña de 1 ha, en huerto con injerto y riego, al 6, 8 y 10% considerando producción conservadora y peso mayor de piña derivado del efecto del riego)

		Precio piñón con cáscara (€/Kg)					
		Sinbonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	6	5	4	6	5	4
+20	10	32.483.622	25.074.847	17.646.825	33.124.250	25.715.475	18.297.092
	8	51.157.365	40.176.525	29.173.974	51.833.727	40.852.887	29.861.708
	6	84.216.661	66.980.421	49.719.584	84.934.024	67.697.784	50.450.401
	TIR (%)	26,5	23,8	20,8	27,9	25,1	21,9
Esperada	10	25.516.744	19.336.404	13.170.379	26.157.372	19.983.924	13.800.230
	8	40.835.388	31.669.375	22.535.703	41.511.751	32.361.622	23.200.468
	6	68.020.272	53.611.854	39.295.052	68.737.635	54.374.717	39.999.918
	TIR (%)	24,0	21,5	18,6	25,3	22,7	19,7
-20	10	18.566.569	13.627.811	8.672.381	19.207.197	14.268.438	9.329.680
	8	30.533.049	23.212.946	15.874.237	31.209.411	23.889.308	16.569.206
	6	51.847.044	40.356.710	28.845.525	52.564.408	41.074.073	29.583.739
	TIR (%)	21,2	18,9	16,2	22,3	19,9	17,1
-30	10	15.081.842	10.762.776	6.428.770	15.728.093	11.401.056	7.079.643
	8	25.370.508	18.962.017	12.549.303	26.053.504	19.641.781	13.236.691
	6	43.746.977	33.669.402	23.627.011	44.472.188	34.410.298	24.356.255
	TIR (%)	19,6	17,4	14,8	20,7	18,3	15,7
-40	10	11.603.860	7.901.485	4.185.159	12.248.989	8.540.100	4.836.032
	8	20.215.891	14.722.556	9.224.369	20.897.596	15.401.834	9.911.757
	6	35.656.248	27.017.957	18.408.496	36.379.969	27.755.491	19.137.741
	TIR (%)	17,8	15,7	13,3	18,8	16,6	14,1
-50	10	8.125.241	5.040.193	1.943.186	8.769.885	5.679.145	2.592.421
	8	15.060.588	10.483.095	5.904.403	15.741.689	11.161.887	6.586.822
	6	27.564.781	20.366.512	13.205.373	28.287.750	21.100.685	13.919.226
	TIR (%)	15,9	13,9	11,6	16,8	14,7	12,4

- Mediano propietario (200 hectáreas)

Piñas: Como se aprecia en el Cuadro 66, la rentabilidad es positiva y atractiva a una tasa de 10% en los escenarios optimista, esperado y pesimista, con los tres niveles de precios, tanto sin (resiste producción hasta -20%) como con bonificación (producción

de hasta -30%). Sin bonificación y con un precio medio también es positiva considerando una reducción de la producción de hasta un 40%, y con un precio alto resiste hasta un 50% de baja en la producción; la bonificación permite con un precio medio que la rentabilidad sea positiva con una producción de hasta -40% y con un precio alto una reducción de hasta el 50%. En la evaluación al 8%, la rentabilidad es positiva y atractiva en todos los casos, salvo en el escenario de menor precio y una baja en la producción de hasta el 50%, con y sin bonificación.

Cuadro 66. Indicadores de rentabilidad para producción de piñas (a escala mediana de 200 ha, en huerto con injerto y riego, al 8 y 10%)

		Precio piñas (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
Producción	VAN (%)	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
+20%	10	2.655.475.012	1.916.855.455	1.178.235.897	2.740.118.404	2.007.384.893	1.268.765.335
	8	4.444.266.114	3.348.409.214	2.252.552.314	4.531.845.230	3.442.322.640	2.346.465.740
	TIR (%)	19,5	17,5	15,1	20,4	18,3	15,8
Esperada	10	1.936.479.360	1.320.418.764	704.902.466	2.020.648.777	1.410.948.202	795.431.904
	8	3.376.207.846	2.462.351.731	1.549.137.648	3.463.220.608	2.556.265.157	1.643.051.073
	TIR (%)	17,6	15,6	13,3	18,3	16,3	13,9
-20%	10	1.216.395.112	723.982.074	231.569.035	1.301.179.150	814.511.512	322.098.473
	8	2.306.865.514	1.576.294.247	845.722.981	2.394.595.986	1.670.207.673	939.636.407
	TIR (%)	15,2	13,4	11,2	15,9	14,0	11,8
-30%	10	856.625.137	425.763.728	-5.097.680	941.444.337	516.293.166	85.431.758
	8	1.772.515.364	1.133.265.506	494.015.647	1.860.283.676	1.227.178.931	587.929.073
	TIR (%)	13,9	12,1	10,0	14,5	12,7	10,5
-40%	10	496.855.162	127.545.383	-241.764.396	581.709.523	218.074.821	-151.234.958
	8	1.238.165.214	690.236.764	142.308.314	1.325.971.365	784.150.190	236.221.740
	TIR (%)	12,4	10,7	8,6	13,0	11,2	9,1
-50%	10	137.085.187	-170.672.962	-478.431.111	221.974.710	-80.143.524	-387.901.673
	8	703.815.064	247.208.022	-209.399.020	791.659.054	341.121.448	-115.485.594
	TIR (%)	10,7	9,0	7,0	11,2	9,5	7,4



Considerando una producción conservadora y mayor peso de piña, tal como mencionado inicialmente, se obtienen los valores del Cuadro 67. Dichos valores son similares a los presentados en el Cuadro 66, lo que significa que una pérdida en productividad se compensaría por el mayor peso de piñas producidas bajo riego, reduciendo la incertidumbre relacionada a la inversión.

Cuadro 67. Indicadores de rentabilidad para producción de piña
(a escala mediana de 200 ha, en huerto con injerto y riego, al 6, 8 y 10% considerando producción conservadora y peso mayor de piña derivado del efecto del riego)

Producción	VAN (%)	Precio piñas (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
		0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
+20	10	2.681.038.147	1.940.224.380	1.199.410.612	2.765.681.539	2.030.753.818	1.289.940.050
	8	4.476.474.398	3.378.458.968	2.280.443.538	4.564.053.513	3.472.372.394	2.374.356.964
	TIR (%)	20,1	17,9	15,3	21,0	18,7	16,1
Esperada	10	1.958.280.027	1.339.892.868	722.548.062	2.041.951.390	1.430.422.306	813.077.500
	8	3.403.635.569	2.487.393.192	1.572.380.334	3.490.060.844	2.581.306.618	1.666.293.759
	TIR (%)	17,9	15,9	13,4	18,8	16,6	14,1
-20	10	1.233.437.202	739.561.357	245.685.512	1.318.221.240	830.090.795	336.214.950
	8	2.328.337.703	1.596.327.416	864.317.129	2.416.068.176	1.690.240.842	958.230.555
	TIR (%)	15,5	13,5	11,3	16,2	14,2	11,9
-30	10	871.536.966	439.395.601	7.254.237	956.356.165	529.925.039	97.783.675
	8	1.791.303.529	1.150.794.528	510.285.527	1.879.071.841	1.244.707.954	604.198.953
	TIR (%)	14,1	12,2	10,0	14,7	12,8	10,6
-40	10	509.636.729	139.229.846	- 231.177.038	594.491.091	229.759.284	- 140.647.600
	8	1.254.269.356	705.261.641	156.253.925	1.342.075.507	799.175.066	250.167.351
	TIR (%)	12,5	10,7	8,7	13,1	11,3	9,1
-50	10	147.736.493	- 160.935.910	- 469.608.313	232.626.016	- 70.406.472	- 379.078.875
	8	717.235.182	259.728.753	- 197.777.677	805.079.172	353.642.179	- 103.864.251
	TIR (%)	10,8	9,1	7,1	11,3	9,6	7,5

Piñón Con Cáscara: La rentabilidad es positiva al 10% en todos los niveles productivos y de precios, con o sin bonificación (Cuadro 68).

Cuadro 68. Indicadores de rentabilidad para producción de piñón con cáscara
(a escala mediana de 200 ha, en huerto con injerto y riego, al 8 y 10%)

Producción	VAN (%)	Precio piñón con cáscara (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
		6	5	4	6	5	4
+20%	10	6.718.451.760	5.241.212.645	3.771.353.312	6.808.981.198	5.331.742.083	3.854.502.967
	8	10.482.222.406	8.290.508.606	6.107.409.352	10.576.135.832	8.384.422.032	6.192.708.232
	TIR (%)	27,5	24,9	22,0	28,6	26,0	23,0
Esperada	10	5.311.659.199	4.080.626.603	2.849.594.007	5.405.004.725	4.171.156.041	2.940.123.445
	8	8.395.286.310	6.568.858.143	4.742.429.977	8.493.474.463	6.662.771.569	4.836.343.403
	TIR (%)	25,1	22,7	19,9	26,1	23,7	20,8
-20%	10	3.904.866.638	2.920.040.561	1.935.214.484	3.995.396.076	3.010.569.999	2.025.743.922
	8	6.308.350.214	4.847.207.680	3.386.065.147	6.402.263.640	4.941.121.106	3.479.978.573
	TIR (%)	22,3	20,1	17,4	23,3	20,9	18,2
-30%	10	3.201.470.358	2.339.747.540	1.478.024.723	3.291.999.796	2.430.276.978	1.568.554.161
	8	5.264.882.166	3.986.382.449	2.707.882.732	5.358.795.592	4.080.295.875	2.801.796.158
	TIR (%)	20,7	18,6	16,0	21,6	19,4	16,7
-40%	10	2.498.074.077	1.759.454.520	1.020.834.962	2.588.603.515	1.849.983.958	1.111.364.400
	8	4.221.414.117	3.125.557.217	2.029.700.317	4.315.327.543	3.219.470.643	2.123.613.743
	TIR (%)	19,0	16,9	14,4	19,8	17,7	15,1
-50%	10	1.794.677.797	1.179.161.499	563.645.200	1.885.207.235	1.269.690.937	654.174.638
	8	3.177.946.069	2.264.731.986	1.351.517.903	3.271.859.495	2.358.645.412	1.445.431.328
	TIR (%)	17,0	15,0	12,6	17,8	15,7	13,2



Considerando una producción conservadora y mayor peso de piñón con cáscara, tal como mencionado inicialmente, se obtienen los valores del Cuadro 69, que resultan similares a los presentados en el Cuadro 68, lo que significa que una pérdida en productividad se compensaría por el mayor peso de piñas producidas bajo riego, que se transfiere a los piñones con cáscara, reduciendo la incertidumbre de una inversión de esta naturaleza.

Cuadro 69. Indicadores de rentabilidad para producción de piñón con cáscara
(a escala mediana de 200 ha, en huerto con injerto y riego, al 6, 8 y 10%
considerando producción conservadora y peso mayor de piña derivado del efecto del riego)

Producción	VAN (%)	Precio piñón con cáscara (€/Kg)					
		Sin bonificación			Con bonificación		
		0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
+20	10	6.741.732.873	5.260.105.339	3.778.477.804	6.808.981.198	5.350.634.777	3.869.007.242
	8	10.504.862.518	8.308.831.657	6.112.800.797	10.576.135.832	8.402.745.083	6.206.714.223
	TIR (%)	28,7	25,9	22,7	28,6	27,1	23,8
Esperada	10	5.331.060.127	4.096.370.515	2.861.680.902	5.421.589.565	4.186.899.953	2.952.210.340
	8	8.414.153.070	6.584.127.353	4.754.101.635	8.508.066.496	6.678.040.779	4.848.015.061
	TIR (%)	26,1	23,4	20,4	27,3	24,5	21,4
-20	10	3.920.387.380	2.932.635.691	1.944.884.001	4.010.916.818	3.023.165.129	2.035.413.439
	8	6.323.443.622	4.859.423.048	3.395.402.474	6.417.357.047	4.953.336.474	3.489.315.900
	TIR (%)	23,0	20,6	17,8	24,1	21,6	18,6
-30	10	3.215.051.007	2.350.768.278	1.486.485.550	3.305.580.445	2.441.297.716	1.577.014.988
	8	5.278.088.897	3.997.070.895	2.716.052.893	5.372.002.323	4.090.984.321	2.809.966.319
	TIR (%)	21,3	19,0	16,3	22,3	19,9	17,0
-40	10	2.509.714.634	1.768.900.866	1.028.087.099	2.600.244.072	1.859.430.304	1.118.616.537
	8	4.232.734.173	3.134.718.743	2.036.703.313	4.326.647.599	3.228.632.169	2.130.616.739
	TIR (%)	19,4	17,2	14,6	20,4	18,0	15,3
-50	10	1.804.378.260	1.187.033.454	569.688.648	1.894.907.699	1.277.562.892	660.218.086
	8	3.187.379.449	2.272.366.591	1.357.353.732	3.281.292.875	2.366.280.016	1.451.267.158
	TIR (%)	17,3	15,2	12,7	18,1	15,9	13,4

Se observa que realizando una inversión inicial por hectárea de \$ 1.108.714 en el caso de plantación sin injerto y de \$ 3.255.214 en el caso huertos, estas diferentes tecnologías presentan diferencias significativas de rentabilidad en todos los escenarios evaluados.

La evaluación económica es extremadamente sensible a variaciones en precios de piñas, concordando con lo señalado por Ovando *et al.* (2010).

Los resultados de las evaluaciones realizadas para plantaciones son superiores a los presentados por Vacas de Carvalho y Berkemeir (1991), a un tasa equivalente al 4%.

Todas las situaciones evaluadas de huertos injertados con riego y manejo intensivo resultan significativamente superiores a las correspondientes a plantaciones sin injertar y con manejo semi intensivo, quedando en evidencia el enorme impacto económico que tienen las prácticas de manejo aplicadas, tal como indicado por Mutke *et al.* (2000b y c), quienes señalan que plantaciones injertadas de la especie superan en rentabilidad a las plantaciones tradicionales, pudiendo incluso competir con cultivos agrícolas tradicionales. Ejecutando correctamente las plantaciones, con material seleccionado y aplicando técnicas de manejo adecuadas, se pueden obtener ingresos y rentabilidades interesantes (Centre de la Propietat Forestal, 2009b).

Estos resultados concuerdan con cuanto expuesto por Mutke *et al.* (2000b), quienes analizaron la rentabilidad de huertos con plantas injertadas en la provincia de Valladolid, contrastándola con la rentabilidad sin adoptar la mejora tecnológica del injerto (forestación tradicional), o con un cultivo agrícola tradicional, sin considerar otros bienes y/o servicios fuera de madera y/o piñones. Mostraron que, aún en el escenario más prudente, las plantaciones injertadas de la especie superan en rentabilidad a las plantaciones tradicionales, pudiendo incluso competir con cultivos agrícolas tradicionales, como la cebada en secano.

Las evaluaciones del presente trabajo muestran rentabilidades superiores a la reportada en Europa para producción de piñas, lo que resulta lógico considerando las diferentes realidades. De hecho, Ovando *et al.* (2008) indican que en España, en condiciones puras de mercado, es decir sin considerar bonificaciones a la forestación y manejo, el establecimiento de una plantación de pino piñonero no es rentable para propietarios que demandan una tasa de rentabilidad real de su inversión de al menos 4%. En las dos zonas estudiadas por dichos autores, la silvicultura con raleos intensivos orientada a maximizar la producción individual de piña produce mayores pérdidas de capital; no obstante ello, cuando se consideran subsidios a la forestación y manejo, el valor presente descontado de las rentas de capital comercial asociadas a la inversión supera los costos de establecimiento y manejo. Constataron que las diferencias entre zonas (hasta un 41%) son más relevantes que las diferencias por manejo en una misma zona.

Al respecto, cabe mencionar que en 1990 se estableció una red de ensayos de clones de pino piñonero en diferentes zonas de Andalucía, y nueve años después, Abellanas *et al.* (2000), analizaron la rentabilidad económica de los injertos incluyendo subvenciones, demostrando una altísima rentabilidad a corto plazo de la inversión (se amortiza a los 9 años), siendo previsible que la producción aumente considerablemente los años posteriores. En las evaluaciones realizadas para Chile, la recuperación de la inversión también es rápida, fluctuando entre 8 y 14 años según el producto considerado y el precio, parámetros sensibilizados; por ello se deduce que este tipo de cultivo en terrenos agrícolas degradados es rentable económicamente para pequeños y medianos propietarios que pueden acogerse a bonificaciones.

Así mismo, Mutke *et al.* (2000b), analizaron el impacto de plantaciones de pino piñonero en tierras agrarias degradadas con incentivos, encontrando que las subvenciones a la forestación para plantaciones injertadas de *P. pinea* hacen que siempre sean rentables, independientemente del precio de la piña. En Chile esto no sucede siempre así dado que los incentivos existentes son muy inferiores a los vigentes en Europa. Ovando *et al.* (2008 y 2010), indican que al incluir incentivos por servicios de fijación de carbono el negocio sería aún más rentable.

Evaluación Económica Social

Verónica Loewe M., Marta González O. y Andrea Álvarez C.

La evaluación social de proyectos mide la contribución de proyectos al crecimiento económico del país, información útil para la toma de decisiones sobre inversiones, permitiendo privilegiar las de mayor impacto en el producto nacional. Dado que no se puede medir todos los costos y beneficios involucrados, la decisión final dependerá también de otras consideraciones, tanto económicas como políticas y sociales.

La evaluación económica social realizada considera la implementación de 3.000 ha de pino piñonero para producción frutal, en terrenos de menor calidad que los requeridos para cultivos frutales tradicionales, en una rotación de 60 años. Esta superficie proyectada parece un escenario conservador debido al interés demostrado por inversionistas nacionales y compradores internacionales, derivado principalmente por la disminución de la producción mundial descrita en los capítulos iniciales, así como por la investigación realizada en Chile en las últimas décadas (Loewe *et al.*, 2012b). Otros factores que favorecen la masificación de este cultivo son la contra estación, así como los crecimientos y productividades observadas (Loewe *et al.*, 2011d) aún en plantaciones sin manejo.

Los productos considerados en la evaluación se relacionan con la comercialización de piñas y semillas de pino piñonero (piñón con cáscara); debido a que el cultivo no se ha masificado, se considera que serán productores medianos los que planten. Dado el desarrollo del cultivo en el país, se desechó la alternativa de producir piñones blancos (pelados), ya que ello requiere un grado mayor de maduración del negocio y de conocimiento acerca de la óptima forma de conservación. Los piñones son un producto con alta demanda en el mercado internacional, cuya oferta se ha visto mermada por factores bióticos que están afectando en forma progresiva y creciente los bosques naturales de los principales países productores del mundo (Calado, 2011; Domínguez, 2011). Por ello, para Chile es una interesante oportunidad la incorporación de este innovador cultivo en el abanico productivo de frutos secos, rubro que se ha desarrollado y diversificado significativamente en los últimos años. La diferencia radica en que las características de la especie le confieren un carácter más rústico, que puede incorporar a la producción sitios marginales al sector frutícola tradicional. El mercado al cual estarán orientados los piñones con cáscara es el mercado internacional y el mercado nacional, que es muy reducido (Soto *et al.*, 2008).

El principal beneficio considerado a nivel país corresponde al desarrollo e incorporación al sistema productivo de un nuevo producto, el fruto del pino piñonero, más conocido como piñón mediterráneo o pinoli en el mercado mundial. El manejo y cosecha de las plantaciones y huertos de pino piñonero generarían empleo en forma creciente y progresiva.

La variable crítica corresponde al precio del producto, que depende del mercado internacional. El valor utilizado en el caso de piñas es € 0,5/Kg, valor que ya ha sido ofertado por compradores europeos en predios de la zona central. En el caso del piñón con cáscara, corresponde al inferior empleado en la evaluación privada, equivalente a € 4/Kg; dado que en el mercado europeo los piñones con cáscara se transan a precios que fluctúan entre € 5-5,5/Kg (Loewe y González, 2012), se estimó como probable un precio de compra correspondiente al 75% de ese valor. Se consideró la productividad definida como probable según edad tanto para plantaciones (Cuadro 55) como para huertos (Cuadro 56).

De acuerdo a las intenciones de inversionistas nacionales y extranjeros interesados por establecer plantaciones y huertos en el país, que ven en este cultivo un potencial interesante a desarrollar, se asumió una curva de adopción de la tecnología correspondiente a 50 hectáreas el primer año, 150 el segundo, y luego se asume una tasa media de forestación anual de 200 ha, hasta completar un total de 3.000 ha. Cabe señalar que este supuesto es conservador dado que se estima que con el pino piñonero es probable que se replique el desarrollo que tuvo en Chile el cultivo del avellano europeo, dadas ciertas similitudes, entre ellas la disposición de compradores relevantes a hacer contratos y a adquirir la producción nacional a precio de mercado.

Los impactos a nivel país darán cuenta de un aumento en el ingreso nacional agregado. La evaluación realizada considera dos escenarios, plantación tradicional (tecnología inferior) y establecimiento de huertos injertados, que corresponde a un mayor nivel

tecnológico dado por la implementación de un sistema de riego, manejo intensivo y empleo de plantas injertadas, convenientes desde el punto de vista económico y de gestión. Ambos casos consideran una rotación de 60 años, a pesar de la existencia de antecedentes que indican que la especie produce a plena capacidad aún después de los 100 años (Gordo, 2004b).

La tasa de descuento utilizada en la evaluación económica social corresponde al 6%, tasa considerada por MIDEPLAN para proyectos sociales. El precio social utilizado en la evaluación social para la mano de obra no calificada, considerada en todas las faenas, correspondió al valor bruto de la mano de obra (\$15.000/Jornada) ponderado por 0,62 (factor de corrección utilizado por MIDEPLAN).

Plantación de pino piñonero (sin injertar)

En este escenario se compara la plantación tradicional de pino piñonero con una plantación de pino radiata (*Pinus radiata*) establecida en suelos de aptitud preferentemente forestal, dado que equivale a la alternativa más común en situaciones edafoclimáticas similares. También en este caso la rotación del piñonero es de 60 años, por lo que para comparar ambas evaluaciones, la evaluación del pino radiata se realiza en 2 ciclos sucesivos de 30 años; se emplea una densidad de 1.250 plantas/ha, que producirán al cabo de 30 años trozas pulpables y trozas aserrables (diámetros entre 18 y 30 cm) para el mercado nacional. El esquema de manejo considera 2 raleos, uno a desecho y otro comercial, sin podas; y control de malezas anual los tres años siguientes a la plantación. Se consideró la misma curva de adopción utilizada para el caso del pino piñonero sin injertar.

Los volúmenes estimados para pino radiata corresponden a un valor medio de 449,9 m³/ha al cabo de 30 años, rendimiento correspondiente a zonas costeras de las regiones del Maule y Bio Bio⁴, donde el pino piñonero ha sido establecido en Chile; el valor medio de los ingresos se obtuvo con los valores de trozas pulpables y aserrables transadas en dichas regiones⁵; también se consideró como ingreso inicial la bonificación.

Los indicadores de rentabilidad del pino radiata a tasas de descuento superiores a 7,6% son negativos, constituyendo un escenario poco atractivo en dichas zonas, pero aun así utilizado por pequeños y medianos productores, a pesar de presentar valores de VAN al 6% inferiores a \$ 200.000/ha en rotaciones de 30 años, por lo que propuestas alternativas como la del cultivo de piñonero representa un escenario factible de implementar con el objeto de mejorar la calidad de vida de numerosos propietarios, quienes aún tienen puestas sus esperanzas en cultivos que dejaron de ser rentables a pequeña escala.

Huerto de pino piñonero (plantas injertadas)

Se compara el establecimiento de un huerto de pino piñonero con una plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) establecida en un terreno con disponibilidad de riego, porque corresponde a la mejor alternativa que actualmente existe para situaciones similares, es decir suelos marginales a la agricultura o de aptitud forestal. No se consideró evaluar como alternativa otra especie frutal, dado que los sitios para los que está pensada esta opción no corresponden a aquellos en que se desarrollan los frutales tradicionales en general, ni de frutos secos en particular. Por ello, considerando que dentro de las especies forestales tradicionales empleadas en el país, una de la más exigente en cuanto a sitios y condiciones edafoclimáticas es el eucalipto, se optó por comparar el cultivo del piñonero con el de esta especie.

Dado que la rotación del huerto de piñonero considera un horizonte de 60 años, para comparar ambas alternativas la evaluación del eucalipto se realiza a tres ciclos continuos de 20 años.

La alternativa considera el establecimiento de eucalipto en un terreno con características óptimas para su desarrollo, a una densidad de 1.110 plantas/ha, que producirá al cabo de 20 años trozas pulpables, por lo que no se maneja (ni podas ni raleos),

4 Fundación Chile. 1995. Simulador Radiata.

5 INFOR. 2011. Boletín de Precios.

6 INFOR. 2012. Planilla experimental de crecimiento para Eucalipto.

7 INFOR. 2011. Boletín de Precios.

8 Ibid 2

efectuando sólo control de malezas anuales durante 2 años post plantación.

Los volúmenes estimados para eucalipto corresponden a 386 m³/ha en 20 años, rendimiento correspondiente a zonas costeras de las regiones de O'Higgins y Bio Bio⁶, donde el pino piñonero ha sido establecido; el valor medio de los ingresos (\$22.051/m³) se obtuvo de valores de trozas pulpables transadas en las regiones señaladas⁷; la evaluación consideró como ingreso inicial la bonificación correspondiente⁸. Los indicadores de rentabilidad del VAN al 6% fueron positivos, siendo muy sensibles a los precios, que alteran los ingresos así como los costos de producción.

Considerando la misma curva de adopción utilizada para el pino piñonero injertado, el escenario económico de plantaciones de *E. globulus* con un VAN al 6 % es de MM\$ 1.000,6 y una TIR de 9,9%.

Una síntesis de los indicadores obtenidos de la evaluación económica-social tanto para piñonero como para las alternativas con que se contrasta, se presenta en el Cuadro 70.

Cuadro 70. Indicadores de rentabilidad para los dos escenarios considerados

Escenario	Alternativa	Indicador	Valor para producción de piña	Valor para producción de piñón con cáscara	Mano de obra* (Total Jornadas)
Nivel tecnológico e inversión superior	Huerto pino piñonero	VAN (6%)	52.014.224.371	90.798.610.115	5.210.596
		TIR (%)	22	29	
	Plantación eucalipto	VAN (6%)	1.000.606.579		123.500
		TIR (%)	9,9		
Nivel tecnológico e inversión inferior	Plantación pino piñonero	VAN (6%)	1.648.521.078	13.052.329.742	759.781
		TIR (%)	7	13	
	Plantación pino radiata	VAN (6%)	278.285.169		113.600
		TIR (%)	7,6		

* Mano de obra generada en 60 años por concepto de establecimiento y manejo.

Al analizar los resultados obtenidos, se observa que la rentabilidad social derivada de plantaciones injertadas de piñonero considerando ambos productos es bastante elevada (Mutke *et al.*, 2000c), lo que se debe en gran medida a la existencia de ingresos en forma anual, contra lo cual cualquier inversión forestal tradicional difícilmente puede competir; la agregación de valor al producto, elaborándolo hasta piñón con cáscara, en el caso de huertos supone un aumento del VAN del 75%, y en plantaciones de casi siete veces.

El impacto de las diferentes opciones en la generación de empleo es relevante, observándose que en el caso de plantaciones de pino piñonero se generaría un promedio de 576 puestos permanentes, y en el caso de huertos injertados este valor ascendería a 3.947 puestos, ambos para los 60 años evaluados. La contribución al empleo de las plantaciones de piñonero injertadas, es más de 42 veces la generada por plantaciones de eucalipto; este valor disminuye a casi 7 veces al comparar plantaciones de pino piñonero con menor tecnología, versus plantaciones de pino radiata, significativamente inferior. Por otra parte, la mano de obra generada en las plantaciones forestales es de carácter temporal y responde a los años/meses en que se realiza algún tipo de manejo y cosecha, la que en el caso del pino corresponde a los años en que se planta, controla malezas (sólo un par de días), y ralea.

La evaluación realizada muestra resultados contrarios a los expuestos por Ovando *et al.* (2009), quienes estimaron los beneficios asociados al establecimiento de una plantación pura de pino piñonero en sustitución de un eucaliptal en Huelva (España), indicando que, sin considerar la calidad del sitio, el establecimiento y posterior manejo de una plantación de pino piñonero no

es rentable para un propietario forestal que demanda una tasa de rentabilidad real de su inversión del 4%. Por el contrario, el establecimiento y gestión intensiva de plantaciones de eucalipto genera beneficios positivos para el propietario si se usan sitios de calidad I y II, ya que las mismas plantaciones de eucalipto en sitios de menor calidad (III, IV y V) generan pérdidas incluso superiores a las percibidas con pino piñonero. Sin embargo, los autores indican que la transformación de un eucaliptal en un pinar de piñonero es una alternativa que genera rentas del trabajo superiores al mantenimiento del eucaliptal, lo que sí se observa en este caso.

Los indicadores obtenidos podrían incrementarse si se incluyeran otros beneficios cuantificables, como realizado por Ovando *et al.* (2008), quienes consideraron los beneficios y costos comerciales privados atribuidos a la silvicultura asociada directamente al pino piñonero (piñas, madera y leña), y las rentas derivadas del arrendamiento de pastos y caza. En este caso, adicionalmente el análisis económico desde la perspectiva de la sociedad incorpora los beneficios de los servicios públicos de mitigación del efecto invernadero por fijación de carbono y la recolección de setas por usuarios de libre acceso al pinar.

En particular existen beneficios no cuantificados factibles de adicionar, entre ellos:

- Control de la erosión y recuperación de suelos: el pino piñonero es una especie reconocida por su capacidad de desarrollarse en condiciones adversas, por lo que es usada para controlar la erosión y fijar dunas (Montoya, 1990). Se estima que su cultivo en zonas de secano y otras alteradas ambientalmente se beneficiarán por esta razón, protegiendo y mejorando el ambiente, debido a que se han observado efectos ambientales y socio económicos positivos de la forestación de dunas con pino piñonero y otras especies, reflejados en cambios en la calidad del suelo (acumulación de 190 Kg/ha de fosfato y 4% de materia orgánica) e incremento en el ingreso de la población por la comercialización de madera y piñones, después de 35 años, considerándose como especie apta para recuperar suelos marginales en zonas mediterráneas costeras de Anatolia (Akca *et al.*, 2010).
- Protección para animales en sistemas silvopastorales: esta especie también es beneficiosa al ganado, vacuno, ovino y caballar, por la generación de sombra, reduciendo la pérdida de peso en invierno y aumentando las tasas de pariciones. De hecho, fue una de las especies difundidas durante el Plan Chillán precisamente con ese objetivo (Plan Chillán, 1955).
- Fijación de carbono: contribuyendo a mitigar el cambio climático (Ovando *et al.*, 2008).
- Producción de hongos comestibles (Ovando *et al.*, 2008).
- Diversificación de la producción: se ha descrito que la diversificación puede aminorar y limitar riesgos de pérdidas por factores bióticos (enfermedades) y abióticos, y permitir enfrentar de mejor forma cambios en los mercados (Loewe y González, 2006).
- Aspectos sociales: el cultivo del pino piñonero conllevaría un mejoramiento de la calidad de vida de los propietarios involucrados, ya que no solo contarán con un ingreso anual, que no tienen cuando cultivan eucalipto, pino radiata u otra especie forestal tradicional, sino que éste será interesante desde un punto de vista económico.
- Menores importaciones o reemplazo de éstas: aun cuando las importaciones de piñones de pino a Chile son reducidas, se prevé que estas serán sustituidas por piñones producidos en Chile.
- Mejoramiento del paisaje: la incorporación de otra especie al paisaje rural, de hábito diferente al pino radiata, producirá una ruptura de la monotonía debido a su forma no tradicional, caracterizada por una copa globosa con forma de paraguas, contribuyendo a embellecer zonas descubiertas y/o erosionadas.

CONCLUSIONES

La realización de este libro y la revisión y procesamiento de la abundante información que contiene, nos ha permitido decantar algunas conclusiones en diferentes ámbitos, las que exponemos a continuación.

Generales

El pino piñonero es una especie única, que proporciona al hombre múltiples beneficios de importancia económica, ecológica, cultural y espiritual. La especie es conocida, tanto por su interés forestal como agrícola, dado que produce un fruto seco muy apreciado, los piñones mediterráneos o pinoli, y también madera de calidad media. Por estas características, el cultivo de esta especie, no tradicional en Chile, para producir piñones comestibles, constituye una opción factible de incorporarse en los sistemas productivos tradicionales, con la ventaja que crece en terrenos marginales y con requerimientos hídricos inferiores a los de otros frutales. Permitiría la incorporación de la componente forestal dentro del sistema agrícola tradicional, presentándose como un complemento interesante a la actividad económica predial, sobre todo para empresas pymes, para pequeños y medianos propietarios, campesinos y fruticultores.

La especie tiene un importante potencial de cultivo en una variada gama de suelos en el país y, aunque requiere de menos cuidados culturales que la mayoría de los cultivos de frutos secos, la aplicación de técnicas productivas tales como fertilización, podas, raleos, riego, selección genética e injerto permitirían mejorar la producción de piñones. Además, puede proporcionar otros productos, tales como leña, bioenergía, hongos, sombra para ganado y otros.

La cadena productiva industrial del piñón ha evolucionado incorporando nuevas tecnologías que incluyen la mecanización de numerosos procesos, desde la cosecha hasta la elaboración. Sin embargo, en gran parte de los bosques de los que se obtienen los piñones -en sus áreas de origen o de cultivo tradicional- no es posible incorporar estos cambios tecnológicos, lo que representa una oportunidad para el establecimiento de plantaciones y huertos especializados en Chile, diseñados para adaptarse a la nueva tecnología con menos requerimientos de mano de obra y costos inferiores.

La especie ha sido afectada en Europa por la plaga *Leptoglossus occidentalis*, que ataca las piñas de un año provocando su caída del árbol y deteriora las piñas de 2 y 3 años que permanecen vivas, con un alto número de piñones vanos. Esta severa plaga ha provocado una disminución significativa de la productividad de piñones, así como del rendimiento de piña a piñón blanco. Por el contrario, la sanidad de *P. pinea* en Chile es muy buena, no habiéndose detectado plagas ni enfermedades.

Dados los bajos niveles de coordinación entre países europeos donde la especie se encuentra afectada por *Leptoglossus occidentalis* y las escasas iniciativas existentes de control biológico o químico en algunos de ellos, se prevé que la situación sanitaria no mejorara en el corto o mediano plazo, lo que confirma la oportunidad de convertir a Chile en un productor mundial de piñas y piñones.

Respecto del Piñón

El piñón de *Pinus pinea* presenta múltiples usos, tanto alimentarios (se le compara con el caviar o langosta, y se le denomina oro blanco o diamante de los frutos secos) como medicinales, industriales y energéticos, entre otros.

Es un fruto comestible de sabor muy agradable, apreciado como alimento, tanto en forma directa como para confitería y gastronomía, por lo que tanto en Chile como en los países europeos, posee un alto valor comercial. El piñón es importante como fuente alimenticia, ya que posee 31-39% de proteínas, 5-13% de hidratos de carbono, 42-49% de grasas totales, insaturadas en una importante proporción (88-93%), y valores importantes de calcio, zinc, potasio y magnesio; además destaca su bajo contenido de almidones. Presenta un importante contenido de vitamina D, que mejora la fijación del calcio, de provitamina A, de las vitaminas hidrosolubles C y del complejo B (B1 y B2).

Los frutos secos en general, y los piñones en particular, son favorables para la salud, y han sido utilizados históricamente como alimento, habiéndose demostrado científicamente que su consumo en ciertas dosis disminuye considerablemente el riesgo de accidentes vasculares. Este piñón destaca por su contenido en ácido linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3 y 6), de reconocida calidad para la salud. El ácido pinolénico, que se encuentra exclusivamente en los piñones de pino y aceites derivados, reduce los niveles de colesterol "malo" (LDL) y estimula la producción de insulina, ayudando a prevenir y tratar la diabetes; también se le atribuyen propiedades benéficas en el tratamiento de úlceras y gastritis, entre otras.

Los resultados del análisis proximal y del perfil de lípidos, realizados a una muestra de piñones colectados entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía, mostraron que sus contenidos son similares, y en algunos casos superiores, a los de piñones de otras procedencias. Las evaluaciones de las características organolépticas o sensoriales de piñones cosechados en Chile fueron muy positivas, catalogándose su calidad como muy buena al evaluar aroma, apariencia, sabor y textura. No obstante lo anterior, es importante considerar las condiciones de conservación, aspecto primordial para garantizar la calidad del producto, debido al rápido enranciamiento que sufren los piñones.

Respecto del Mercado

La producción mundial de piñones con cáscara de *Pinus pinea* se estima en 30.000 toneladas anuales, siendo España el mayor productor, con 45% del total; Portugal, Italia, y Turquía son responsables del 38% de la producción mundial. España e Italia son importantes consumidores; la producción de Portugal y Turquía se destina fundamentalmente a la exportación.

El consumo y comercialización de estos piñones se concentra en la Unión Europea, por su relación con la cultura mediterránea, participando en un nicho de mercado de productos de alto valor cuyo potencial de expansión depende significativamente de las posibilidades de aumentar la oferta o disponibilidad de piñones locales y/o importados.

Su mercado es elástico en términos de cantidad (puede absorber tantos piñones como estén disponibles), y al mismo tiempo inelástico en términos de precio (aún con importante aumento de la oferta el precio no varía significativamente), lo que refleja el hecho que no hay sustitutos que alteren los precios a los que se transa.

La escasez mundial de piñones de pino reportada por varios autores y productores, y la aptitud de Chile para su cultivo, junto a las características y precio de este innovador producto, lleva a considerar su posibilidad de cultivo en Chile, tanto en esquemas forestales como agroforestales, o solo frutícolas.

En los últimos años se ha observado una disminución de la participación de piñones de *Pinus pinea* en los mercados, debido a la entrada de piñones de otras especies de pino, principalmente piñón chino, de cualidades alimenticias y nutricionales significativamente inferiores, pero disponible en volúmenes importantes y con un precio muy inferior, por lo que por ejemplo EEUU, gran consumidor de piñones, importa más del 80 % desde China. Destaca que últimamente el mercado del piñón chino -que corresponde a piñones de ocho especies distintas-, ha sido afectado por la detección de un problema asociado a su consumo, que provoca una alteración gustativa por períodos de hasta varias semanas, que se cree es provocada por el piñón de *Pinus armandii*, motivo por el cual las autoridades chinas están tratando de restringir el comercio de este fruto, situación que en el mercado mundial ha validado las diferencias de calidad de los piñones de distintas especies.

En Chile existe potencial para el cultivo de *Pinus pinea* para producir piñones de pino, generando una actividad productiva innovadora y atractiva. Más aún, existen empresarios e inversionistas europeos interesados, tanto en invertir en Chile en plantaciones de la especie como una alternativa para su abastecimiento futuro, como en comprar materia prima, enfrentando así la menor disponibilidad de piñones derivadas de las plagas que afectan los bosques europeos. Asimismo, en Chile existen empresas interesadas en emplear los residuos del procesamiento como bioenergía, lo que aumentaría la rentabilidad de este negocio.

La creación de una marca colectiva, que identifique los piñones producidos en Chile como de calidad, puede ser parte de una estrategia que favorezca su comercialización, tomando en cuenta la contra estación, que permite tener frutos frescos en los periodos de mayor consumo en el Hemisferio Norte, y sobre todo el reconocimiento del mercado mundial a otros frutos secos producidos en el país, como la nuez, que posee el mayor valor.

Respecto del Potencial de Desarrollo del Cultivo en Chile

En Chile la especie presenta diferencias importantes de crecimiento según los sitios en que se desarrolla, siendo superior en áreas de mayor disponibilidad hídrica. La productividad media en plantaciones alcanza 8,0 m³/ha/año en la zona centro norte y 12,7 m³/ha/año en la zona centro sur, valores similares o superiores a las mejores situaciones de Europa, donde se registran 8 a 10 m³/ha/año. La productividad en el país aumenta con la edad, con valores medios de 6,7; 11,2; y 13,8 m³/ha/año para clases de edad bajo 20, 20-40, y sobre 40 años, respectivamente.

Considerando que la especie muestra una interesante respuesta del crecimiento vegetativo al raleo, que más tarde se correlaciona con la producción frutal, recomendamos esta técnica de manejo en plantaciones de alta densidad desde temprana edad.

El territorio chileno cuenta con una gran potencialidad edafoclimática para el cultivo del pino piñonero, existiendo una superficie sin riego que asciende a 1,2 millones de hectáreas, con alta potencialidad productiva, concentrada en las regiones de la Araucanía y sur de Bio Bio; y con más de 3,6 millones de hectáreas para un nivel productivo medio de frutos. Adicionalmente, la especie también reviste interés desde el punto de vista de protección ambiental, objetivo con el que podrían establecerse casi 2 millones de hectáreas en zonas con precipitación entre 250 y 350 mm anuales. Considerando riego, la superficie potencial asciende a 9,3 millones de hectáreas, valor 6,8% superior respecto de la situación sin riego.

La integración de las áreas potenciales para la especie con los valores del Índice de Desarrollo Humano a nivel comunal, permitió identificar 14 categorías de prioridad socio económica para su cultivo, presentando la Región de La Araucanía la mayor superficie con primera prioridad (348.287 ha); las regiones del Bio Bio y Maule presentaron las mayores superficies con segunda y tercera prioridad (915.442 y 374.080 ha respectivamente). La superficie clasificada con primera y segunda prioridad a nivel nacional supera 2,3 millones de hectáreas, lo que transforma a este cultivo en una opción productiva que puede generar impactos positivos a nivel económico y social, beneficiando en forma directa a la población de numerosas comunas, en especial de varias de reconocida pobreza.

En el corto plazo existe la posibilidad de producir piñones en huertos injertados manejados intensivamente (fertilización, riego, podas y otras), en estudio.

Respecto de la Investigación y Desarrollo

Dada la variabilidad de antecedentes de crecimiento y productividad disponibles, tanto en Chile como del mundo, se considera como un aspecto a evaluar en el mediano y largo plazo en el país.

Se aconseja continuar la investigación con el fin de identificar, desarrollar o probar clones seleccionados en Europa que se adapten a las condiciones ecológicas del país, que sean de rápido crecimiento, precoces (inicio de la fructificación a temprana edad) y con elevada carga frutal.

Se constata la necesidad de investigar acerca de diferentes aspectos del cultivo de la especie; fertilización, podas, selección genética, injertos y riego, solos o combinados, adaptando los conocimientos desarrollados en su área de origen a las condiciones del país, o desarrollando otros, aún no desarrollados o necesariamente diferentes debido al vigor y desarrollo que la especie presenta en Chile, y que son relevantes desde el punto de vista productivo, para aumentar la producción y hacer que ésta sea constante.





BIBLIOGRAFÍA CITADA

Abellanas B. 1990. Estudios básicos para la mejora genética del pino piñonero (*Pinus pinea* L.): comportamiento reproductivo. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España. 249 p.

Abellanas B.; Pardos J.A. 1989. Seasonal development of female strobilus of Stone pine (*Pinus pinea* L.). Ann Sci For 46: 51-53.

Abellanas B.; Butler I.; Monteagudo F. 2000. Estudio de la rentabilidad económica de una parcela de injertos de pino piñonero a los nueve años de su instalación. Primer Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) Valladolid. Tomo II, Pp. 101- 110.

Abellanas B.; Alcaide C.; Butler Y.; Casado R.; Monteagudo F. 1993. Zonificación de Andalucía para el desarrollo de un programa de mejora genética de *Pinus pinea* L. Congreso Forestal Español. Lourizán. Ponencias y Comunicaciones, Tomo II. Pp. 27-32.

Abellanas B.; Oliet J.; Cuadros S.; Navarro R.; Butler I.; Monteagudo F.; Bastida F.; López J. 1997. Selección de clones de *Pinus pinea* para la producción de piña: diseño preliminar de un método de selección. Cuad Soc Esp Cs For 5:157-168.

ACEPI (Asociación Castellana de Elaboradores del Piñón). 2003a. Pedrajas de San Esteban. Los beneficios del piñón en nuestra dieta. [En línea]. <http://www.acepi.org/deHoy/beneficios.html>. [Consulta: 4-12-2008].

ACEPI (Asociación Castellana de Elaboradores del Piñón). 2003b. Pedrajas de San Esteban. Historia de los pinares y el piñón en Valladolid. <http://www.pedrajas.net/pedrajas/PEDRAJEROS/pinneros.htm>. [Consulta: 20-7-2012].

Agrimi M.; Ciancio O. 1994. Le pin pignon (*Pinus pinea* L.). Monographie. Provisional Proceedings, 16° CFFSA/CEF/CFPO, Meeting Silva Mediterranea, FAO, Larnaca, Chipre, 115 p.

Akca E.; Kapur S.; Tanaka Y.; Kaya Z.; Bedestenci H.; Yakti S. 2010. Afforestation effect on soil quality of sand dunes. Polish Journal of Environmental Studies 19 (6): 1109-1116.

Akgül M.E.; Yılmaz A. 1991. Ecological characteristics of Stone pine (*Pinus pinea* L.) in Turkey. Teknik Bülten Serisi, Ormandık Araştırma Enstitüsü Yayınlar 215. 56 P.

Albert F. 1909. Los 7 árboles forestales más recomendables para el país. Santiago, Chile, 52 p.

Alejano R. 2003. La regeneración de pinares mediterráneos naturales con especial referencia a *Pinus nigra* ssp. *Salzmannii*. Actas III Reunión sobre Regeneración Natural. IV Reunión sobre Ordenación de Montes. Cuad Soc Esp Cs For 15:77-87.

Alía R.; Agúndez D.; Alba N.; González-Martínez S.; Soto A. 2003. Variabilidad Genética y Gestión Forestal. Ecosistemas, Año XII, N° 3.

Alonso P.; Cortizo M.; Cantón F.; Fernández B.; Rodríguez A.; Centeno M.; Cánovas F.; Ordás R. 2007. Identification of genes differentially expressed during adventitious shoot induction in *Pinus pinea* cotyledons by subtractive hybridization and quantitative PCR. Tree Physiology 27(12): 1721-1730.

Alonso P.; Moncaleán P.; Fernández B.; Rodríguez A.; Centeno M.; Ordás R.J. 2006. An improved micropropagation protocol for Stone pine (*Pinus pinea* L.) Ann For Sci 63: 879-885.

Álvarez A. 2010. Caracterización de frutos de pino piñonero (*Pinus pinea* L.), producidos en localidades establecidas desde la región de Valparaíso hasta la Región de La Araucanía de Chile. Trabajo de investigación para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología, Santiago, Chile. 77 p.

Ammari Y.; Pique M.; Sghaier T.; Solano D.; Aleta N.; Bono D.; Hothmani H.; Albouchi A.; Garchi S.; Coello J.; Coll L.; Mutke S. 2011. The Stone pine in Tunisia, history, importance and future prospect. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 7.

Annesi T.; Curcio G.; D'amico L.; Motta E. 2005. Biological control of *Heterobasidion annosum* on *Pinus pinea* by *Phlebiopsis gigantea*. Forest Pathology 35: 127-134.

Anónimo. 2009a. Propiedades de los piñones. [En línea]. <http://www.botanical-online.com/propiedadespinones.htm> [Consulta: 23-2-2009].

Anónimo. 2009b. Ayuda a la gestión forestal privada. Revista Castilla y León Forestalis14: 33-35.

Anónimo. 2010. Uso del bosque como sumidero de carbono en Castilla y León. Revista Castilla y León Forestalis 16: 4-6.

Anónimo. 2012. Calorías y nutrientes en 100 gramos de frutos secos. [En línea]. <http://www.nutricion.pro/20-12-2007/alimentos/calorias-y-nutrientes-en-100-gramos-de-frutos-secos>. [Consulta: 23-6-2012].

Anónimo. s/f. Explotación del pino piñonero (*Pinus pinea*). Tema 22 Explotación sostenible de especies: recursos forestales.

ANSUB. 2008. Curso de Enxertia do Pinheiro Manso. Herdade do Vale Feitoso, Portugal.

Antonellini M.; Mollema P. 2010. Impact of groundwater salinity on vegetation species richness in the coastal pine forest and wetlands of Ravenna, Italy. Ecological Engineering 36 (9): 1201-1211.

Arce C.; Buenadicha P.; Sández M. 1983. Cambios metabólicos de proteínas durante el proceso de germinación de semilla de *Pinus pinea* L. sometida a un período de estratificación. Anales de Edafología y Agrobiología 42 (7 y 8): 1153-1167.

Arduini I.; Godbold D.; Onnis A. 1995. Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Ait seedlings. Tree Physiology 15 (6): 411-415.

Arija E. 1975. Geografía de España. Tomo III: "La Riqueza". Espasa-Calpe S.A. Madrid.

Arnaldo P.; Torres L. 2005. Parasitism of egg batches of *Thaumetopoea pityocampa* (Den & Schiff.) in Portugal. Revista de Biología (Lisboa) 23(1/4): 113-120.

Arnau J. 2008. Los piñones. [En línea]. <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1093> [Consulta: 3-8-2010].

Arranz P.; Álvarez M. 2008. Consumo y elaboración del piñón en Pedrajas de San Esteban (Valladolid): implicaciones para el desarrollo rural. Coloquio ibérico de estudios rurales, cultura, innovación y territorio. Coimbra, Portugal. 12 p.

Arslangüdogdu Z.; Hizal E. 2010. The western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910), recorded in Turkey (Heteroptera: Coreidae). Zoology in the Middle East 50: 138-139.

ASFOVA. 2004. El Pino Piñonero en España: Importancia, Necesidades y Potencialidad. [En línea] <http://www.agrodigital.com/PIArtStd.asp?CodArt=3374> [Consulta: 23-8-2008].

Atzmon N.; Van Staden J. 1994. The effect of seaweed concentrate on the growth of *Pinus pinea* seedlings. New Forests 8: 278-288.



Ávila A.; Delard C.; Loewe M.V. 2012a. Potential zones for Stone pine (*Pinus pinea* L.) in Chile. En Sustaining Humans and Forests in Changing Landscapes: Forests, Society and Global change. IUFRO Landscape Ecology Working Party Conference. Concepción, Chile. Noviembre 2012.

Ávila A.; Loewe M.V.; Delard C. 2012b. Potencialidad socio económica del cultivo del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en diferentes regiones y comunas de Chile. Ecosociedad, Bosques, Ruralidad y Urbanismo. Esquel, Argentina, 3-5 octubre 2012.

Ayrlimis N.; Buyuksari U.; Avci E.; Koc E. 2009. Utilization of pine (*Pinus pinea* L.) cone in manufacture of wood based composite. Forest Ecology and Management 259: 65-70.

Ayuntamiento Pedrajas de San Esteban. 2008. Tradición piñonera. [En línea] www.pedrajas.org [Consulta: 21-12-2010].

Badal E. 2001. La recolección de piñas durante la prehistoria en la Cueva de Nerja (Málaga). En: V. Villaverde (ed.), De neandertales a cromañones, el inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas. Universitat de València, España. Pp. 101–104.

Bagci E.; Karaagacli Y. 2004. Fatty acid and tocopherol patterns of Turkish pines. Acta Biol Cracov Ser Bot 46: 95–100.

Balaguerías E. 1971. Injertos en pinos. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Madrid, España. Comunicación Nº 91. 33 p.

Baonza M.; Gutiérrez A. 2009. Influencia de la calidad de estación de la procedencia de *Pinus pinea* L. sobre la densidad y extractivos de su madera. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

Barbeito I.; Pardo M.; Calama R.; Cañellas I. 2008. Effect of stand structure on Stone pine (*Pinus pinea* L.) regeneration dynamics. Forestry 81 (5): 617-629.

Barranco J.; Ortuño S. 2004. Aproximación del sector del piñón en España. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros 201: 165-189.

Barrera A. 2010. Nueva Revolución Alimentaria: el protagonismo del consumidor. [En línea] <http://www.arturobarrera.com/2010/09/nueva-revolucion-alimentaria-el.html> [Consulta: 16-8-2011].

Barriguiha A.; Pinheiro A.; Gonçalves A.; Dias S.; Ribeiro N.; Vacas De Carvalho M.; Gomes A. s/f. Avaliação do Desempenho de um Vibrador Mecânico na Colheita de Pinha (*Pinus pinea* L.). [En línea] <http://www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T1-12.pdf> [Consulta: 10-8-2011].

BBC. 2011. La nuez, el alimento más nutritivo y saludable. BBC Mundo. [En línea] http://bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/03/110328_nueces_antioxidantes_men.shtml [Consulta: 30-3-2011].

Benassai D.; Feducci M.; Innocenti M. 2009. Indagine sulle cause dei danni alla fruttificazione del pino domestico in Toscana. En: XXII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessão V: Entomologia Agraria. Ancora, 15-18 junio, Pp. 198.

Benelli G.; Santini A.; Canale A.; Lucchi A. 2011. Osservazioni preliminari sul sistema ghiandolare odorifero in adulti e ninfe di *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera, Coreidae). En: XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessão I: Morfologia funzionale, sistematica e filogenesi. Génova, 13-16 junio. Pp. 25.

Benito-Matías L.; Herrero S.N.; Jiménez J.; Peñuelas R.J. 2004. Aplicación de métodos colorimétricos para la determinación de la viabilidad en semillas de *Pinus pinea*: test de tetrazolio e índigo carmín. Cuad Soc Esp Cs For 17: 23-28.

Bento J.; Coutinho J. 2011. Boron deficiency in Stone pine. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Bertucci B. 1983. The pine processionary caterpillar. Informatore Fitopatologico 33(7/8): 21-29.

Bianchi L.; Giovannini G.; Paci M. 2005. La selvicoltura delle pinete della Toscana. (Pine forestry in Tuscany). ARSIA, Firenze, Italia, 109 p.

Bianchi L.; Faraoni L.; Giovannini G.; Paci M. 2011. Rinnovazione natural del pino domestico, indagini nella riserva di San Rossore. Sherwood 71: 21-26.

Bilgin F.; Acar I.; Gokce O. 2000. A case study on Stone pine (*Pinus pinea* L.) farms at Bergama-Kozak district in Türkiye. Actas del Primer Simposio del pino piñonero. Valladolid. Tomo II, Pp. 401-410.

Bilir N.; Kaya C.; Uslan D. 2010. Aydın Orijinli Fistikcamları (*Pinus pinea* L.) Fidanlarında Morfolojik Özellikler ve Fidan Kalitesi. Kastamonu Üni., Kakultesi Dergisi (Kastamonu Üni.). Journal of Forestry Faculty 10 (1): 37-43.

Blanco R.G.; Castro G.S.; Gil R.J. 2011. Effects of vibration duration and repetitions on efficiency and tree damage of mechanical harvesting for *Pinus pinea* L. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Blomhoff R.; Carlsen M.; Frost Andersen L.; Jacobs D. 2006. Health benefits of nuts, potential role of antioxidants. Br J Nutr 96: S52-S60.

Boisseau B. 1996. Ecology of Stone pine and brutia pine: determination of fertility index based on site factors. Revue Forestière Française 48 (4): 321-335.

Bono D.; Aleta N. 2011. Cone yield evaluation of *Pinus pinea* L. of a grafted trial. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Bono D.; Mutke S.; Gordo J.; Iglesias S.; Gil L.; Aleta N. 2006. El cultiu empeltat del pi pinyer: millora genètica i tecnològica. Investigación y tecnología agrolimentaria. Generalitat de Catalunya.

Bono D.; Othmani H.; Ammari Y.; Pique M.; Aleta N. 2011. Characterization of *Pinus pinea* and *P. halepensis* provenances from Spain and Tunisia related to their rootstock use. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 20.

Borghini G.; Massafra M.G. 2002. Legni da Ebanisteria. De Luca Editori D'Arte. Roma, Italia, 406 p.

Borrero G. 2004. El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía: Ecología, Distribución y Selvicoltura. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla, España. 261 p.

Bouchardon P. 1998. Las energías curativas de los árboles. Ed. Sirio, Argentina. 159 p.

Bourgerly C.; Castaner D. 1988. Les Plantations d'alignement. Institut pour le Développement Forestier (IDF). Paris, Francia. 415 p.

Bouthaina A.; El Aouni B.; El Hedi M. 2011. Influence of stand structure and silviculture practices on cone and seed production in planted forest of *Pinus pinea* in north of Tunisia. En: Encuentro Internacional sobre plagas que afectan a la piña de pino piñonero (*Pinus pinea*). Matapozuelos, España, 30 noviembre.



Boyer J.; Lui R. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr J* 3: 5.

Bracalini M.; Panzavolta T.; Miniati G.; Logarzo A.; Tiberi R.; Croci F. 2011. Notizie preliminari sulla biología di *Lep-toglossus occidentalis* in Toscana. En: XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessione IV: Entomologia Forestale. Gé-nova, 13-16 junio. Pp. 121.

Bracciotti S.; Gabellini A.; Tellini G.; Gualazzi S. 2003. Tenuta di San Rossore, note illustrative della carta forestale e della fruizione turística. 32 p.

Bravo J. 2010. El mercado de frutos secos. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias ODEPA. Ministerio de Agricultura. [En línea] http://www.ingenierosagronomos.cl/pcomciac/wp-content/uploads/2011/06/odepa_sept_2010.pdf [Consulta: 15-6-2012].

Bravo A.; Montero G. 2005. Site index in relation to edaphic variables in Stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in south west Spain. *Ann For Sci* 62 (1): 61-72.

Brunetti M.; Crivellaro A.; Maccioni N.; Zanuttini R. 2005. Realizzazione di manufatti con legno proveniente da sradicamenti. *Sherwood* 108: 11-15.

Buitrago M.; Abellanas B.; Martín L.M. 2001. Caracterización de la variabilidad genética, para caracteres métricos en *Pinus pinea* L. Congreso Forestal Español, Tomo 3CFE02-98-T2: 633-639, Granada, España.

Burczyk J.; Chalupka W. 1997. Flowering and cone production variability and its effects on parental balance in a Stone pine clonal seed orchard. *Ann Sci For* 54 (1997) 129-144.

Bussotti F. 1997. Stone pine (*Pinus pinea* L.). *Sherwood* 3 (3)11: 31-34.

Butler I.; Abellanas B.; Monteagudo F.; Bastida F.; López J. 1997. Primeros resultados de una parcela de ensayo de técnicas de cultivo agronómico de injertos de pino piñonero en la finca experimental "El Cebollar" (Moguer, Huelva). II Congreso Forestal Español Tomo: 2 CFE03-016-T3, Pp. 99-104.

Buyuksari U.; Ayilimis N.; Avci E.; Koc E. 2010. Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste Stone pine (*Pinus pinea* L.) cones. *Bioresource Technology* 101: 255-259.

CABI. 2012. *Pinus pinea* (Stone pine) Forestry Compendium. [En línea] <http://www.cabi.org/fc/?compid=2&dsid=41689&loadmodule=datasheet&page=2147&site=163> [Consulta: 10-8-2012].

Calado N. 2011. Pine nut market: Portuguese perspective. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Calama R. 2004. Modelo interregional de selvicoltura para *Pinus pinea* L. Aproximación mediante funciones con componentes aleatorios. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 300 p.

Calama R.; Montero G. 2005a. Cone and seed production from Stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Central Range (Spain). *Eur J Forest Res.* 13 P. [En línea]. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-005-0100-8> [Consulta: 21-12-2009].

Calama R.; Montero G. 2005b. Multilevel Lineal Mixed Model for Tree Diameter Increment in Stone Pine (*Pinus pinea* L.): a calibrating approach. *Silva Fennica* 39 (1): 37-54.

Calama R.; Montero G. 2006. Stand and tree-level variability on stem form and tree volume in *Pinus pinea* L.: a multilevel random component approach. *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.* 15(1): 24-41.

Calama R.; Montero G. 2007. Cone and seed production from Stone Pine (*Pinus pinea* L.) stands in Central Range (Spain). *Eur J Forest Res* 126 (1): 23-35.

Calama R.; Cañadas N.; Montero G. 2003. Inter-regional variability in site index models for even-aged stands of Stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain, *Ann For Sci* 60: 259-269.

Calama R.; Sánchez-González M.; Montero G. 2007a. Management oriented growth models for multifunctional Mediterranean forests: the case of the Stone pine (*Pinus pinea* L.). *EFI Proceeding 56 Joensuu*: European Forest Institute. Pp. 57-69.

Calama R.; Madrigal G.; Candela J.A.; Montero G. 2007b. Effects of fertilization on the production of an edible forest fruit: Stone pine (*Pinus pinea* L.) nuts in the south-west of Andalusia. *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.* 16 (3): 241-252.

Calama R.; Gordo F.J.; Mutke S.; Montero G. 2008a. An empirical ecological-type model for predicting Stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production in the Northern Plateau (Spain). *Forest Ecology and Management* 255: 660-673.

Calama R.; Mutke S.; Sánchez M.; Garriga E.; Montero G. 2007c. Modelling spatial and temporal variability on Stone pine (*Pinus pinea* L.) cone quality: preliminary results. *EFIMED Scientific Seminar: Modelling, Valuing and Managing Mediterranean forest ecosystem for non-timber goods and services*. CIFOR-INIA.

Calama R.; Finat L.; Gordo A.J.; Bachiller A.; Ruíz-Peinado R.; Montero G. 2005. Estudio comparativo de la producción de madera y piña en masas regulares e irregulares de *Pinus pinea* en la provincia de Valladolid. IV Congreso Forestal Español. Mesa 3. SECF y Diputación General de Aragón.

Calama R.; Garriga E.; Bachiller A.; Gordo J.; Finat L.; Montero G. 2007d. PINEA2: un modelo integrado para la gestión de la masas regulares de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte. *Actas de la II reunión sobre aspectos básicos de la modelización forestal*. *Cuad Soc Esp Cs For* 23: 147-152.

Calama R.; Cañellas I.; Bachiller A.; Madrigal G.; Mutke S.; Pardos M. 2008b. Early silvicultural practices in Stone pine (*Pinus pinea*) stands. *EFI Scientific Seminar: Adaptation of forest landscape to environmental changes*.

Calama R.; Tomé M.; Sánchez-González M.; Miina J.; Spanos K.; Palahi M. 2010. Modelling non-wood forest products in Europe: a review. *Forest Systems* 19 (SI): 69-85.

Calama R.; Mutke S.; Tomé J.; Gordo J.; Montero G.; Tomé M. 2011. Modelling spatial and temporal variability in a zero-inflated variable: the case of Stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production. *Ecological Modelling* 222 (3): 606-618.

Calama R.; Del Río G.M.; Sánchez-González M.; Madrigal C.G.; Garriga G.E.; Moro V.J.; Montero G.G. 2009. Modelo para la gestión multifuncional de repoblaciones de *Pinus pinea* L. en Sierra Morena y Meseta Sur. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta Castilla y León.

Calderon A.; Bustamante J.; Riu N.; Pérez S. 2008. Comportamiento de coníferas bajo riego en Dique Yaucha, Mendoza, Argentina. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo* 40 (1): 67-72.

Calvo E. 2012. Contra la privatización de la felicidad. *Diario El Mercurio, Vida Ciencia y Tecnología*, 24/8/2012.

Campadelli G.; Sama G. 1993. *Arhopalus syriacus* Reitter (Coleoptera, Cerambycidae). *Informatore Fitopatologico* 43 (7-8): 35-37.



Campelo F.; Nabais C.; Freitas H.; Gutiérrez E. 2007. Climatic Significance of Tree-ring Width and Intra-annual Density Fluctuations in *Pinus pinea* from a Dry Mediterranean Area in Portugal. *Annals of Forest Science* 64: 229–238.

Campos P.; Ovando P.; Oviedo J.L. 2011. Proyecto RECAMAN: renta total y capital del bosque de pino piñonero en Andalucía. En *Jornadas sobre Pinar, Pino, Piña y Piñón-Piñonero*. Córdoba, España, 3 y 4 noviembre 2011.

Cañellas I.; Cañadas N.; Bachiller A.; Montero G. 2000. Caracterización química de los piñones de *Pinus pinea* L. para el sur y centro de España. *Actas Primer Simposio del Pino Piñonero*, Valladolid. Tomo II, Pp. 221–226.

Cantiani M.G.; Scotti R. 1988. Even-aged stands of Stone pine (*Pinus pinea*) on the Tyrrhenian coast: studies on growth and yield under different silvicultural regimes. *Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Apicoltura* 11: 1-54.

Cañadas M.; Güemes C.; Garriga E.; Montero G. 2001. Estimación de la dimensión de copa de los árboles de *Pinus pinea* L. en las masas del Sistema Central. III Congreso Forestal Español. Granada. SECF, EGMASA. Vol 5: 807-813.

Cañellas I.; Del Río M.; Bravo F. 2005. Estado actual del conocimiento sobre modelización forestal empírica en España. *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.* 8 (2): 335-360.

Cañellas I.; Finat L.; Bachiller A.; Montero G. 1999. Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: ensayo de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.* 8 (2): 335-360.

Capitoni B.; Giordano E.; Maffei L.; Recanatesi F.; Scarascia-Mugnozza G.T.; Tinelli A.; Troiani L. 2009. Problemi di rinnovazione delle pinete di carattere estetico e paesaggistico nella Tenuta di Castelporziano. *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il Miglioramento e la Conservazione dei Boschi Italiani*, Sessione 1. Selvicoltura: biodiversità, risorse genetiche, aree protette, fauna. Pp. 124-130.

Carneiro A. 2005. Ganhos genéticos na selecao de caraterísticas biométricas das pinhas e semente de pinheiro manso. V Congreso Forestal Nacional. Portugal. [En línea]. <http://www.esac.pt/cearnas/cfn5/docs/T3-16.pdf> [Consulta: 12-8-2011]. 11 P.

Carneiro A.; Dalpuim M.; Vacas De Carvalho M. 2007. Manual Ilustrado de Enxertia do Pinheiro Manso. Estación Florestal Nacional. Ministerio de Agricultura, Portugal. 30 p.

Carneros E. 2009. Embriogénesis somática en pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Tesis Doctoral. Depto. Biología Celular y Genética, Univ. de Alcalá. Alcalá de Henares, España. 240 p.

Carneros E.; Zavattieri A.; Hernández I.; López-Vela D.; Toribio M.; Celestino C. 2005. Inducción de masas preembriogénicas en embriones cigóticos de pino piñonero. En *Actas del IV Congreso Forestal Español*, Tomo 4CFE05-163-T1: 202-208.

Carneros E.; Celestino C.; Klimaszewska K.; Park Y.; Toribio M.; Bonga J. 2009. Plant regeneration in Stone pine (*Pinus pinea* L.) by somatic embryogenesis. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 98:165-178.

Carnevale J.A. 1955. Árboles forestales, descripción, cultivo y utilización. Buenos Aire, Argentina. 689 p.

Carrasquinho I.; Freire J.; Rodrigues A.; Tomé M. 2010. Selection of *Pinus pinea* L. plus tree candidates for cone production. *Annals of Forest Science* 67(8): 814p1-814p7.

Carrasquinho I.; Goncalves E. 2011. Mediterranean Stone pine (*Pinus pinea* L.) provenances. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Carrasquinho I.; Rodrigues A.; Freire J.; Tome M. 2011. Mediterranean Stone pine genetic improvement program in Portugal: a methodology for selecting plus trees. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Carvalho J. 2006. Caracterização química do pinhao de *Pinus pinea* L. *Silva Lusitana* 4: 89–96.

Carvalho M.; Dalpuim M.; Carneiro M. 2000. Silvicultura do Pinheiro manso (*Pinus pinea* L.). Primer Simposio del Pino Piñonero (*Pinus pinea*). Valladolid, España. Tomo 1, Pp. 169-176.

Castaño J.; Estirado M.; Abellanas B.; Butler I.; Cosano I.; Luengo J.; García J.; Candela J. 2004. Puesta en valor de los recursos forestales Mediterráneos. El injerto de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). *Manuales de Restauración Forestal* Nº 9. 248 p.

Castellani C. 1989. La produzione legnosa e del frutto e la durata del turno economico delle pinete coetanee di pino domestico (*Pinus pinea* L.) in un complesso assestato a prevalente funzione produttiva in Italia. *Annali Istituto Sperimentali Assestamento Forestale e Apicoltura* 12: 161-221.

Castro S.; Blanco G.; Gil J. 2010a. Suitability of *Pinus pinea* L. pine cone for selective mechanical harvesting by vibration. *Actas de la International Conference on Agricultural Engineering: towards environmental technologies*. Clermont-Ferrand, Francia. Pp. 088.

Castro M.R.; Ragonezi C.; Klimaszewska K.; Lima M.; Oliveira P.; Zavattieri M.A. 2010b. Mycorrhiza-like structures in rooted microshoots of *Pinus pinea* L. *Acta Horticulturae* (865): 179-185.

Catalán G. 1990. Plantaciones de *Pinus pinea* en zonas calizas para la producción precoz de piñón. ICONA, Madrid. *Ecología* 4: 105-120.

Catalán G. 1998. Current Situation and Prospects of the Stone pines as Nut Producer. *FAO. Nucleus Newsletter*. Pp. 28-32.

Catalán G. 1999. Stone pines as nut producers: current situation and prospects. *Yearbook, West Australian Nut and Tree Crops Association* 23: 10-17.

Cayuela L.; Hódar J.; Zamora R. 2011. Is insecticide spraying a viable and cost-efficient management practice to control pine processionary moth in Mediterranean woodlands?. *Forest Ecology and Management* 261(11): 1732-1737.

Cazzato V. 1989. Tutela dei Giardini Storici. Roma, Italia, 466 p.

Celestino C.; Hernández I.; Carneros E.; López-Vela D.; Jiménez J.; Alegre J.; Vieira-Peixe A.; Zavattieri A.; Toribio M. 2007. La embriogénesis somática como vía de regeneración clonal de especies forestales mediterráneas. *Revista de Ciencias Agrarias*, Pp. 483-490.

Celestino C.; Ruiz M.; Alegre J.; Toribio M. 2011. Cloning Stone pine (*Pinus pinea* L.) by somatic embryogenesis. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Celulosa Argentina. 1977. Libro del árbol. Volumen III, Buenos Aires, Argentina. 156 p.

Centre de la Propietat Forestal. 2009a. Silvicultura del pino piñonero, producción de madera y piña.

Centre de la Propietat Forestal. 2009b. Silvicultura del pi pinyer per a producció de fusta i pinya. 20 p.



Ciancio O.; Cutini A.; Mercurio R.; Veracini A. 1986. Sulla struttura della pineta di pino domestico di Alberese. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Italia. Vol. XVIII. Pp. 169-236.

Ciancio O.; Travaglini D.; Bianchi L.; Mariotti B. 2009. La gestione delle pinete litoranee di pino domestico: il caso dei "Tomboli de Cecina". Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il Miglioramento e la Conservazione dei Boschi Italiani, Sessione 1. Selvicoltura: biodiversità, risorse genetiche, aree protette, fauna. Pp. 156-162.

CIDAM. 2012. Centre d'Informació i Documentació Ambiental de la Comunitat Valenciana. 2002. Otros Insectos: Dioryctria mendacella. [En línea] <http://www.cma.gva.es/cidam/emedio/biodiversidad/Insectos/Otros%20insectos/Dioryctria%20mendacella.htm> [Consulta: 3-7-2012].

Climent J.; Chambel R.; Barba D.; Voltas J.; Alía R. 2008. Evaluación Genética de la planta forestal: Concepto y Resultados disponibles para rodales de pinos españoles. Boletín CIDEU 6-7:69-82.

Codesido V.; Merlo E. 2002. Floral Induction in a *Pinus radiata* D. Don seed orchard in northern Spain. IUFRO Working parties, Orleans. 27-30 mayo 2002.

Colón F.J.; Gutiérrez M.F.; Ruiz P.M.; Probanza L.A. 2001. Incremento de parámetros biométricos y de la actividad biológica rizosférica de *Pinus pinea* mediante la utilización de bacterias promotoras del crecimiento y ectomicorrizas. III Congreso Forestal Español. Pp. 380-385.

Consejería de Agricultura y Ganadería. 2011. ORDEN AYG/1066/2011 [En línea]. <http://bocyl.jcyl.es/boletines/2011/09/01/pdf/BOCYL-D-01092011-1.pdf> [Consulta: 17-6-2012].

Consejería de Fomento y Medio Ambiente. 2012. ORDEN FYM/744/2012 que modifica la Orden MAM/875/2011 que regula el aprovechamiento de piña cerrada de *Pinus pinea* L. BOCYL N°176. Pp. 56011-56016.

Consejería de Medio Ambiente. 2004. El Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. Ecología, distribución y selvicultura. Junta de Andalucía. Sevilla, España. 261 P. [En línea]. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-409_EL_PINO_PINHONERO_EN_ANDALUCIA/80-409.htm [Consulta: 12-8-2012].

Consejería de Medio Ambiente. 2011. ORDEN MAM/875/2011. [En línea]. <http://bocyl.jcyl.es/boletines/2011/07/06/pdf/BOCYL-D-06072011-1.pdf> [Consulta: 2-6-2012].

Contreras A.E.; Prades L.C.; Martín De Almagro R. 2009. Análisis del ciclo de producción de piña de *Pinus pinea* L. en la comarca de Villaviciosa de Córdoba y de la influencia de los actores climáticos en la variación interanual. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) - Universidad Austral de Chile (UACH). 1987. Árboles frutales: situación y potencial en el sur de Chile. Chile. 59 p.

Correia A.C.; Tomé M.; Pacheco C.A.; Faia S.; Dias A.C.; Freire J.; Carvalho P.O.; Pereira J.S. 2010. Biomass allometry and carbon factors for a Mediterranean pine (*Pinus pinea* L.) in Portugal. Forest Systems 19 (3): 418-433.

Cortizo M. 2003. Propagación in vitro de individuos seleccionados de *Pinus pinea*. [En línea] <http://www.unioviado.es/bos/Doctorado/DOCTORADO0203/CARTELES/PDF/CORTIZOMILLAN.PDF> [Consulta: 25-8-2011].

Cortizo M.; Alonso P.; Fernández B.; Rodríguez A.; Centeno M.L.; Ordás R.J. 2004. Micrografting of mature Stone pine (*Pinus pinea* L.) trees. Ann For Sci 61: 843-845.

Cortizo M.; Diego N.; Moncaleán P.; Ordás R. 2009. Micropropagation of adult Stone pine (*Pinus pinea* L.). Trees: Structure and Function 23 (4): 835-842.

Cortizo M.; Álvarez J.M.; Rodríguez A.; Fernández B.; Ordás R.J. 2010. Cloning and characterization of a type-A response regulator differentially expressed during adventitious shoot formation in *Pinus pinea* L. Journal of Plant Physiology 167: 1023-1026.

COST (European Cooperation in Science and Technology). 2009. COST Action 873 Bacterial diseases of Stone fruits and nuts. Monitoring Progress Report. Period: 20/12/2006 to 31/12/2009. 40 p.

Costa R.; Evaristo I. (Eds.). 2008. Condição de Povoamentos de Pinheiro Manso e características Nutricionais do pinhao. Projecto Agro 945. Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, INRB. Lisboa, Portugal. 48 p.

Cotroneo A. 2012. Il deperimento del pino causato dal nematode del legno. Newsletter Forestale N°53, julio 2012. [En línea]. <http://www.regione.piemonte.it/foreste/cms/it/home/%20443-il-d%20eperimento-del-pino-causato-dal-nematode-del-legno.html> [Consulta: 31-7-2012].

Court-Picon M.; Gadbin-Henry C.; Guibal F.; Roux M. 2004. Dendrometry and morphometry of *Pinus pinea* L. in lower Provence (France): adaptability and variability provenances. Forest Ecology and Management 194: 319-333.

Crawford M. 1995. Nut pines. Yearbook, West Australian Nut and Tree Crops Association 19: 56-66.

Cruz C. 2008. La cascara de piñón ahorra el 30% más que el gas. [En línea] <http://www.elnortedecastilla.es/20080227/palen-cia/cascara-pinon-ahorra-20080227.html> [Consulta: 12-8-2011].

Cuadros S.; Francia J.R. 1993. *Pinus sabiniana* Dougl. Alternativa productora de piñón comestible y compatibilidad de injertado sobre diversos patrones. Congreso Forestal Español. Lourizan. Ponencias y Comunicaciones. Tomo II.

Cuesta C. 2008. Bases Fisiológicas y Moleculares en la Micropropagación de familias de *Pinus pinea* L. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. Oviedo. España, 149 p.

Cuesta C.; Ordás R.; Fernández B.; Rodríguez A. 2008. Clonal micropropagation of six selected half-sibling families of *Pinus pinea* and somaclonal variation analysis. Plant Cell Tiss Organ Cult 95:125-130.

Cuesta C.; Ordás R.J.; Rodríguez A.; Fernández B. 2010. PCR-based molecular markers for assessment of somaclonal variation in *Pinus pinea* L. clones micropropagated in vitro. Biologia Plantarum 54 (3): 435-442.

Cuesta C.; Rodríguez A.; Centeno M.L.; Ordás R.J.; Fernández B. 2009. Caulogenic induction in cotyledons of Stone pine (*Pinus pinea*): relationship between organogenic response and benzyladenine trends in selected families. Journal of Plant Physiology 166: 1162-1171.

Cuevas E.I.; Jiménez P.F. 2002. Pino piñonero para madera laminada. Boletín de Información Técnica N° 215: 24-29.

Cuevas L.; Prades C.; Martín R.; Rabasco J. 2005. Influencia de la poda sobre la producción de piña de *Pinus pinea* L. en la comarca de Villaviciosa de Córdoba. IV Congreso Forestal Español. Tomo I Pp. 251.

Dapporto L.; Baracchi D.; Roversi P.; Turillazzi S. 2009. Composti polari e apolari dell'epicuticola di *Leptoglossus occidentalis*. En: XXII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessione V: Ecologia e Etologia. Ancona, 15-18 junio. Pp. 172.



De Dios J.; Pardo M.; Madrigal G.; Conde M.; Finat L.; Gordo J.; Calama R. 2011. Effect of stand composition and stocking management in Mediterranean Stone pine (*Pinus pinea* L.) forests. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 23.

De Ferrari L.; Ramírez O. 1998. Manual de detección y control de plagas y enfermedades presentes y potenciales en plantaciones de pino y eucalipto. Concepción, Chile. 114 p.

De Miguel M.S. 1999. Crecimiento y supervivencia de repoblaciones forestales sobre terrenos agrícolas con *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus pinea* L. producidos en vivero sobre diferentes sustratos e inoculados con *Rhizopogon roseolus* (Corda) Th. M. Fr. Universidad de Lleida, España. 78 p.

Del Río M.; Aguirre M.; Calama R.; Madrigal G.; Gordo J.; Finat L.; Álvarez D.; Montero G.; Mutke S. 2011. Early thinning for crown expansion and drought stress reduction. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 24.

Dengiz O.; Gol C.; Sarioglu F.; Edis S. 2010. Parametric approach to land evaluation for forest plantation: a methodological study using GIS model. African Journal of Agricultural Research 5(12): 1482-1496.

Destailats F.; Cruz-Hernández C.; Giuffrida F.; Dionisi F.; Mostin M.; Verstegen G. 2011. Identification of the botanical origin of commercial pine nuts responsible for dysgeusia by gas-liquid Chromatography analysis of fatty acid profile. Journal of Toxicology 2011. 7 p.

Di Bérenger A. 1982. Archeologia Forestale, ossia dell'Antica Storia e Giurisprudenza Forestale in Italia. Roma, Italia. 806 p.

Diamantoglou S.; Panagopoulos I.; Muñoz-Feriz A.; Rhizopoulou S. 1990. In vitro studies of embryo growth, callus formation and multiple bud induction of *Pinus pinea* L. Journal of Plant Physiology 137: 58-63.

Domínguez J. 2011. Estudio de producción de piñas y sus daños y la chinche del pino *Leptoglossus occidentalis* en Castilla y León. Encuentro Internacional sobre Plagas que afectan a la piña del Pino Piñonero (*Pinus pinea*). Matapozuelos (Valladolid), 30 noviembre de 2011.

Domínguez S.; Herrero N.; Carrasco I.; Ocaña B.; Peñuelas J. 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: resultados de vivero. Actas del II Congreso Forestal Español. Pamplona. Mesa 3, Pp. 189-194.

Domínguez L.S.; Oliet P.J.; Ruiz P.; Carrasco M.I.; Peñuelas R.J.; Serrada H.R. 2000a. Influencia de la relación N-P-K en el desarrollo en vivero y en campo de planta de *Pinus pinea*. Actas del Congreso del I Simposio del pino piñonero. Valladolid. Pp. 195-202.

Domínguez S.; Carrasco I.; Herrero N.; Ocaña L.; Nicolas J.; Peñuelas J. 2000b. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantas de *Pinus pinea* en campo. Actas del Primer Simposio sobre pino piñonero. Valladolid. Tomo I, Pp. 203-209.

Doutaz J.; Bugmann H.; Frey H. 2006. Swiss Stone pine and sea climate: the importance of microsites. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 157 (6): 196-207.

EGMASA (Empresa de Gestión Medioambiental). 1998. Estudio del sector de la piña y análisis de viabilidad de una planta de transformación en Andalucía. 80 p.

Eig A. 1931. Les éléments et les groupes phytogéographiques auxiliaires dans la flore Palestinienne. I. Texte. Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih. 63:1-201.

Eizaguirre M.; Arenas N.; Lumbierres B.; Pons X. 2002. Daños de *Palaeococcus fuscipennis* Burm (Homóptera: Margarodidae) en pinos y cipreses de los parques de Lleida. Boletín de Sanidad Vegetal 28(2): 199-205.

El-Khorchani A.; Gadbin-Henry C.; Bouzid S.; Khaldi A. 2007. The impact on drought of three forest species in Tunisia (*Pinus halepensis*, *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* Sol.). Sécheresse 18 (2): 113-121.

Escalona A. 2005. Estudio de componentes en semillas de piñón (*Pinus pinea*) y michay (*Berberis darwin* Hook), factibles de utilizar en el desarrollo de alimentos funcionales. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología. 52 p.

Eurocompany. 2008. Pinolo. [En línea]. <http://www.eurocompanysrl.com/curiosita3.html>. [Consulta: 5-12-2008].

European Commission (EC). Health & Consumer Protection Directorate-General. E1- Biotechnology and Plant Health. 2008. Situation of pinewood nematode in the EU and the consequences for trade. Standing Committee on Forestry. Information Document. Brussels, 3/12/2008. 6 p.

EUROSTAT. 2012. [En línea]. <http://epP.eurostat.ec.europa.eu/newxtweb/mainxtnet.do>. [Consulta: 4-4-2012].

Evaristo I.; Tenreiro R.; Costa R. 2007. Caracterização Molecular de Genotipos seleccionados de Pinheiro Manso para o controlo da qualidade do pinhão. Silva Lusitana 15 (2): 139-170.

Evaristo I.; Tenreiro R.; Costa R. 2008. Caracterização de parâmetros biométricos e de ácidos gordos em pinhões de populações portuguesas de *Pinus pinea* L. Silva Lusitana 16 (1): 1-19.

Evaristo I.; Costa S.R.; Baeta J.; Pais M.S. 2002. Caracterização Molecular de Proveniências de *Pinus pinea* L. por RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). Silva Lusitana 10 (1): 53-61.

Evaristo I.; Batista D.; Correia I.; Correia P.; Costa R. 2010. Chemical profiling of Portuguese *Pinus pinea* L. nuts. Journal of the Sciences of Food and Agriculture 90 (6): 1041-1049.

Evaristo I.; Batista D.; Correia I.; Correia P.; Costa R. 2011. Chemical profiling of Portuguese *Pinus pinea* L. nuts and comparative analysis with *P. koraiensis* Sieb. & Zucc. commercial kernels. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Faccoli M. 2007. Breeding performance and longevity of *Tomicus destruens* on Mediterranean and continental pin species. Entomologia Experimentalis et Applicata 123(3): 263-269.

Faccoli M.; Battisti A.; Masutti L. 2005. Phenology of *Tomicus destruens* (Wollaston) in northern Italian pine stands. Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems. Pp. 185-193.

Fady B.; Fineschi S.; Vendramin G.G. 2004. EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use of Italian Stone pine (*Pinus pinea*). International Plant Genetic Resources Institute, Roma. 6 p.

Fady B.; Fineschi S.; Vendramin G. 2008. EUFORGEN Guía práctica para la conservación genética y utilización del pino piñonero (*Pinus pinea*). Traducción A. Prada. Foresta. Madrid. España. 6 p.



- Fálder, A. 2004.** Enciclopedia de los alimentos. Frutos secos y frutas desecadas. Piñones. Distribución y Consumo (77): 117-135.
- Fallour D.; Fady B.; Lefevre F. 1997.** Study on isozyme variation in *Pinus pinea* L. Evidence for low Polymorphism. *Silvae Genetica* 46 (4): 201-207.
- FAO. 1995a.** Non-wood forest products from coniferous. Forestry Department, Food and Agricultural Organization of the United Nations. [En línea]. <http://www.fao.org/docrep/X0453E/X0453e00.htm> [Consulta: 17-1-2009].
- FAO. 1995b.** El pino piñonero como árbol productor de frutos secos en los países mediterráneos. I Reunión de la Red de Frutos secos de la FAO sobre el pino piñonero. Madrid, noviembre 1995. 146 p.
- FAO. s/f.** Amélioration du *Pinus pinea* au Maroc. [En línea] <http://foris.fao.org/static/data/silvamed/arezzo/Pinus-pinea.pdf> [Consulta: 8-8-2012].
- FDA (Food and Drug Administration). 2003.** Qualified Health Claims, Letter of Enforcement Discretion, Nuts and Coronary Heart Disease. Food & Drug Administration, Rockville, MD. Pp. 1-4.
- FEDERLEGNO-ARREDO. 1992.** Panoramica Verde, Le Foreste nel mondo, gli alberi d'Italia. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Direzione Generale per l'Economia Montana e per le Foreste. Roma, Italia, 159 p.
- Fernández M.; Martínez C.J. 1984.** Ultrastructural changes in naturally aged *Pinus pinea* seeds. *Physiol Plant* 62 (4): 581-588.
- Fernández M.; Martín D.; Masedo F.; Pardos J.A. 2000.** Efecto del régimen de riego sobre la conductancia hidráulica en tallo de hipocotilo de *Pinus pinea* L. *Actas del Primer Simposio del pino piñonero*. Valladolid. Tomo I, Pp. 177-181.
- Fernández B.; García M.; Cadahía E.; Arrabal C.; Cortijo M. 2001.** Analysis of lipophilic compounds in needles of *Pinus pinea* L. *Ann For Sci* 58: 449-454.
- Ferretti M.; Udisti R.; Barbolani E. 1993.** Mineral nutrients and trace metals in tree rings of *Pinus* sP. *Journal of Analytical Chemistry* 347 (10/11): 467-470.
- Figuerola J. 2000.** Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. *Chloris Chilensis*. Revista Chilena de la Flora y Vegetación N° 2. Año 3. [En línea]. <http://www.chlorischile.cl/> [Consulta: 18-4-2009].
- Fletcher J. 2007.** Pine nuts, the popularity of pignoli. [En línea]. <http://www.epicurean.com/articles/pine-nuts-pignoli.html> [Consulta: 18-4-2009].
- Folcrá T.J. 2000.** El piñón: mercado nacional e internacional. *Actas Primer Simposio del pino piñonero (Pinus pinea L.)*. Tomo II, Pp. 311-312.
- Fonseca R. 2003.** De piñas y piñones. *Ciencias* 69: 64-65.
- Fonseca N.; Azevedo N. 1990.** Contribution to the knowledge on and control of diseases on *Pinus pinea*. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 16 (2): 447-453.
- Forest Genetics Council British Columbia. s/f.** Western Conifer Seed Bug (*Leptoglossus occidentalis*). Cone and Seed Insect Pest Leaflet N°4. 9 p.

Frederico A.M.; Zavattieri M.A.; Campos M.D.; Guerra C.H.; McDonald A.E.; Arnholdt-Schmitt B. 2009. The gymnosperm *Pinus pinea* contains both AOX gene subfamilies, AOX1 and AOX2. *Physiologia Plantarum* 17: 566-577.

FSA. 2011. Food Standards Agency. New rules for export of Chinese pine nut kernels into European Union and other European countries. [En línea]. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/chinese-pine-kernels>. [Consulta: 9-6-2012].

Fuentes V. 2009. Análisis del mercado internacional de piñones de *Pinus pinea* L. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 61 p.

Fundación Ahdonay. 2011. La forma natural de reducir la ingesta calórica [En línea] http://alimentacion.org.ar/index.php?view=article&catid=38%3Apublicaciones-especializadas&id=1368%3Ala-forma-natural-de-reducir-la-ingesta-calorica&tmpl=component&print=1&layout=default&page=&option=com_content&Itemid=56 [Consulta: 8-9-2011].

Gallardo M.J.; Gallardo D.J. 1991. Five studies on grafts in *Pinus pinea*. *Ecologia* 5: 197-209.

Gallego F.J.; García N.F. 2001. Supervivencia de los bosques de *Pinus pinea* L. en el sistema de dunas móviles del parque nacional de Doñana o ¿cómo corren los pinos perseguidos por las dunas? *Actas del III Congreso Forestal Nacional*. Granada. Pp. 1513-1517.

Ganatsas P.P.; Tsakalimi M. 2007. Effect of light conditions and salinity on germination behavior and early growth of umbrella pine (*Pinus pinea* L.) seed. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82 (4): 605-610.

Ganatsas P.; Thanasis G. 2009. *Pinus halepensis* invasion in *Pinus pinea* habitat in Strofylia forest (Site of Natura 2000 network), Southern Greece. *Journal for Nature Conservation* 18 (2): 106-117.

Ganatsas P.; Tsakalimi M.; Thanos C. 2008. Seed and cone diversity and seed germination of *Pinus pinea* in Strofylia site of the natura 2000 network. *Biodivers Conserv* 17: 2427- 2439.

Gandullo J.M.; Sánchez-Palomares O. 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Dirección General para la Conservación de la Naturaleza. Madrid, 184 p.

García F.J. 1992. Formación y desarrollo de yemas adventicias en cotiledones inmaduros de *Pinus pinea* L. mediante cultivo in vitro. *Montes* 28:70-73.

García Güemes C.; Montero G. 1998. Influencia de ciertas variables selvícolas en la pudrición provocada por *Phellinus pini* sobre *Pinus pinea*. *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.* 7 (1 y 2): 203-218.

García Güemes C.; Cañadas N.; Montero G. 2001. Modelo de estimación de alturas en *Pinus pinea* L. para la provincia de Valladolid. *III Congreso Forestal Español*. Pp. 794-799.

García Güemes C.; Cañadas N.; Montero G. 2002. Modelización de la distribución diamétrica de las masas de *Pinus pinea* L. de Valladolid (España) mediante la función de Weibull. *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.* 11 (2): 263-282.

García Güemes C.; Cañadas N.; Zuloaga F.; Guerrero M.; Montero G. 1997. Producción de piña de *Pinus pinea* L. en los montes de la provincia de Valladolid en la campaña 1996/97. *II Congreso Forestal Español*. Tomo III. Pp. 295-300.

García M.; Torres M.J.; Gordo J.; Finat L.; Martínez P. 2009. Daños sobre la regeneración de *Pinus pinea* L. provocada por el aprovechamiento mecanizado de piña en montes públicos de la provincia de Valladolid. *V Congreso Forestal Español*. SECF, Junta de Castilla y León.



García-Fayos P.; Gullas J.; Martínez J.; Marzo A.; Melero J.P.; Traveset A.; Veintimilla P.; Verdú M.; Cerdán V.; Gasque M.; Medrano H. 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Editado por Banc de Llavors Forestals (Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana). [En línea]. http://www.cma.gva.es/areas/estado/bosques/bosq/banco_semillas/llavors.pdf [Consulta: 10-10-2011].

García De Pedraza L.; Pallares Querol M. 1989. El clima y los árboles forestales. Hojas Divulgadoras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. N° 8. 28 p.

Geisler M. 2008. Pine nuts profile. Agricultural Marketing Resource Center. [En línea]. http://www.agmrc.org/commodities___products/nuts/pine_nuts_profile.cfm [Consulta: 18-4-2009].

Gil L. 1999. La transformación histórica del paisaje: la permanencia y la extinción local del pino piñonero. En: Marín F., Domingo J., Calzado A. (eds.): 1as Jornadas de Historia, Socio economía y Política forestal (1997). Los montes y su historia, una perspectiva política, económica y social. Universidad de Huelva, Pp. 151-185.

Gil L.; Prada, M. A.1993. Los pinos como especies básicas de la restauración forestal en el medio Mediterráneo. ICONA, Madrid. Ecología 7: 113-125.

Gil L.; Abellanas B. 1989. La mejora genética del pino piñonero. Montes 21: 4-12.

Gil L.; Pérez B.; Palomar J. 1986. El injerto en los pinos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hojas Divulgadoras N° 20. 24 p.

Gil L.; Torre M.; Picardo A. 2007. Atlas Forestal de Castilla y León. 885 p.

Gilman E.F.; Watson D.G. 1994. *Pinus pinea*, Stone Pine. Fact Sheet ST-472. Environmental Horticulture Department, University of Florida. 3 p.

Giordano G. 1999. Tecnica delle costruzioni in legno. XXIV-856 p.

Gómez A.; Aguiriano E.; Alía R.; Bueno M.A. 2002. Análisis de los recursos genéticos de *Pinus pinea* L. en España mediante microsatélites del cloroplasto. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 11 (1): 145-154.

Gómez A. J.; Arias B. A.; García B.T. 2006. Multielemental fractionation in pine nuts (*Pinus pinea* L.) from different geographic origins by size-exclusion chromatographic with UV and inductively coupled plasma mass spectrometry detection. Journal of Chromatography A 1121 (2):191-199.

González M.; Rey M.; Tavazza R.; Malfa S.; Cuozzo L.; Ancora G. 1998. In vitro adventitious shoot formation on cotyledons of *Pinus pinea*. Hort Science 33 (4): 749-750.

González S. 2011. Population genetics of *Pinus pinea*, a species with low genetic variation. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

González G.M. 2012. Principales plagas que afectan los frutos de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Informativo Sanitario N° 6, INFOR-CORFO. 12 p.

González G.M.; Loewe M.V.; Delard R.C. 2011. Nutritional and sensorial characterization of Pine nuts produced in Chile. AGROPINE2011, International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry. Valladolid (España), 17-19 noviembre 2011.

Goor A. 1964. Métodos de plantación forestal en zonas áridas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, FAO. Cuadernos de Fomento Forestal N° 16. 256 p.

Goor A.; Barney C. 1976. Forest tree planting in arid zones. 2nd Ed., The Ronald Press Company, New York, EE.UU. 504 p.

Gordo A. 1999. Ordenación y selvicultura de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. Ciencias y Técnicas Forestales. Pp. 79-100.

Gordo A.J. 2004. Selección de grandes productores de fruto de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 113 p.

Gordo A.J. 2010. Recomendaciones para el primer clareo en masas artificiales de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte. Revista Castilla y León Forestalis, Pp. 26-27.

Gordo J.; Mutke S.; Gil L. 1997. Variabilidad en la producción de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. II Congreso Forestal Español. Pp. 327-332.

Gordo A.J.; Mutke R.S.; Gil S.L. 2001. Modelo individual de producción de piñón de *Pinus pinea* L. como criterio de selección fenotípica. Actas del III Congreso Forestal Español. Pp. 172-178.

Gordo A.J.; Mutke S.; Gil L. 2005. Consecuencias del cambio climático en la producción de piña en los pinares continentales de *Pinus pinea* L. Actas del IV Congreso Forestal Español. Pp. 127. [En línea] <http://www.secforestales.org/buscador/pdf/4CFE05-029.pdf> [Consulta: 8-9-2011].

Gordo A.J.; Mutke S.; Gil L. 2007. Ausencia de diferenciación ecotípica entre rodales selectos de pino piñonero en la cuenca del Duero. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 16 (3): 253-261.

Gordo A.J.; Mutke S.; Prada A.; Gil L. 1999. El Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). En: Alía R.; Galera R.; Martín S. (Eds.) 1999. Mejora genética y masas productoras de semilla de los pinares Españoles. CIFOR INIA-DGCONA. Monografías INIA Forestal N° 1, MAPA, Madrid. Pp. 223-239.

Gordo A.J.; Mutke S.; Calama R.; Gil L. 2011. El uso del Pino Piñonero en sistemas agroforestales. Jornadas de cultivos alternativos con especies forestales. Valladolid, septiembre 2011.

Gordo A.J.; Calama S.R.; Rojo G.L.; Madrigal C.G.; Álvarez M.D.; Mutke R.S.; Montero G.G.; Finat G.L. 2009. Experiencias de clareos en masas de *Pinus pinea* L. en la meseta Norte. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

Gorrieri L. 2010. E il pinolo nel parco consacrò scuotitori e raccatini. Libro Antichi mestieri rurali nel territorio del parco. Pp. 43-53.

Gurí A.; Kefalas P.; Roussis V. 2006. Antioxidant potential of six pine species. Phytother Res 20: 263-266.

Gutiérrez P. 2007. Análisis del sector de la piña y el piñón y sus aprovechamientos en Andalucía. Trabajo Profesional Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba, España. 355 p.

Gutiérrez A.; Baonza M.V. 2001. Influencia de los extractivos en las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus pinea* L. III Congreso Español Forestal. Pp. 632-638.

Hafizoglu H. 1989. Studies on the wood and bark constituents of *Pinus pinea* L. Holzforschung 43 (1): 41-43.

Helliwell J.; Layard R.; Sachs J. 2012. World Happiness Report. 166 p.



Herranz J. 2000. Comercio exterior del piñón. Actas Primer Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Valladolid 22-24 febrero. Ponencias y Comunicaciones. Tomo II, Pp. 353-359.

Herrero B.; Gutiérrez J. 2006. Influence of weeds on the growth of *Pinus pinea* L. during reforestation in Palencia (Spain). Acta Botanica Croatica 65 (2): 117-125.

Herrero C.J. 2009. Seminario "Estado del arte del pino piñonero en España y Chile". Pichilemu, Chile.

Heth D. 1983. Spot sowing of Mediterranean pines under shelter. Forestry Division, Agricultural Research Organization, Il-anot, Israel. Fall Issue (23-25).

Hunt G. A. 1990. Effect of styroblock design and copper on morphology of conifer seedlings. En: Rose, R., S. J. Campbell y T. D. Landis (Eds.). Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. General Technical Report RM-200. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 218-222. <http://www.fcanet.org/proceedings/1990/hunt.pdf> [Consulta: 10-5-2012].

Ibrahim M.; Rapp M.; Berger A.; Loissaint P. 1980. Transpiration of a *Pinus pinea* stand under natural conditions. Acta Oecologica, *Oecologia Plantarum* 1 (4): 395-407.

IES La Granja. s/f. Plagas forestales de coníferas y frondosas. Apuntes Curso Protección de masas forestales, Ciclo Formativo de Grado Superior Técnico en Gestión y Organización de Recursos naturales y Paisajísticos. 26 p.

INC. 2011. International Nut & Dried Fruit Council. Chinese pine nuts taste disturbance-update. [En línea]. http://www.nutfruit.org/en/chinese-pine-nuts-taste-disturbance-update_12897 [Consulta: 20-7-2012].

INFOJARDIN. s/f. Piñón, piñones, pinos piñoneros - *Pinus pinea* L. [En línea] <http://articulos.infojardin.com/Frutas/fichas/pinones-pinos-pinoneros-Pinus-pinea.htm> [Consulta: 29-8-2011].

INFOR. 1995. Antecedentes de mercado de pino piñonero. Manuscrito para Monografía del Programa Nacional de Diversificación Forestal. Convenio INFOR/CONAF. Valdivia, Chile.

INFOR. 2006. Manual de ensayo de progenies *Pinus pinea* Cáhuil. 16 p.

INFOR. 2009. Informe de Avance 1, Proyecto El Piñón Comestible del Pino (07CT9IUM-51). 126 p.

INFOR. 2012. Estadísticas y mercado [En línea] <http://www.infor.cl/es/iy.html> [Consulta: 12-7-2012].

Innocenti M.; Tiberi R. 2002. Cone and seed pest of *Pinus pinea* L. in Central Italy. Redia 85 Firenze: Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria. Pp. 21-28.

Ishikawa T.; Kikuhara Y. 2009. *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae), a presumable recent invader to Japan. Japanese Journal of Entomology 12(3): 115-116.

ITC (Istituto Tecnico Commerciale A. Pacinotti). 2005. Le pinete e la produzione dei pinoli nel Parco Migliarino, San Rossore Massaciuccoli, del passato dei nostri giorni. Progetto Incontri nel Parco 2004-05. Pisa, Italia.

Jacobs S. 2010. Insecto de la semilla del conífero *Leptoglossus occidentalis*. Notas Entomológicas, Departamento de Entomología, Colegio de Ciencias Agrícolas, Extensión Corporativa, Universidad de Pennsylvania. 2 p.

Jiménez F.J.; Morales E. 2000. La madera del pino piñonero de Andalucía como materia prima para la fabricación de madera laminada encolada. Actas del Primer Simposio del pino piñonero. Valladolid. Tomo II, Pp. 343-352.

Jovellar L.L.; Ortuño P.S. 1997. Consideraciones económicas sobre las masas artificiales de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Montes 49: 16-20.

Junta de Andalucía. 2004. El injerto de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Puesta en valor de los recursos forestales mediterráneos. Consejería de Medio Ambiente (Ed.). Manual de Restauración Forestal N° 9, 248 p.

Junta de Andalucía. s/f. *Acantholyda hieroglyphica* Christ. Consejería del Medio Ambiente. 4 p.

Jurc D. 2007. Pines — *Pinus* spp. Diseases of needles. *Coleosporium tussilaginis*, *Thyriopsis halepensis*, *Meloderma desmazieri*. Gozdarski Vestnik 65(9): 393-408.

Karakaya S. 2004. Bioavailability of phenolic compounds. Crit Rev Food Sci Nutr 44: 453-464.

Keskin T.; Makineci E. 2009. Some soil properties on coal mine spoils reclaimed with black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and umbrella pine (*Pinus pinea* L.) in Agaçli-Istanbul. Environ Monit Assess 159: 407-414.

Khalidi A.; Khouja M.; Akrimi N. 2009. Results of comparative trials between Stone pine (*Pinus pinea* L.) provenances in northern Tunisia. Revue Forestière Française 61 (2): 107-116.

Khalidi A.; Ammar R.B.; Suyoung W.; Akrimi N.; Zid E. 2011. Salinity tolerance of hydroponically grown *Pinus pinea* L. seedlings. Act Physiologies Plantarum 33 (3): 765-775.

Kilci M. 2011. Effects of nutrients on conelet losses of Stone pine (*Pinus pinea* L.) in Kozak province. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 11.

King J.; Blumberg J.; Ingwersen L.; Jenab M.; Tucker K. 2008. Tree nuts and peanuts as components of a healthy diet. J. Nutr. 138:1736S-1740S.

Kirdar E.; Özel H.B.; Ertekin M. 2010. Effects of pruning on height and diameter growth at Stone pine (*Pinus pinea* L.) afforestations. Bartin Orman Fakültesi Dergisi 12 (18): 1-10.

Köse C.; Terzi E.; Büyüksar Ü.; Avcı E.; Ayırmis N.; Kartal S.; Imamura Y. 2010. Decay and termite resistance of particleboard and MDF panels made from pinecones. 41st Annual Meeting of the International Research Group on wood protection, Biarritz, France. [En línea] <http://www.irg-wp.com/IRG41-Presentations/IRG%2010-40493.pdf> [Consulta: 12-8-2011].

Köse C.; Terzi E.; Büyüksarı Ü.; Avcı E.; Ayırmis N.; Kartal S.; Imamura Y. 2011. Particle and MDF panels made from a mixture of Wood and pine cones: resistance to decay fungi and termites under laboratory conditions. BioResources 6 (2): 2045-2054.

Lagarda M.; García-Llatas G.; Farré R. 2006. Analysis of phytosterols in foods. J Pharmac Biomed Anal 41: 1486-1496.

Lanteri S.; Belletti P.; Lotito S. 1993. Storage of Pollen of Norway Spruce and Different Pine Species. Silvae Genetica 42 (2-3): 104-109.

Lanner R.M. 1989. An observation on apical dominance and the umbrella-crown of Italian Stone Pine. Economic Botany 43 (1): 128-130.



Lario F.J.; Merlo E.; Peñuelas J.L.; Gil Sánchez L. 2001. Variabilidad clonal de la fenología reproductiva y producción floral. Participación clonal en un huerto semillero de *Pinus nigra* Arnold salzmanni (Dunal) Franco. Actas del III Congreso Forestal Español. 2001. Granada. Mesa 3: 539-545.

Ledercq J.M. 2002. Les éclaircies résineuses: des bénéfices multiples. Forêts de France 457: 36-37.

Lima J.; Simoes N.; Redondo J.; Lima, I. 2006. Laboratorial study of the displacement of seeds of *Pinus pinea*, *Pinus pinaster* and *Grevillea* sp. under simulated rain. Silva Lusitana 14 (2): 219-226.

Lloyd-Jones M.; Hong, Y.; Labarthe, D.; Mozaffarian, D.; Appel, I. 2010. American Heart Association Strategic Planning Task Force and Statistics Committee. American Heart Association Strategic Planning Task Force and Statistics Committee. Defining and setting national goals for cardiovascular health promotion and disease reduction: the American Heart Association's strategic Impact Goal through 2020 and beyond. Circulation 121: 586-613.

Loewe M.V. 2003. Arboricultura para producción de madera de alto valor. INFOR. 56 p.

Loewe M.V. 2011a. La producción de piñones de pino, una alternativa atractiva y factible para la Patagonia. Revista Ciencia e Investigación Forestal 17 (1): 109-128.

Loewe M.V. 2011b. Informe técnico sobre actividades realizadas en gira técnica "El pino piñonero, un negocio interesante para el cono sur de América Latina". FIA-INFOR. 44 p.

Loewe M. V.; González O.M. 2006. Plantaciones Mixtas, Un modelo productivo con potencial para Chile. INFOR-FIA, 299 p.

Loewe M.V.; González O. M. 2007. Pino piñonero: el potencial de su madera y fruto. Chile Forestal 334:49-53.

Loewe M.V.; Delard C. 2011. El Piñón del Pino Piñonero (*Pinus pinea*). INFOR-CORFO. 6 p.

Loewe M.V.; González M. 2003. Sicomoro, grevillea, roble rojo americano, pino piñonero, castaño, ruil y cerezo americano, nuevas alternativas para producir madera de alto valor. INFOR-FIA, 320 p.

Loewe M.V.; González M. 2012. Apuntes Sobre una Gira de Estudio Sobre el Piñón del Pino Piñonero (*Pinus pinea*) a Italia, España y Portugal. Ciencia e Investigación Forestal 18 (1).

Loewe M.V.; Alvear S.C.; Salinas A.F. 1996. Fenología de *E. globulus*, *E. nitens* y *E. camaldulensis* en la zona central de Chile: estudio preliminar. Santiago, Chile. Ciencia e Investigación Forestal 10 (1): 073-084.

Loewe M. V.; Delard R.C.; González, G.M. 2011a. El Piñón comestible del pino (*Pinus pinea*), negocio atractivo para Chile. Chile Forestal 353:47-49.

Loewe M.V.; Delard C. Venegas, A. 2011b. Pine nuts (*Pinus pinea* L.) production, an alternative for temperate areas. APA News Asia-Pacific Agroforestry Newsletter 39: 4-7.

Loewe M.V.; Delard C.; Venegas A. 2012a. Effect of fertilization on the production of female flowers in Stone pine (*Pinus pinea* L.). APA News, Asia Pacific Agroforestry Newsletter 40.

Loewe M.V.; Delard R.C.; González G.M.; Venegas G.A. 2011d. Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) en Chile, un siglo de adaptación en el área austral de América Latina. V Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT). Lima, Perú. 18-21 octubre 2011.

Loewe M.V.; Toral I.M.; Delard R.C.; López L.C.; Urquieta N.E. 1998. Monografía de pino piñonero (*Pinus pinea*). Santiago, Chile, CONAF; INFOR; FIA. 81 p.

Loewe M.V.; Delard R.C.; González G.M.; Mutke S.; Fuentes D.V. 2012b. Introducción del pino piñonero, *Pinus pinea* L., en Chile. Ciencia e Investigación Forestal 18 (2).

Loewe M.V.; Venegas G.A.; Delard R.C. González O.M. 2011c. Thinning effect in two young Stone Pine plantations (*Pinus pinea* L.) in central southern Chile. AGROPINE2011, International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry. Valladolid (España), 17-19 noviembre 2011.

Lonja de Reus. 2012. Histórico de precios. [En línea]. <http://www.llotjadereus.org/?go=e6598a7e63ddfd8a9557-f334d3f9063f1a92bcf0018cd07976fe59ff9f4f7d6fe76da618ed95779d7c71aee80bf31503cc89adc29c274ceb1c339f88d604ad> [Consulta: 9-5-2012].

López E. 2007. ¿Seguro que los frutos secos engordan y son malos para la salud? [En línea]. www.puntovital.cl/alimentacion/sana/nutricion/frutos_secos.htm [Consulta: 9-9-2011].

López P.G.; Sánchez C.F.; Gómez M.; Jeréz F.A. 2000. Prototipo de control integrado para *Tomicus piniperda* ecotipo *des-truens* Woll. y *Orthotomicus erosus* Woll., en los pinares litorales de la Provincia de Huelva. Actas del Primer Simposio del pino piñonero. Valladolid. Tomo I, Pp. 319-326.

Luna G. 2006. Evaluación de parámetros fisiológicos y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* Mol. Bajo condiciones de déficit hídrico. Mem. Ing. Forestal Fac. Cs Forestales, Univ. Chile. 35 p.

Madrid. 2008. Bacterias que promueven el crecimiento en plantas de *Pinus pinea*. [En línea]. <http://weblogs.madrimasd.org/microambiente/archive/2008/10/30/101119.aspx> [Consulta: 16-2-2009].

Madrigal C.G.; Alonso P.R.; Moro V.J.; Montero G.G.; Calama S.R. 2007. Patrón de crecimiento en altura dominante en masas naturales y artificiales de *Pinus pinea* L., comparación a través de modelos dinámicos. Actas de la II Reunión sobre Aspectos Prácticos de la Modelización Forestal. Cuad Soc Esp Cs For 23: 207-213.

Madrigal G.; Gordo J.; Montero G.; Calama R. 2009. PINEA2 v1.0: aplicación informática para la gestión de las masas regulares de *Pinus pinea* L. en la meseta norte. Caso de estudio. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

Magini E.; Ammannati R. 1989. An estimate of the natural selfing rate of *Pinus pinea* based on frequency of tender-coated seeds. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali 38: 133-141.

Maltese M.; Caleca V. 2011. Ciclo biologico di *Leptoglossus occidentalis* ed effetti della diversa alimentazione sullo sviluppo degli stadi giovanili. En: XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessione IV: Entomologia Forestale. Génova, 13-16 junio. Pp. 109.

Maltese M.; Caleca V.; Carapezza A. 2011a. Primi reperti in Sicilia su diffusione e biologia di *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae), cimice americana dei semi delle conifere. Pp. 1413-1418. ATTRA [En línea] [http://www.aisf.it/atticns/pdf/volume%203/3.46%20Maltese\[1\].pdf](http://www.aisf.it/atticns/pdf/volume%203/3.46%20Maltese[1].pdf) [Consulta: 9-8-2012].

Maltese M.; Caleca V.; Strong W.; Guerrieri E.; Roversi P. 2011b. I parassitoidi di *Leptoglossus occidentalis* in Sicilia nel suo areale di origine nordamericano. En: XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessione X: Controllo Biologico. Génova, 13-16 junio, Pp. 350.



Manso R.; Calama R.; Garriga E.; Pardos M. 2009. Modelización de la dispersión primaria en *Pinus pinea* L. una primera aproximación. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

Manso R.; Fortín M.; Pardos M.; Calama R. 2011. Modelling *Pinus pinea* L. germination in the Northern Plateau of Spain: an ecological-based model as part of management tool. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Marché Rungis. 2009. Marché: Rungis Fruits& Lég. secs (Fruits et Légumes) marché du 27/02/09. [En línea]. <http://www.snm.agriculture.gouv.fr/cgi-bin/cgimar?M0600> [Consulta: 12-2-2009].

Marcomini C. 2007. Hongos hallados en forestaciones costeras durante el otoño y la primavera del 2007. Taller de Ciencias Fungi: Club de Ciencias del Partido de la Costa y Centro de Formación Profesional N°402 de Mar de Ajó, Argentina. 7 p.

Martín J.; Pérez J. 2008. Productos agroalimentarios de Castilla y León. Un 80% menos de producción. [En línea]. http://canales.nortecastilla.es/agroalimentos/actualidad/sabor_regional_080111.php [Consulta: 9-2-2009].

Martín S.; González S.C. 2000. Conservación de recursos genéticos de coníferas en España. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 2: 152-183.

Martínez F.; Montero G. 2004. The *Pinus pinea* L. woodlands along the coast of South-western Spain: data for a new geo-botanical interpretation. Plant Ecology 175: 1-18.

Martínez J. 2008. Caracterización del rendimiento y propiedades físicas de la piña y el piñón. Jornada técnica de Frutos Secos. Madrid, España. 43 p. [En línea]. <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/02291.pdf> [Consulta: 4-2010].

Martínez J. 2009. La crisis del clima, Evidencias del cambio climático en España. Greenpeace España. Pp. 38-42.

Martínez-Zurimendi P.; Sierra De Grado R. 2006. Posibilidades del aprovechamiento mecanizado de piña. Universidad de Valladolid. ETSIA. Dpto. Producción Vegetal y Recursos Forestales. VII Jornadas de silvicultura de PROFOR, Valladolid. "Gestión de masas naturales de Piñonero para fruto y técnicas de cultivo". 7 p.

Martínez M.E.; Alejano M.M.; Villalón T.D. 2003. Los pinares de pino piñonero en el sur peninsular, papel en la dinámica natural en base a la arqueología prehistórica y protohistórica. Nuevas interpretaciones. Actas de la II Reunión sobre Historia Forestal. Cuad Soc Esp Cs For 16: 121-126.

Martínez T.; Santamargarita J.; Barriga J. 2004. Experiencias de micorrización en viveros forestales de la Junta de Extremadura. Foresta 27: 152-156.

Martínez-Zurimendi P.; Moreno H.; Pando, V.; Domínguez M.; Ambrosio Y.; Sierra De Grado R. 2011. Yields of the mechanized harvest of pine nuts. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Martínez-Zurimendi P.; Álvarez J.; Pando V.; Domínguez M.; Gordo J.; Finat L.; Sierra De Grado R. 2009. Efectos del vibrado del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en el vigor de los árboles: densidad de copa, crecimiento de guías y parásitos de debilidad. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 18 (1): 50-63.

Martini A.; Botti F.; Galletti G.; Bocchini P.; Bazzocchi G. Baronio P.; Burgio G. 2010. The influence of pine volatile compounds on the olfactory response by Neodiprion sertifer (Geoffroy) females. Journal of Chemical Ecology 36 (10): 1114-1121.

May J. 1984. Southern Pine Nursery Handbook. USDA-Forest Service, Atlanta, Georgia. USA. [En línea]. <http://www.rngr.net/publications/spnh/> [Consulta: 9-8-2012].

Mclain R. 2008. Management guidelines for expanding Pinyon nut production in Colorado's Pinyon-Juniper woodlands. Institute for Culture and Ecology, 10 p. [En línea]. http://www.ifcae.org/publications/downloads/PJE_Mgmt_Guidelines_03-18-08.pdf [Consulta: 9-8-2011].

Megre V. 1996. Anastasia. Ringing Cedars Press, 236 p.

Megre V. 1997. The ringing cedars of Russia. Ringing Cedars Press, 252 p.

Megre V. 2000. Co-creation. Ringing Cedars Press, 253 p.

Megre V. 2001. Who we are?. Ringing Cedars Press, 264 p.

Micología y Forestal Aplicada. s/f. Producción de planta trufera Borchii. [En línea] <http://www.micofora.com/index.asp?Idioma=ES&opc=56> [Consulta: 12-7-2012].

Molina M.P. 1991. El pino piñonero. Un pino para el seco costero e interior. Renarres 8 (32): 8-11.

Molina J.R.; Rodríguez F.; Herrera M.A. 2011. Potential crown fire behaviour in *Pinus pinea* stands following different fuel treatments. Forest Systems 20 (2): 266-277.

Moncaleán P.; Alonso P.; Centeno M.; Cortizo M.; Rodríguez A.; Fernández B.; Ordás R. 2005. Organogenic responses of *Pinus pinea* cotyledons to hormonal treatments: BA metabolism and cytokinin content. Tree Physiology 25:1-9.

Montero G.; Candela J. 1998. Manual de claras para repoblaciones de *Pinus pinea* L. Ed. por EGMASA y Junta de Andalucía. 47 p.

Montero G.; Finat L.; Cañellas I.; Bachiller A. 1997. Ensayos de cultivo de planta de *Pinus pinea* L. en vivero, y fertilización y aplicación de herbicidas en plantaciones en monte. Montes 49: 11-15.

Montero G.; Candela J.A.; Pavón J.; Gutiérrez M. 1999. Primeros resultados de una experiencia de podas en plantaciones de *Pinus pinea* L. Montes 55: 52-56.

Montero G.; Candela A.; Ruiz-Peinado R.; Gutiérrez M.; Pavón J.; Bachiller A.; Ortega C.; Cañellas I. 2000. Influencia de la densidad en la producción de piña y madera en masas de *P. pinea* L. del sur de la provincia de Huelva. I Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) Valladolid. Junta de Castilla y León, Tomo 1: 75-82.

Montes F.; Hernández M.; Calama R.; Cañellas I. 2006. Extended length rotation to integrate timber and pine nut production with the conservation of structural diversity in a *Pinus pinea* L. forest. Ann For Sci 63: 773-781.

Montoya J.M. 1990. El pino piñonero. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. 98 p.

Montoya J.; Cámara M. 1996. La planta y el vivero forestal. Madrid, España. 127 p.

Muñoz M.M. s/f. Proceso de elaboración del piñón castellano. Piñones Import-Export'97 S.L., Pedrajas de San Esteban (Valladolid).

Muñoz C.; Cobos P.; Martínez G.; Soldevilla C.; Martín I.; Díaz M. s/f. Microflora de los piñones de *Pinus pinea* L. en la Comunidad Autónoma de Madrid. Su implicación en las marras de los semilleros. II Congreso Forestal Español: 307-312.



Museo Virtuale del Pinolo. 2006. Il pinolo biológico. [En línea] [http://www.avanzi.unipi.it/pinolo_museo/museo_pinolo%20\(il_pinolo\).htm](http://www.avanzi.unipi.it/pinolo_museo/museo_pinolo%20(il_pinolo).htm) [Consulta: 10-8-2012]

Mutke S. 2000a. Fenología de *Pinus pinea* L. en un Banco Clonal (Valladolid). TFC, E.T.S.II.AA. Palencia, Universidad de Valladolid. 94 p.

Mutke S. 2000b. Rentabilidad de plantaciones injertadas de *Pinus pinea* L. Primer Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) Valladolid. Tomo II, Pp. 75-83.

Mutke S. 2004. Modelización estructural de árboles. Curso de Doctorado Evaluación y Modelización Forestal. E.T.S.II.AA. Palencia, U. de Valladolid.

Mutke S. 2005. Modelización de la arquitectura de copa y de la producción de piñón en plantaciones clonales de *Pinus pinea* L. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid, España, 66 p.

Mutke S. 2009. Informe Estadía en Chile, 4-17 octubre 2009 en el marco del proyecto “El piñón comestible del pino piñonero (*P. pinea*): un negocio atractivo para Chile”. 41 p.

Mutke S. 2011. Toward a traceability of European pine nuts “from forest to fork”. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Mutke S.; Diaz L. 2001. Plantaciones injertadas de *Pinus pinea* L., posible impacto de los programas de forestación de tierras agrarias. III Congreso Forestal Español. Pp. 186-193.

Mutke S.; Gil L. 2004. Análisis y modelización de la arquitectura de copa de *Pinus pinea* L. Actas de la I Reunión de Palencia de Modelización Forestal. Cuad Soc Esp Cien For 18: 71-76.

Mutke S.; Chambel M. 2008. Strong plasticity in a genetically depauperate tree – the fox or the hedgehog strategy? Stone pine provenances performance in Inner Spain. TREEBREDEX Workshop on Plasticity and Adaptation in Forest Trees. CIFOR, INIA. Madrid.

Mutke S.; Gordo J.; Gil L. 2000a. The Stone pine (*Pinus pinea* L.) breeding programme in Castile-Leon (Central Spain). FAO, Nucleus Newsletter 9: 50-55.

Mutke S., Diaz B.L.; Gordo J. 2000b. Análisis comparativo de la rentabilidad comercial privada de plantaciones de *Pinus pinea* L. en tierras agrarias de la Provincia de Valladolid. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 9 (2) 269-303.

Mutke S., Diaz B.L.; Gordo J. 2000c. Rentabilidad de plantaciones injertadas de *Pinus pinea* L. Actas del Primer Simposio del pino piñonero. Valladolid. Tomo II, Pp. 75-83.

Mutke S.; Gordo J.; Gil L. 2001. Fenología de *Pinus pinea* L. en un banco clonal (Valladolid). Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia. Universidad de Valladolid. III Congreso Forestal Español. Pp. 125-131.

Mutke S.; Gordo J.; Gil L. 2005a. Cone yield characterization of a Stone pine (*Pinus pinea* L.) clone bank. Silvae Genetica 54: 197-189.

Mutke S.; Gordo J.; Gil L. 2005b. Variability of Mediterranean Stone pine cone production: yield loss as response to climate change. Agricultural and Forest Meteorology 132:263-272.

Mutke S.; Gordo J.; Gil L. 2006. Pérdida de producción de piña en los pinares de piñonero como consecuencia del cambio climático. Foresta 32: 34-38.

Mutke S.; Iglesias S.; Gil L. 2007a. Selección de clones de pino piñonero sobresalientes en la producción de piñas. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 16 (1):39-51.

Mutke R.S.; Sada A.B.; Iglesias S.S.; Gil S.L. 2003a. Evaluación de la producción individual de piña en un banco clonal de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Madrid. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 12 (1): 149-157.

Mutke S.; Gordo J.; Climent J.; Gil. 2003b. Shoot growth and phenology modelling of grafted Stone pine (*Pinus pinea* L.) in Inner Spain. Ann. For. Sci. 60: 527- 537.

Mutke S.; Gordo J.; López R.; Gil L. 2005d. Spatial correlation of Mediterranean Stone pine mastings in Inner Spain: regional and local patterns. International Conference on Conservation, Regeneration and Restoration of Mediterranean Pines and Ecosystem. Bari, Italia.

Mutke S.; Calama R.; Gordo J.; Gil L. 2007b. El uso del pino piñonero como especie de frutal en sistemas agroforestales de secano. Actas de la III reunión sobre Sistemas Agroforestales. Cuad Soc Esp Cs For 22: 137-142.

Mutke S.; Sievänen R.; Nikinmaa E.; Perttunen J.; Gil L. 2005c. Crown architecture of grafted Stone pine (*Pinus pinea* L.): shoot growth and bud differentiation. Trees 19:15-25.

Mutke S.; Calama R.; Gordo J.; Álvarez D.; Gil L. 2007c. Stone pine orchards for nuts production: which, where, how? Nucleus Newsletter 14: 22-25.

Mutke S.; González-Martínez S.; Soto A.; Gordo J.; Gil L. 2008. El pino piñonero, un pino atípico. Actas de la IV Reunión sobre Genética Forestal. Pontevedra, España. Cuad Soc Esp Cs For 24: 81-85.

Mutke S.; Fady B.; Ben A.; Khaldi A.; Khouja M. 2011c. Stone pine provenance trials in France, Spain, and Tunisia. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 31.

Mutke S.; Gordo J.; Climent J.; Gómez E.; López R.; Gil L. 2003c. Height growth and shoot phenology variability in a Stone pine (*Pinus pinea*) provenance trial. International Conference on Conservation, Regeneration and Restoration of Mediterranean Pines and Ecosystem. Bari, Italia. 3 p.

Mutke S.; Gordo J.; Chambel M.R.; Prada M.A.; Álvarez D.; Iglesias S.; Gil L. 2010. Phenotypic plasticity is stronger than adaptative differentiation among Mediterranean Stone pine provenances. Forest Systems 19 (3) 354-366.

Mutke S.; Gordo J.; Calama R.; Piqué M.; Bono D.; Gil L.; Montero G. 2011a. Mediterranean pine nuts from agroforestry systems, an opportunity for rural development. Varsovia, 2011.

Mutke S.; Gordo J.; Iglesias S.; González J.; Plaza L.; Warleta A.; Luengo J.; Calama R.; Montero G.; Gil L. 2011b. Release of Spanish elite clones of Mediterranean Stone pine, *Pinus pinea* L., for cone production in grafted plantations. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 19.

Nardi B.P. 2006. La struttura anatomica del legno ed il riconoscimento del legnami italiani di più corrente impiego. Consiglio Nazionale delle Ricerche, IVALSA, Firenze, Italia. 160 p.

Nash D.; Nash T. 2008. Nuts as part of a healthy cardiovascular diet. Curr Atheroscler 10: 529-535.

Nasri N.; Fady B.; Triki S. 2007. Quantification of Sterols and Aliphatic Alcohols in Mediterranean Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Populations. J Agric Food Chem 55: 2251-2255.



Nasri N.; Khaldi A.; Hammami M.; Triki S. 2004. Morphological variability of cones and seeds of Aleppo pine and Stone pine in Tunisia. *Revue Forestière Française* 56 (1): 22-28.

Nasri N.; Khaldi A.; Fady B.; Triki S. 2005a. Fatty acids from seeds of *Pinus pinea* L.: Composition and population profiling. *Phytochemistry* 66: 1729-1735.

Nasri N.; Khaldi A.; Hammami M.; Triki S. 2005b. Fatty acid composition of two Tunisian pine seed oils. *Biotechnology Progress* 21 (3): 998-1001.

Navarrete M.A.; De Troya F.; Guijarro G.A. 2000. Durabilidad natural de la madera del *P. pinea* frente a hongos de pudrición y termitas. *Actas del Primer Simposio del pino piñonero*. Valladolid. Tomo II, Pp. 227-230.

Navarro R.; Palacios G. 2004. Efecto de la calidad de la planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. *Actas de la III Reunión sobre Repoblaciones Forestales*. Sociedad Española de Ciencias Forestales 17: 199-204.

Navarro C.; Nuñez M.; Tapia M. 2010. Alimento estrella: Piñones [En línea] http://www.cuerpomente.es/alimestr.jsp?ID_AESTRELLA=27366 [Consulta: 3-8-2010].

Navarro R.; Zapater P.; Sánchez A.; Arroyo M.; Del Campo A. 2009. Comparación de sustratos para el cultivo de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) y encina (*Quercus ilex* L.) en la Red de Viveros de Andalucía. V Congreso Forestal Español. Tomo SCFE01-301-3B. 13 p.

Nehme M.; Johnson T. 2010. Pine nuts cluster development plan. Jezzine and Akkar pine nuts growth potential. 7p

Nergiz C.; Dönmez I. 2004. Chemical composition and nutritive value of *Pinus pinea* L. Seeds. *Food Chemistry* 86: 365-368.

Nevada Soft Shell. 2010. Picking pinyon Pine nuts! [En línea]. <http://www.pinenuts.biz/harvesting.html> [Consulta: 10-8-2011].

Newman A. 2009. Árboles, guardianes de la magia. Ed. Océano, España. 199 p.

Niccoli A.; Benassai D.; Croci F.; Roversi P. 2009. *Anastatus bifasciatus* ooparassitoide di *Leptoglossus occidentalis*. En: XXII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessione X: Controllo biologico. Ancona, 15-18 junio. Pp. 337.

Nicolas I.J. s/f. La vegetación de la Biblia. 289 p.

Nielsen N. 1990. Systemic allergic after ingestion of pine nuts (*Pinus pinea*). *Ugeskrift for Laeger* 152 (48): 3619-3620.

Novak K.; De Luis M.; Cufar K.; Raventós J. 2011. Frequency and variability of missing tree rings along the stems of *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* from a semiarid site in SE Spain. *Journal of Arid Environments* 75 (5): 494-498.

OAJ (Oficina Agrícola en Japón). 2009. Mercado de los productos agrícolas orgánicos en Japón. Serie Análisis de Mercado N° 20. 7 p.

Obst Jr. 1998. Special (Secondary) Metabolites from Wood En: *Forest Products Biotechnology*, Bruce A, Palfreyman JW, eds. Taylor & Francis. Pp. 151-165.

Ocaña L.; Domínguez S.; Carrasco I.; Peñuelas J.; Herrero N. 1997. Influencia del tamaño de la semilla y diferentes dosis de fertilización sobre el crecimiento y supervivencia en campo de cuatro especies forestales. *Actas del II Congreso Forestal Español*. Mesa 3. Pp. 461-466.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2003. Dieta, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas: informe de una Consulta Mixta de expertos OMS/FAO. Serie de Informes Técnicos N° 916. Ginebra. 152 p.

Otaño M.; Keil G.; Luna M.; Díaz B.; Marlats R. 1999. Impregnación de maderas de *Pinus radiata*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis*: relación entre la absorción de preservantes hidrosolubles y sus características físicas y anatómicas. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 104 (1):74-84.

Ottone J. 1989. Posibilidades del *Pinus pinea* Linn. (pino piñonero) en la producción de piñones para la industria alimenticia. V Jornadas Técnicas: uso múltiple del bosque y sistemas agroforestales. El Dorado, Misiones. Pp. 54-56.

Ovando P.; Campos P.; Calama R.; Montero G. 2008. Rentabilidad de la forestación de tierras agrícolas marginales con pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la Provincia de Valladolid. En: *Actas de la III Conferencia de la Asociación Hispano Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales (AERNA)*. Palma de Mallorca, 4 a 6 de junio 2008. Pp. 1-48.

Ovando P.; Campos P.; Montero G.; Ruiz-Peinado R. 2009. Análisis coste beneficio comercial de la sustitución del eucalipto por pino piñonero en la campiña de Huelva. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

Ovando P.; Campos P.; Calama R.; Montero G. 2010. Landowner net benefit from Stone pine (*Pinus pinea* L.) afforestation on dry-land cereal fields in Valladolid, Spain. *Journal of Forest Economics* 16 (2010) 83-100.

Ozcan M. 2006. Determination of the mineral composition of some selected oil-bearing seeds and kernels using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). *Grasas Aceites* 57: 211-218.

Pardos M.; Puértolas J.; Madrigal G.; Garriga E.; Blas S.; Calama R. 2010. Seasonal changes in the physiological activity of regeneration under a natural light gradient in a *Pinus pinea* regular stand. *Forest Systems* 19 (3): 367-380.

Parlak S.; Kilci M.; Sayman M.; Akkas E.; Bucak C.; Boza Z. 2011. Climate factors and their relations regarding cone yield of Stone pine trees (*Pinus pinea* L.) in Kozak basin. *Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry*. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 10.

Parra J.L. 1980. Creación de huertos semilleros de pino carrasco e injertos de pino piñonero sobre carrasco en la provincia de Murcia. *Boletín de la Estación Central de Ecología* 9 (18): 15-23.

Parra P.; Valencia J.; González M. 1999. Manual de detección y evaluación sanitaria en eucalipto. Manual N° 24. Santiago, Chile. 125 p.

Pavari A. 1959. *Scritti di Ecologia, selvicoltura e botanica forestale*. Firenze, Italia, 204 p.

Paz A. 2009. Frutos secos, exquisitos y nutritivos, además sin gluten. [En línea] <http://infoceliacos.wordpress.com/2009/11/18/frutos-secos-exquisitos-y-nutritivos-ademas-sin-gluten/> [Consulta: 17-8-2011].

Peñuelas J.; Ocaña L. s/f. Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2ª edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 190 p.

Pera J.; Parladé J. 2005. Inoculación controlada con hongos ectomicorrícicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: Estado actual en España. *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.* 14 (3):419-433.

Peraza C. 1964. Estudio de las maderas de coníferas españolas y de la zona norte de Marruecos. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid. 112 p.



Perea S. 2008. Proceso de elaboración. [En línea]. http://www.santiagoperea.com/#!___espanol/proceso-de-elaboracion. [Consulta: 1-6-2011].

Pérez J. 2007. La piña verde de Matapozuelos, medicina antes, cocina hoy. [En línea]. http://canales.elnortedecastilla.es/agroalimentos/actualidad/2007_noticia_260407.php [Consulta: 10-8-2011].

Pérez C.J.; Sarmiento M.L. A.; Santamaría M.E.; Sevillano M.E.; Fernández M.A. 2009. Áreas potenciales de *Pinus radiata* D. Don en el Bierzo. 5to Congreso Forestal Español: Montes y Sociedad. 13 p.

Peruzzi A.; Cherubini P.; Gorreri L.; Cavalli S. 1998. Le pinete e la produzione dei pinoli dal passato ai Giorni nostri, nel territorio del parco di Migliarino, S. Rossore, Massaciuccoli. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. 134 p.

Pestaña E.V. 2000. El pino piñonero, árbol frutal. Actas del Primer Simposio del pino piñonero. Valladolid. Tomo II, Pp. 279-284.

Peterson A. 2007. Global warming, drought & Chinese imports shape an "Experiment in Agriculture" for Colorado. [En línea] <http://ezinearticles.com/?Global-Warming-Drought-and-Chinese-Imports-Shape-an-Experiment-in-Agriculture-for-Colorado&id=674004> [Consulta: 10-8-2012]

Peverieri G.; Francardi V. 2010. First record of *Cercoleipus coelonotus* Kinn (Acari Mesostigmata Cercomegistidae) from Italy. Redia 93: 79-81.

Peverieri G.; Capretti P.; Tiberi R. 2006. Association between *Tomicus destruens* and *Leptographium* spp. In *Pinus pinea* and *P. pinaster* stands in Tuscany, Central Italy. Forest Pathology 36 (1): 14-20.

Pinea Project. 2011. Water and nutrient relationships for Stone pine, *Pinus pinea*, modelling in Portugal. [En línea] <http://www.Pinuspinea.com> [Consulta: 26-8-2011].

Pinheiro A. 2007. Colheita mecanica de pinha do pinheiro manso (*Pinus pinea* L.). Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas, Departamento de Engenharia Rural. [En línea]. <http://www.alentejolitoral.pt/Downloads/Ambiente/Colheita%20mecânica%20da%20pinha%20do%20pinheiro%20manso.pdf> [Consulta: 13-4-2009] 3 p.

Pinheiro A.C.; Peca J.O.; Reynolds D. 2003b. Concepção e utilização de um vibrados multidireccional na colheita mecânica de pinha (*Pinus pinea* L.). VI Congresso Ibero-Americano de Engenharia. Coimbra, Portugal.

Pinheiro A.C.; Peca J.O.; Goncalves A.C.; Ribeiro N.A.; Vacas De Carvalho M.A.; Fragoso M.R.; Gomes J.A.; Dias S.; Dias A.B.; Reynolds De Souza D. 2003a. Mecanização da colheita de pinha (*Pinus pinea* L.). III Jornadas Nacionais de Mecanização Agrária. APMA. Luso, 9-11/10/2003.

Piñero E.; Zudaire M. 2008. Aceite de piñón. Utilizado popularmente en Rusia y china por sus propiedades saciantes, ahora se comercializa como suplementa en los tratamientos de adelgazamiento. [En línea]. <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/tendencias/2008/06/12/177596.php> [Consulta: 26-5-2009].

Piñero D. 2009. El "bolero de Ravel" y la convergencia entre pinos piñoneros de climas mediterráneos en América y Europa. Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Anuario N° 2.000, Pp. 170-173.

Piñonsol. 2010. Nueva legislación sobre los piñones. [En línea]. <http://www.piñonesdepedrajas.es/actualidad/nueva-or-den-reguladora-para-el-comercio-de-pinas-y-pinones-en-castilla-y-leon.html> [Consulta: 11-6-2012].

Piotto B.; Di Noi A. 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. Manuale ANPA, Roma.

Piqué M. 2003a. El pi pinyer (*Pinus pinea* L.) a Catalunya: models de producció de fusta i pinya. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona. 50 p.

Piqué M. 2003b. Modelos de producción para las masas de *Pinus pinea* L. en Catalunya: orientaciones para la gestión y aprovechamiento sostenible de madera y piña. Tesis doctoral Universitat de Lleida. 210 p.

Piqué M. 2004a. La modelización forestal como base para la gestión y aprovechamiento sostenible de los montes de *Pinus pinea* L. de Cataluña. Rural Forest. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. 8 p.

Piqué M. 2004b. Producció i Aprofitament de Pinya en Boscos de Pi Pinyer (*Pinus pinea* L.) a Catalunya. Actas XXI Jornades Tècniques Silvícoles. Consorci Forestal de Catalunya, Pp. 7-13.

Piqué M.; Del Rio M.; Calama R.; Montero G. 2011a. Modelling silviculture alternatives for managing *Pinus pinea* L. forest in North-East Spain. Forest Systems 20 (1): 3-20.

Pique M.; Ammari Y.; Solano D.; Aleta N.; Bono D.; Sghaier T.; Garchi S.; Coello J.; Coll L.; Mutke S. 2011b. Production and management of Stone pine (*Pinus pinea*) for early nut production: grafted plantations as an alternative for restoring degraded areas and generating income in rural communities of Tunisia. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid- España, 17-19 noviembre 2011. P. 28.

Plan Chillán. 1955. Dirección General de producción Agraria y Pesquera, Depto. Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Chillán, Chile.

PNUD-MIDEPLAN. 2000. Desarrollo Humano en las comunas de Chile N° 5. Santiago, Chile, 99 p.

Prada A.; Mutke S. 2008. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en España. Foresta. Madrid. España. 2 p.

Prada M.A.; Gordo J.; De Miguel J.; Mutke S.; Catalán G.; Iglesias S.; Gil L. 1997. Las regiones de procedencia de *Pinus pinea* L. en España. Org. Autónomo de Parques Naturales, Madrid, España. 111 p.

Prades C.; Cuevas L.; Rabasco J.; Martín De Almagro R.; Duarte R. 2005. Vecería, producción biológica y producción comercial de la piña de *Pinus pinea* L. en la provincia de Córdoba. Revista Ciencia y Tecnología 4 (82): 41-50.

PRMSRM (Parco Regionale Migliarino San Rossore-Massaciuccoli). s/f. I pinoli biologici. [En línea] <http://www.parks.it/buone.pratiche/agricoltura/migliarino.html> [Consulta: 10-8-2011].

Probanza A.; Lucas G.J.; Ruiz P.M.; Ramos B.; Gutiérrez M.F. 2002. *Pinus pinea* L. seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR Bacillus (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105). Applied Soil Ecology 20 (2): 75-84.

Probanza A.; Mateos J.L.; Lucas G.J.; Ramos B.; De Felipe M. 2001. Effects of inoculation with PGPR Bacillus and *Pisolithus tinctorius* on *Pinus pinea* L. growth, bacterial rhizosphere colonization and mycorrhizal infection. Microb Ecol 41: 140-148.

Quiróz I.; González M.; García E.; Charlín G. 2008. Ensayos de germinación para semillas de *Pinus pinea* L. colectadas en dos plantaciones de la comuna de Pichilemu. Ciencia e Investigación Forestal 14 (2):239-246.



Quiróz I.; García E.; González M.; Chung P.; Soto H. 2011. Producción de plantas nativas a raíz cubierta. 2ª Impresión. Centro Tecnológico de la Planta Forestal, INFOR. 128 p.

Quiróz I.; González M.; García E.; Charlín G.; Soto H.; Casanova K. 2009. Evaluación de la germinación de semillas y crecimiento de plantas de *Pinus pinea* L. (pino piñonero) procedente de dos zonas de colecta de semillas de la Región de O'Higgins. INFOR-MINAGRI. 14 p.

Raddi P.; Mitterpergher L.; Moriondo F. 1979. Testing of *Pinus pinea* L. and *P. pinaster* progenies for resistance to *Cronartium flaccidum*. The American Phytopathological Society 69 (6): 679-681.

Raddi S.; Cherubini P.; Lauteri M.; Magnani F. 2009. The impact of sea erosion on coastal *Pinus pinea* stands: a diachronic analysis combining tree-ring and ecological markers. Forest Ecology and Management 257: 773-781.

Rapp M. 1984. The monthly cycling in a stand of *Pinus pinea* L. Rapport, Institutionen för Ekologi och Miljovard, Sveriges Lantbruksuniversitet 13: 261-291.

Rapp M.; Leclerc, M.; Lossaint P. 1979. The Nitrogen economy in a *Pinus pinea* L stand. Forest Ecology and Management 2 (3): 221-231.

Ratola N.; Amigo J.; Alves A. 2010. Levels and sources of PAHs in selected sites from Portugal: biomonitoring with *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* needles. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 58 (3): 631-647.

Ratola N.; Alves A.; Psillakis E. 2011. Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in the Island of Crete using pine needles. Water Air and Soil Pollution 215 (1/4): 189-203.

Razavi S.; Azizi P.; Rashidi R.; Keivan F. 2006. The effect of NPK fertilizers on hand planting *Pinus pinea* in coastal areas of Caspian Sea. Iranian Journal of Natural Resources 59 (2): 377-389.

Renzoni G.C.; Viegi L. 1991. In vitro sensibility of *Pinus pinaster* and *Pinus pinea* pollen grains to different pH values. Annales de Botanici Fennici 28 (2): 135-142.

Rigolot E. 2004. Predicting post fire mortality of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinea* L. Plant Ecology 171: 139-151.

Rincón A.; Álvarez I.; Parlade J.; Pera J. 1997. Micorrización controlada de *Pinus pinea* L. en vivero. Puertas F. y Rivas M. (eds.). Actas del II Congreso Forestal Español, tomo III. Pp. 545-550.

Roatta A. 1992. Consideraciones técnicas sobre cuatro especies forestales. Multequina 1:119-122. [En línea]. http://www.cricyt.edu.ar/multequina/indice/pdf/01/1_19.pdf

Rodrigo A.; Quintana V.; Retana J. 2007. Fire reduces *Pinus pinea* distribution in the northeastern Iberian Peninsula. Eco-science 14 (1): 23-30.

Rodríguez T. D. A. 2007. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa. Universidad Autónoma Chapingo, México, D. F. 156 p.

Rodríguez G.; Rodríguez R. 1984. Las especies de *pinaceae* cultivadas en Chile. Bosque. Universidad Austral de Chile. Facultad de Cs. Forestales 4(1): 25-43.

Romanyk N.; Bachiller P. s/f. Excelentes resultados de la campaña contra *Pissodes validirostris* Gyll., plaga de las piñas de *Pinus pinea* L. Bol Serv Plag Forest Año VIII, N°15: Pp. 7-14.

Romero F. 1886. El pino piñonero en la provincia de Valladolid. Imprenta y Librería Nacional y Extranjera de los Hijos de Rodríguez, Libreros de la Universidad y del Instituto. 325 p. Valladolid.

Ros E.; Mataix J. 2006. Fatty acid composition of nuts, implications for cardiovascular health. Br J Nutr 96: 29-35.

Roversi P.; Santini L.; Rossi E.; Loni A. 2011b. Ooparassitoidi di *Leptoglossus occidentalis* in Toscana. En: XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sessione IV: Entomologia forestale. Génova, 13-16 junio. P. 139.

Roversi P.; Strong W.; Caleca V.; Maltese M.; Sabbatini Peverieri G.; Marianelli L.; Marziali L.; Strangi A. 2011a. Introduction into Italy of *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead), an egg parasitoid of the alien invasive bug *Leptoglossus occidentalis* Heidemann. EPPO Bulletin 41 (1): 72-75.

Ruano J. R. 2008. Viveros Forestales. 2ª edición. Madrid, España. 285 p.

Ruggeri S.; Cappelloni M.; Gambelli L.; Nicoli S.; Carnevale E. 1998. Chemical composition and nutritive value of nuts grown in Italy. Ital J Biochem 10: 243-252.

Ruiz J.M. 2011. Amenazas: Perspectivas futuras del Piñonero entre los diferentes escenarios del cambio climático. Situación fitosanitaria. En Jornadas sobre Pinar, Pino, Piña y Piñón-Piñonero. Córdoba, España, 3 y 4 noviembre 2011.

Ruiz-Peinado G.R.; López S.E.; Alonso P.R.; Roig G.S.; Sánchez P.O.; Montero G.G. 2009. Áreas potenciales del rebollo (*Quercus pyrenaica* Wild.) en la Comunidad de Madrid: aproximación a partir de la teoría de campos. 5to Congreso Forestal Español: Montes y Sociedad: saber qué hacer. 9 p.

Rumine P.; Barzanti G. 2008. Microbiological control of the leaf-footed bug *Leptoglossus occidentalis*: first laboratory trials. Giornate Fitopatologiche, Cervia (RA), 12-14 marzo. Vol. 1: 307-308.

Russu R.; Guidoti A. 2009. Lo stato fitosanitario delle foreste toscane. Risultati del progetto Meta Anno 2009. [En línea]. http://meta.arsia.toscana.it/FCKeditor/UserFiles/File/meta/statofito2009/Stato_fitosanitario_delle_foreste_toscane%20_2009.pdf [Consulta: 13-8-2012].

Ryan D. 2011. Food industry baffled by cause of tinny-tasting 'pine mouth'. [En línea]. <http://www.montrealgazette.com/health/Food+industry+baffled+cause+tinny+tastita+pine+mouth/4747910/story.html> [Consulta: 19-7-2012].

Ryan E.; Galvin K.; O'Connor T.; Maguire A.; O'Brien N. 2006. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of Brazil pecan, pine, pistachio and cashew. Int J Food Sci Technol 57: 219-228.

Sabbatini G.; Furlan P.; Simoni S.; Strong W.B.; Roversi P.F. 2012. Laboratory evaluation of *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead) (*Hymenoptera*, *Platygastridae*) as a biological control agent of *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (*Heteroptera*, *Coreidae*). Biological Control 61 (1): 104-111.

Sabillón D. 2001. Determinación de los factores de emisión de monoterpenos en tres especies típicas de la vegetación terrestre mediterránea: *Pinus pinea* L, *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España. 146 p.



Sada B.; Iglesias S.; Gil L. 2000. Estudio de producción en un banco clonal de *Pinus pinea* de procedencia Cataluña Litoral para la selección de grandes productores de fruto. Actas Primer Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Tomo II, Pp. 65-73.

Sadori L.; Giardini M.; Susanna F. 2010. The plant landscape as inferred from a basket of the Roman town of Privernum (Latium, central Italy). Plant Biosystems 144 (4): 874-887.

Salas-Salvadó J.; Ros R.E.; Sabaté C.J. 2005. Frutos secos, salud y culturas mediterráneas. Ed. Glosa. S.L. 337 p.

Salvadori C. 2004. Il cimicione americano delle conifere. [En línea] [http://www.riviste.provincia.tn.it/ppw/TerraTre.nsf/0/73B269168E9E3F57C1256F5F004FFC4A/\\$FILE/11.pdf?OpenElement](http://www.riviste.provincia.tn.it/ppw/TerraTre.nsf/0/73B269168E9E3F57C1256F5F004FFC4A/$FILE/11.pdf?OpenElement) [Consulta: 29-8-2011].

Sánchez-Peña G. 2011. *Leptoglossus occidentalis*. En: Encuentro Internacional sobre plagas que afectan a la piña de pino piñonero (*Pinus pinea*). Matapozuelos, España, 30 noviembre.

Sánchez R.; Torralbo J.; Prades C. 2011a. Dendroecology in Stone pine: a tool for evaluating growth and production models in Cordoba (Andalusia) forests. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 22.

Sánchez-Gómez D.; Cano F.; Cervera M.; Aranda I. 2009. Variabilidad fenotípica en respuesta al estrés hídrico en una especie forestal genéticamente homogénea: *Pinus pinea* L. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León. España. Pp. 2/7-7/7.

Sánchez-Gómez D.; Velasco-Conde T.; Cano-Martín F.; Guevara M.A.; Cervera M.; Aranda I. 2011b. Inter-clonal variation in functional traits in response to drought for a genetically homogeneous Mediterranean conifer. Environmental and Experimental Botany 70 (2/3): 104-109.

Santini A.; Pepori A.; Ghelardini L.; Capretti P. 2008. Persistence of some pine pathogens in coarse woody debris and cones in a *Pinus pinea* forest. Forest Ecology and Management 256 (3): 502-506.

Sanz A. 1990. Las potencialidades de *Pinus pinea* L. en Castilla y León. 2º Congreso de Economía Regional. Pp. 154-168.

Sbay H. 2000. Première champagne de greffage de Pins pignon au Maroc. Actas del Primer Simposio del pino piñonero. Valladolid. Tomo II, Pp. 173-175.

Sciré M.; D'Amico L.; Motta E. Annesi T. 2009. Alcuni aspetti fitosanitari nella "foresta" della città di Roma. Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 octubre 2008. Pp. 1424-1428.

Segura R.; Javierre C.; Lizarraga M.; Ros E. 2006. Other relevant components of nuts, phytosterols, folate and minerals. Br J Nutr 96: S36-S44.

Serra M.T. 1987. Dendrología de Coníferas y otras gimnospermas. Apuntes docentes N° 2. Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 264 p.

Sfeir P. 2011a. The Forest, a place for sustainable economic development: the YMCA approach to rural development in Lebanon. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Sfeir P.R. 2011b. Stone pine and pine nut production in Lebanon. International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry. Valladolid (Spain), 17-19 november 2011.

Sharashkin L.; Gold M. 2004. Pine nuts (Pignolia): Species, products, markets, and potential for U.S. production. Northern Nut Growers Association 95th Annual Report. Proceeding for the 95th Annual Meeting, Columbia, Missouri.

Shen C. 2003. Millennial-scale variations and centennial-scale events in the southwest Asian monsoon: pollen evidence from Tibet. PhD Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge. 286 p.

Shigo A. 1991. Modern Arboriculture. EE.UU., 424 p.

Sidari M.; Mallamaci C.; Muscolo A. 2008. Drought, salinity and heat differently affect seed germination of *Pinus pinea*. J For Res 13: 326-330.

Sidoti A.; De Luca F. 2009. Lotta alla processionaria dei pini in aree a fruizione turistica. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. Sessione 5 selvicoltura: protezione delle foreste. Pp. 680-683.

Siebert W.H.; Loewe M. V. 2002. Gestione forestale compatibile con l'ambiente. L'esperienza del Cile. Sherwood 77: 21-24.

Silveira P. 2011. Pine nut markets: Portuguese perspective. International meeting on Mediterranean Stone pine for agroforestry, AGROPINE. Noviembre 17-19, 2011. Valladolid, España.

Sobarzo V. 2004. Evaluación de la rentabilidad económica del manejo de un bosque de *Pinus pinea* en Sierra Morena, España. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción, Chile. 30 p.

Soobrattee M.; Neergheen V.; Luximon-Ramma A.; Aruomab O.; Bahorun T. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. Mutation Res 579: 200-213.

Soria S.; Moreno M.; Viñuela E., Del Estal P. 2000. Principales cochinillas en los pinos españoles. Bol San Veg Plagas 26:335-348.

Soto D.; Gysling J.; Loewe V. 2008. Antecedentes del Mercado Internacional de Piñones de Pino. Ciencia e Investigación Forestal 14 (3): 599-623.

Spinelli R. 2009. Diradamenti nelle pinete litoranee, soluzione "radicale". Notizie dalla Filiera. Tecnico&Pratiko, supl. Sherwood 54: 6-7.

Stanley R.G. 1969. Extractives of wood, bark, and needles of the southern pines. Forest Products Journal 19 (11): 50-56.

Stevenson D.; Hurst R. 2007. Polyphenolic phytochemicals, just antioxidants or much more? Cell Mol Life Sci 64: 2900-2916.

Sülüsoglu M. 2004. The Management of villagers owned Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Plantations in Kozak Region, Turkey, a case study. FAO Working Paper, 48 p.

Sun J. 2007. D-Limonene: Safety and Clinical Applications. Alternative Medicine Review 12 (3): 259-264.

Sunfood. 2010. Pine Nut Butter [En línea]. www.sunfood.com/pine-nut-butter-btr-8-oz-sprouted-raw-cert-organic.html [Consulta: 3-8-2010].

Tapias R.; Gil L.; Fuentes-Urtilla P.; Pardos J. 2001. Canopy seed banks in Mediterranean pines of south-eastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. Journal of Ecology 89: 629-638.



Tartarino P. 1990. Silvicultural aspects of Stone pine (*Pinus pinea*) plantations on the plain of Ostia. Italia Forestale e Montana (45) 4: 312-325.

Teobaldelli M.; Mencuccini M.; Piussi P. 2004. Water table salinity, rainfall and water use by umbrella pine trees (*Pinus pinea* L.). Plant Ecology 171 (1/2): 23-33.

Thirgood J.V. 1981. Man and the Mediterranean forest. A history of resource depletion. Academic Press, London. 194 p.

Tiberi R. 2011a. Problematiche fitosanitarie del pino domestico in Italia: biología e comportamento degli insetti più dannosi e metodi di lotta. En: Encuentro Internacional sobre plagas que afectan a la piña de pino piñonero (*Pinus pinea*). Matapozuelos, España, 30 noviembre.

Tiberi R. 2011b. Caratterizzazione e valutazione dei danni alla fruttificazione del pino domestico prodotti da Leptoglossus occidentalis. En: Encuentro Internacional sobre plagas que afectan a la piña de pino piñonero (*Pinus pinea*). Matapozuelos, España, 30 noviembre.

Toimil F.J.; Acosta R. 1995. Aportaciones al conocimiento de la biología de Acantholyda hieroglyphica Christ. (Hym. Pamphillidae), defoliador de repoblaciones de *Pinus pinea* L., en la provincia de Huelva (y2). Bol. San. Veg. Plagas 21 (4): 647-657.

Tomás-Barberán F.; Espín J. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. J Sci Food Agric 81: 853-876.

Topc V.; Urevic Z.; Butorac L.; Jelic G. 2006. Influence of container type on growth and development of Stone pine (*Pinus pinea* L.) seedling in nursery. Radovi Sumarski Institut Jastrebarsko (Special Ed. 9). Forest Research Institute. Pp. 149-158.

Torres E.; Badalotti A.; Suarez M.A. 2009a. Propuesta de gestión participativa, adaptativa y sistémica para un pinar de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en el noreste de Túnez. Actas del V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León. 14 p.

Torres M.J.; García M.; Finat L.; Gordo J.; Martínez P. 2009b. Maquinaria empleada en la recolección mecanizada de piña de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid en la campaña 2006/2007. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

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

Trap L. 1996. *Pinus pinea*: an edible nut pine of many uses. The Australian New Crops Newsletter N°6. 3 p.

Tumen I.; Hafizoglu H.; Kilic A.; Dönmez I.; Sivrikaya H.; Reunanen M. 2010. Yields and constituents of essential oil from cones of *Pinaceae* spp. natively grown in Turkey. Molecules 15 (8): 5797-5806.

UNAC (Uniao Da Floresta Mediterranica). 2011. Pine nut markets: Portuguese perspective. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2011. UNECE STANDARD DDP-12 concerning the marketing and commercial quality control of DECORTICATED PEELED PINE NUTS moving in international trade between and to UNECE member countries. [En línea]. http://www.unece.org/publications/oes/2011_Legal_Instruments_E.pdf [Consulta: 2-8-2011].

Uprichard J.M. 1991. Chemistry of wood and bark. En: Properties and uses of New Zealand radiata pine, Vol. 1 Wood properties. Kininmonth J.A., Whitehouse L.J., ed. Research Institute, Rotorua New Zealand, Pp. 4.1-4.45.

USDA. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agricultural Handbook N° 450. Forest Service. US Department of Agriculture. Washington DC. 883 p.

USDA. 2011. Nuts, pine nuts, dried. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. [En línea] http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/chi-bin/list_nut_edit.pl [Consulta: 13-9-2011].

Vacante V.; Bonsignore C.; Manti F. 2009. Il monitoraggio della processionaria del pino e la gestione fitosanitaria dei comprensori forestali del Parco Nazionale d'Aspromonte. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. Sessione 5 Selvicoltura: protezione delle foreste. Pp. 703-708.

Vacas de Carvalho A.; Berkemeier R. 1991. Analysis of the profitability of *Pinus pinea* L. DGF Informacao 2 (7): 18-21.

Valdés A.; Ordás R.; Fernández B.; Centeno M. 2001. Relationships between hormonal contents and the organogenic response in *Pinus pinea* cotyledons. Plant Physiol Biochem 39: 377-384.

Valle R. 2011. Almendras, nueces y avellanas para proteger el corazón. [En línea]. <http://www.saludparati.com/alimentosysalud7.htm> [Consulta: 3-8-2011].

Valle G.; Sardá P.; Aguilar A.; Villar P.; Peñuelas J. 2005. Crecimiento radical de plantones de *Pinus halepensis* y *P. pinea* durante el período húmedo del año. Actas IV Congreso Forestal Español, Tomo 4CFE05-129-T1, Pp. 183.

Vendramin G.; Fady B.; González-Martínez C.; Sheng Hu F.; Scotti I.; Sebastiani F.; Soto A.; Petit J.R. 2008. Genetically depauperate but widespread: the case of an emblematic Mediterranean pine. Evolution 62-3: 680-688.

Venegas G.A. 2010. Uso de reguladores de crecimiento y su influencia en los brotes reproductivos y vegetativos de *Pinus pinea* L. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal, U. de Chile. Santiago, 43 p.

Veroz D.; Alves-Santos F.; Diez J. 2004. Occurrence of *Pestalotia stevensonii* on *Pinus pinea* in Spain. Plant Pathology 53: 250.

Vidal J. 1962. El pino y algunas especies de interés económico. Unión Tipográfica, Ed. Hispano Americana. México, 233 p.

Villar P.; Domínguez S.; Peñuelas J.; Carrasco I.; Herrero N.; Nicolás J.; Ocaña L. 2000b. Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* L. tienen mejor desarrollo en campo. Actas del Primer Simposio del pino piñonero. Tomo I, Pp. 219-227.

Villar P.; Ocaña L.; Peñuelas J.; Carrasco I. 1999. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halepensis* Mill. (Aleppo pine) seedlings. Ann For Sci 56: 459-465.

Villar P.; Peñuelas J.; Carrasco I. 2000a. Influencia del endurecimiento por estrés hídrico y de la fertilización en algunos parámetros funcionales relacionados con la calidad de las plantas de *Pinus pinea*. Actas Primer Simposio sobre el pino piñonero. Valladolid, España. Tomo I, Pp. 211-218.

Villarroya M.; Chueca M.C.; Montero G.; García-Baudin J.M. 1997. Respuesta de *Pinus pinea* al herbicida hexazinona. IRATI 97: montes del futuro: respuestas ante un mundo en cambio Madrid, España. Tomo III. Pp. 679-684.

Villar-Salvador P.; Garrachón S.; Domínguez-Lerena S.; Peñuelas J.; Serrada R.; Ocaña L. 2001. Desarrollo en campo, arquitectura radical y estado hídrico seis años después de la plantación de brinzales de *Pinus pinea* cultivados en diferentes tipos de contenedor. Actas del III Congreso Forestal Español. Granada, Mesa 3, Pp. 797-803.



Webb D.; Wood P.; Smith J.; Henman G. 1984. A Guide to Species Selection for Tropical and Sub-Tropical Plantations. 2nd Edition. Oxford, Inglaterra, Commonwealth Forestry Institute. 256 p.

Ximénez De Embún J. 1959. El pino piñonero en las llanuras castellanas. Hojas Divulgadoras N°11-59H. Ministerio de Agricultura. Madrid, 20 p.

Yagüe S. 1993. Silvicultura y producción del pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Ponencias y Comunicaciones, Tomo II. Congreso Forestal Español, Lourizán, 1993.

Yagüe S. 1994. Producción y silvicultura del piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Ávila. 2ª parte: Silvicultura. Ciencia y Técnica 37: 45-51.

Yagüe S. 1997. Silvicultura mediterránea para una especie mediterránea: el pino piñonero (*Pinus pinea*) en la provincia de Ávila. En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), Actas del II Congreso Forestal Español y II Congreso Forestal Español IRATI-97, IV. Pp. 571-576.

Yilmaz M.; Erbilgin N. 2010. Pines (*Pinus pinea* L.) resistant to fire and insect damage. Orman Mühendisligi 47 (1/3): 18-21.

Zavala C.F.; García M.E. 1990. Iniciación de conos femeninos en *Pinus cembroides* Zucc. Acta Botánica Mexicana N°10. Instituto de Ecología A.C., Pátzcuaro, México. Pp. 31-44.

Zavattieri A.; Lima M.; Sobral V.; Oliveira P.; Costa A. 2009. Effects of carbon source, carbon concentration and culture conditions on in vitro rooting of *Pinus pinea* L. microshoots. Acta Horticulturae 812: 173-180.

Zobel B.; Van Wyk G.; Stahl P. 1988. Growing Exotic Forest. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, USA. 508 p.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Abellanas B.; Cuadros S.; Navarro R.; Oliet J.; Bastida F.; Butler I.; López J.; Monteagudo F. 1997. Programa de mejora de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. Cuad Soc Esp Cs For 5: 57-66.

Adili B.; El Aouni M.; Trabelsi H.; Balandier P. 2011. Influence of stand and silviculture practices on cone and seed production in planted forest of *Pinus pinea* in north of Tunisia. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011. P. 8.

Alonso P.; Centeno M.L.; Rodríguez A.; Fernández B.; Cortizo M.; Ordás R. 2003. Clonación in vitro de *Pinus pinea* L. como aplicación biotecnológica para sus programas de mejora genética. Universidad de Oviedo e IMIA. [En línea] http://expo.difo.uah.es/Gen2for/alcala_03/abstracts2003.html [Consulta: 20-7-2012].

Ammannati R. 1988. Effetti dell'autoimpollinazione sulla crescita in altezza in *Pinus pinea* L. Monti e Boschi 39 (3): 50-52.

Anónimo. 1996. Piñón de *Pinus pinea* (con cáscara): Producción por pertenencias, valor y precio, 1996. [En línea] http://www.mapa.es/estadistica/pags/anuar_99/cap29_otros_prod/otrprodfor_10.htm

Anónimo. 2006. Estudio de un nuevo hongo en los pinos castellanos. [En línea] <http://noticias.universia.es/ciencia-nn-tt/noticia/2006/01/22/603675/estudio-nuevo-hongo-pinos-castellanos.html> [Consulta: 24-11-2011].

Anónimo. 2009. Los montes también hablan: historia de un Montico. Revista Castilla y León Forestalis 14: 36-39.

Anónimo. 2010. Alimentos que hacen de medicamentos. Alimentación, Consumer EROSKI. Pp. 17-21.

Anónimo. 2011. La forma natural de reducir la ingesta calórica. Revista Énfasis, Alimentación Latinoamérica. [En línea] http://alimentacion.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1368:la-forma-natural-de-reducir-la-ingesta-calorica&catid=38:publicaciones-especializadas&Itemid=56 [18-02-2012]

Arce C.; Sández M. 1981. Fracciones proteicas en semillas de *Pinus pinea* germinantes. Anales de Edafología y Agrobiología 40(9/10): 1833-1840.

Arteaga B. 1999. Producción de semilla de *Pinus maximartinezii* Rzedowski. Segundo Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Pp. 47- 51.

ASFOVA. 2009. Conclusiones de la 1ª jornada Ibérica de la piña y el piñón. [En línea] <http://www.asfole.com/archivos/noticias/1237900363.pdf> [Consulta: 26-8-2011].

ASFOVA. 2011. Ponencias del "Encuentro internacional sobre plagas que afectan a la piña de pino piñonero (*Pinus pinea*)". Matapozuelos, 30 noviembre del 2011. [En línea] <http://www.fafcyale.org/asfova/asfova2/> [Consulta: 21-12-2011].

AA.VV. 2003. Tenuta di San Rossore, Note illustrative della carta forestale e della fruizione turistica. Ente Parco Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli, Italia. DREAM Italia srl.

Baier A. 2006. Como prepararse para la inspección Orgánica. ATTRA [En línea] <http://attra.ncat.org/attra-pub/comoprepa.html> [Consulta: 21-12-2006].

Bañuelos A., Marini J.; Rudi A. s/f. RAMA, Proyecto forestal, San Luis Argentina. [En línea] <http://www.rama.com.ar/> [Consulta: 17-8-2011].

Bellefontaine R.; Raggabi M.; El-Mazzoudi H. 1980. Preliminary results of provenance trials of *Pinus pinea* L. Annales de Recherches Forestières de Rabat, Maroc 20: 183-204.

Birost Y. 2009. Living with wildfires: What science can tell us. Discussion Paper 15, European Forest Institute. 82 p.

Blaise P.; Tropini V.; Farines M.; Wolff R. 1997. Positional distributions of Δ^5 -acids triacylglycerols from conifer seeds as determined by partial chemical cleavage. Journal of the American Oil Chemists' Society. 74 (2): 165-168.

Blanco R.G.; Castro G.S.; Gil R.J. 2011. Acceleration transmissibility study in *Pinus pinea* L. branches to selective cone harvesting by vibration. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Blanco R.G.; Castro G.S.; Martín M.M.; Torres L.P. 2011. Trunk shakers automation to mechanical pine cone harvesting. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Barranco J.; Ortuño S. 2003. Economic study on the pine nut sector in Spain. Non Wood News FAO. [En línea] <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4640E/y4640e03.htm> [Consulta: 18-4-2009].

Cadahia D. 1984. El interés biológico del género *Cryptochaetum* Rond. *Diptera, Cryptochaetidae* descripción de una nueva especie. Boletín del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica 10 (2): 159-184.



Calama R. 2006. Sitio de ensayo sobre regeneración natural en masas de *Pinus pinea*. Visita de campo La Pedraja del Portillo, Valladolid. 10 p.

Calama R.; Pardos M.; Mutke S.; Gordo J.; Pasalodos M.; Sánchez-González M.; Madrigal G. 2011. Modelling spatio-temporal variability in *Pinus pinea* cone production at forest scale. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19/11/ 2011.

Calzado A.C.; Márquez R.I.; Erbiti S.I.; Marín P.F. 1997. Caracterización dasométrica de masas de pino piñonero (*Pinus pinea*) en el litoral Onubense. Actas del II Congreso Forestal Español. Pp. 219-221.

Campos P. 1999. Hacia la medición de la renta de bienestar del uso múltiple de un bosque. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 8 (2): 407-422.

Carrasco G.; Feijoo J.; Arias J. s/f. Equilibrios biológicos en los sistemas forestales andaluces. [En línea].www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoexterno/pub_revistama/revista [Consulta 20-8-2012]

CHILENUT. 2008. Desde el Hemisferio Sur: El despegue de Chile en frutos secos y deshidratados. [En línea] http://www.chilenut.cl/infonut/09_2008/docs/Especial_Frutos_secos_%20Chilenut_2008.pdf [Consulta: 18-1-2012].

Chumillas M. 2005. El mercado de frutos secos y cacahuets en países bajos. [En línea] http://www.icex.es/icex/cda/controler/pagelCEX/0,6558,5518394_5518983_5693326_578451_-1_-1,00.html?imprimir=true& [Consulta: 26-8-2011].

CONABIO. s/f. *Pinus cembroides* zucc. [En línea]. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/54-pinac11m.pdf [Consulta: 12-8-2011].

CONACYT. 2002. Estrés hídrico en pinos: Estrategias de manejo cultural y respuestas fisiológicas asociadas; 5780, Proyecto Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Hidalgo, México.

CONACYT. 2002. Estudio nutricional de especies forestales y restauración económica y ecológica del bosque La primavera, Guadalajara; 6506. Proyecto Colegio Postgraduados (COLPOS), Guadalajara, México.

CONACYT. 2006. Programa de investigación y transferencia de tecnología para el manejo sustentable de poblaciones de pino piñonero (*Pinus cembroides* subes *P. Orizabensis*) en el ejido Santa María Las Cuevas Tlaxcala, 42031. Proyecto Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Consejería de Agricultura y Ganadería. 2008. ORDEN AYG/1815/2008 que regula el procedimiento de acreditación de la trazabilidad en el comercio de piñas y piñones dentro del ámbito de Castilla y León. BOCYL N° 204. Pp. 20611- 20619.

Consejería de Agricultura y Ganadería. 2009. ORDEN AYG/1922/2009 que modifica la ORDEN AYG/1815/2008 que regula el procedimiento de acreditación de la trazabilidad en el comercio de piñas y piñones dentro del ámbito de Castilla y León. BOCYL N° 194. Pp. 29695.

Cuevas P.; Bachiller P. 1970. Study of the insects that damage the production of seeds by *Pinus pinea* and methods used for their control. Boletín de Servicios de Plagas Forestales 13: 227-231.

Deineka V.; Deineka L. 2003. Triglyceride composition of *Pinus sibirica* oil. Chemistry of Natural Compounds 39 (2): 171.

Delcos; Beyer R.; Allen F. s/f. U.S. Market for imported Pignoli Nuts. [En línea] http://www.fs.fed.us/rm/pubs_rm/rm_gtr236/rm_gtr236_164_167.pdf [Consulta: 17-8-2011].

Dutkuner I.; Bilir N. 2011. Clonal repeatability for some seedling characters in Stone pine (*Pinus pinea* L.). Fresenius Environmental Bulletin 20 (2a): 484-488.

EUROCHILE. 2006. El 30% de los europeos prefieren los productos orgánicos. [En línea] <http://www.beekeeping.cl/news.php?newsid=53> [Consulta: 29-8-2011].

Flores J.; Nájera J.; Morales L. 2003. Principales plagas de los pinos piñoneros en el sur de Coahuila. [En línea] <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/recforestales/plagapino.pdf> [Consulta: 26-8-2011].

Faccoli M.; Pisedda A.; Salvato P.; Simonato M.; Masutti L.; Battisti A. 2005. Genetic structure and phylogeography of pine shoot beetle population (*Tomicus destruens* and *T. piniperda*, *Coleoptera Scolytidae*) in Italy. Annals of Forest Science 62 (4): 361- 368.

FAO.1996. Desarrollo de productos forestales no madereros en América Latina y el Caribe. Principales Productos Forestales No Madereros. [En línea]. <http://www.fao.org/docrep/t2360s/t2360s04.htm> [Consulta: 24-1-2009].

Flores J.; Nájera J.; Morales L. s/f. Principales plagas de los pinos piñoneros en el sur de Coahuila. Pp. 423-427.

García L.; Serrano L.; Pardos J.A. 1994. In vitro shoot organogenesis from excised mature cotyledons and microcuttings production in Stone pine. Plant Cell Tissue and Organ Culture 36: 135-140.

Gharibzadeh S.; Etemad V.; Mirarab-Razi J.; Fos' Hat M. 2010. Study on some engineering attributes of pine nut (*Pinus pinea* L.) to the design of processing equipment. Res Agr Eng 56 (3): 99-106.

Gil L.; Prada A.; Mercurio R. 1996. Cultivation of *Pinus pinea* L. for pine nut production in Spain, and prospects for Italy. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura 58 (1): 25-29.

Gordo A.J.; Mutke S.; Gil L. 2002. La conservación y mejora genética de *Pinus pinea* L. en Castilla y León (España). I Curso internacional sobre Conservación y Utilización de los Recursos Genéticos Forestales.

Gordo A.J.; Álvarez D.; Mutke S.; Gil L. 2009. Selección y usos de materiales de base en el pino piñonero. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León, España. Pp. 2/7-7/7.

Guerra G.J. 1998. Effects of different silviculture practices on herbaceous understory in *Pinus pinea* plantations of Southern Spain. Pastos 28 (2): 217-235.

Gutiérrez B. s/f. Consideraciones para la viverización y producción de plantas de las especies consideradas en el proyecto de silvicultura no tradicional. Div. Silvicultura, Instituto Forestal. 16 p.

Hartmann H.; Kester D. 1990. Propagación de plantas. Principios y prácticas. México. 760 p.

Hayashida M. 2003. Seed dispersal of Japanese Stone pine by the Eurasian Nutcracker. Ornithological Science 2. N°1 Tokyo. Pp. 33-40.

IGEME (Export Promotion Center of Turkey). 2008. Nuts from Turkey. Pine nuts. Pp.15.

Iqbal M. 1933. International trade in non-wood forest products: An overview. [En línea] <http://www.fao.org/docrep/x5326e/x5326e00.htm> [Consulta: 26-8-2011].



Jiménez J. 2005. Análisis estructural de los ecosistemas de *Pinus cembroides* (pino piñonero) y su aprovechamiento en el estado de Nuevo León; 14660. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Kilic A.; Hafizoglu H.; Dönmez I.; Tümen I.; Sivrikaya H.; Reunanen M.; Hemming J. 2011. Extractives in the cones of *Pinus* species. *European Journal of Wood and Wood Products* 96 (1): 37-40.

Kim S.; Harrington T.; Lee J.; Seybold S. 2011. *Leptographium tereforme* sp. nov. and other *Ophiostomatales* isolated from the root-feeding bark beetle *Hylurgus ligniperda* in California. *Mycologia* 103 (1): 152-163.

Kuznetsova G. 2008. Experiment of intraspecific hybridization of Siberian Stone pine (*Pinus sibirica* du tour) Clones in middle Siberia. *Eurasian Journal of Forest Research* 11 (2): 81-87.

Kyeong K.; Myeong W.; Chul Y.; Ho B.; Kuk J. 2008. Induction of conditioned taste aversion to Korean Pine nuts (*Pinus koraiensis*) treated with lithium chloride in red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *J Ecol Field Biol* 31 (4): 341-344.

Lange W.; Weissmann G. 1991. Gum oleoresins of *Pinus resinosa* and *Pinus pinea*. *Holz als Roh und Werstoff* 49 (12): 476-480.

Larbi K.M. 2000. Bilan des essais de provenances de pin pignon installée en Tunisie. Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid (España). Pp. 22-24

Lauteri M. 2009. The impact of sea erosion on coastal *Pinus pinea* stands: A diachronic analysis combining tree-rings and ecological markers. *Forest Ecology and Management* 257 (3): 773-781.

Little E. 1974. Pine nuts (*Pinus*) imported into the United States. [En línea] http://www.fs.fed.us/rm/pubs_rm/rm_gtr236/rm_gtr236_026_028.pdf [Consulta 11-9-2012] Pp. 26-28.

Lombardero M.; Vázquez –Mejuto P.; Ayres M. 2008. Role of plant enemies in the forestry of indigenous vs. no indigenous pines. *Ecological Applications* 18 (5): 1171-1181.

Martín J. 2008. El piñón chino parece arroz inflado. [En línea]. <http://www.nortecastilla.es/20080111/castilla-leon/pinon-chino-parece-arroz-20080111.html> [Consulta: 26-5-2009].

Mata J.; Treviño E.; Jiménez J.; Alanis E.; Salinas W. 2009. Evaluación de la siembra directa de *Pinus cembroides* y *P. nelsonii* en el noreste de México. CONAFOR.

McAvoy D. 2006. Pine nuts: A Utah forest product. *Utah Forest News* 10 (4):1-9.

Mclain R.; Frazier P. 2008. Managing pinyon-juniper ecosystems for pine nuts productions. The Pine Nut Management Project. Institute for Culture and Ecology. Pp. 1-4.

Menghini A.; Venanzi G. 1977. The resin canals of *Pinus pinea* L. seedlings at different ontogenetic stages. *Annali della Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Perugia* 32 (2): 785-797.

Minaya G.M.; González F.; López M. 1993. Estudio de las relaciones precipitación- intercepción y escorrentía cortical en una masa de *Pinus pinea*. *Congreso Forestal Español. Ponencias y Comunicaciones. Tomo III.* Pp. 109-114.

Mohedano L.; Cetina V.; Vera G.; Ferrera R. 1999. Mycorrhiza and aerial pruning for the quality of pine plants in the greenhouse. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 5 (2): 141-148.

Montes F.; Ledo A. 2010. Incorporating environmental and geographical information in forest data analysis: a new fitting approach for universal kriging. *Canadian Journal of Forest Research* 40 (9): 1852-1861.

Mutke S. 2008. El cultivo de *Pinus pinea* para la producción de piñón comestible. *Curso Internacional sobre Conservación y Utilización de los Recursos Genéticos Forestales.*

Nasri N.; Triki S. 2007. Storage proteins from seeds of *Pinus pinea* L. *Comptes Rendus Biologies* 330 (5): 402-409.

Nasri N.; Tlili N.; Triki S.; Elfalleh W.; Chéraif I.; Khaldi A. 2011. Volatile constituents of *Pinus pinea* L. needles. *Journal of Essential Oil Research* 23 (2): 15-19.

Nix S.; Nix L. 2009. California Pine nuts. [En línea]. <http://foragingschool.blogspot.com/2009/10/california-pine-nuts.html> [Consulta: 28-2-2012].

Oficina Agrícola en Japón. 2010. Importaciones de nuts en Japón: oportunidad real de crecimiento para la oferta Chilena. *Serie Análisis de Mercado* N°24, 15 p.

Oliván A.; Munné-Bosch S. 2010. Diurnal patterns of α-tocopherol accumulation in Mediterranean plants. *Journal of Arid Environments* 74 (11): 1572- 1576.

Paiva M.; Mateus E.; Santos M.; Branco M. 2011. Pine volatiles mediate host selection for oviposition by *Thaumetopoea pyocampa* (Lep., *Notodontidae*). *Journal of Applied Entomology* 135 (3): 195-203.

Palacios G.; Navarro R. 2001. Caracterización de la calidad de planta en vivero de siete procedencias de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). *III Congreso Forestal Español, Tomo 3CFE02-131-T2.* Pp. 854-860.

Pasman W.; Heimerikx J.; Rubingh C.; Van Den Berg R.; O'Shea M.; Gambelli L.; Hendriks H.; Einerhand A.; Scott C.; Keizer H.; Mennen L. 2008. The effect of Korean pine nut oil on in vitro CCK release, on appetite sensations and on gut hormones in post-menopausal overweight women. *Lipids Health Dis* 20 (7):10.

Passini M. 1982. The Mexican Stone pines (pinyons) of the Cembroides group. *Forest Genetic Resources Information, FAO* (11) 29-33.

Passini M.; Tovar D.; Piedra T. 1987. *II Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros.* 311 p.

Pastore A. 1939. Las reservas nutritivas de los piñones de las araucarias argentinas. *Darwiniana. T. 3. N° 3.* Pp. 470-478.

Peña-Claros M.; Boot R.; Dorado-Lora J.; Zonta A. 2002. Enrichment planting of *Bertholletia excelsia* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width of survival, growth and crown traits. *Forest Ecology and Management* 161:159-168.

Pérez J. 2005. El rey errante de los pinares. [En línea]. http://canales.nortecastilla.es/agroalimentos/actualidad/sabor_regional_301205.php [Consulta: 10-8-2011].

Pimentel L.; Bonilla R. 2008. Comportamiento en Chapingo de los pinos piñonero Mexicanos. *Extensión al Campo 2008.* Pp. 37-39.

Pinheiro A. 2004. A Colheita mecânica da pinha do pinheiro manso (*Pinus pinea* L.). *Semana Tecnológica da Agricultura e Floresta. Programa AGRO - Medida 8, Ação 1: "Inovar a Tradição, Sustentar o Desenvolvimento".* *Estação Zootécnica Nacional, Fonte Boa. Santarém.*



Plaisance G. 1977. The Stone pine. Forêt Privée 115: 47-51.

Polge H. 1978. Study of the quality of the wood of Stone pine, *Pinus pinea*. Document, Station de Recherches sur la Qualité des Bois, CNRF, France, 1978/2. 10 p.

Pouteau E. 2011. Fitoesteroles: Aliados naturales en la protección de la salud cardiovascular. Nestlé Research Center, Lausanne, Suiza.

PROCHILE. 2009. Estudios de mercado productos gourmet – Bélgica. Información Comercial. Prochile Bruselas. 6 p.

Ratola N.; Amigo J.; Oliveira M.; Araujo R.; Silva J.; Alves A. 2011. Differences between *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* as bioindicators of polycyclic aromatic hydrocarbons. Environmental and Experimental Botany 72 (2): 339-347.

Rodríguez B.; Del Río J. 2011. Valladolid's province forest land owners: the challenge to optimize pine nut production. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, - España, 17-19 noviembre 2011.

Roic L.; Villaverde A. 1998. Árboles y arbustos cultivados en la ciudad de Santiago del Estero, Argentina. Quebracho N°7: 79-88.

Romero M. A.; García M. E. 2002. Estabilidad y elasticidad de la composición florística de los piñonares de San Luis Potosí, México. Agrociencia 36: 243-254.

Ruano I.; Bravo F.; Ordóñez C. 2005. Eficiencia del muestreo relascópico y del muestreo con parcelas concéntricas y de radio fijo para la estimación de variables dasométricas en rodales de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). IV Congreso Forestal Español. España.

Russo G. 1964. Pine bark beetles of Tuscan coast. Bollettino dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna 15: 297-314.

Salinas C.; Vio F. 2002. Promoción de la salud en Chile. Rev Chil Nutr 29 (supl. 1): 164 – 173.

Sánchez N.; Cabral M.; Goya J. 2004. Informe ambiental de la localidad de Cariló. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. 39 p.

Schmidt W.C.; Holtmeier F.K. 1994. Proceeding – international workshop on subalpine Stone pines and their environment: the status of our knowledge. General Technical Report, Intermountain Research station, USDA Forest Service (INT-GTR-309), 321 p.

Scotti R. 1988. Modello alsometrico per le pinete litoranee di *Pinus pinea* L. Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Apicoltura 11: 55-142.

Sghaier T.; Claustriau J. 2011. Genotype-environment interaction and stability in Thirty-year Growth of Aleppo pine provenances (*Pinus halepensis* Mill.) in Tunisia. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 noviembre 2011.

Shikov A.; Pozharitskaya O.; Makarov V.; Makarova M. 2008. Anti-inflammatory effect of *Pinus sibirica* oil extract in animal models. J Nat Med 62: 463-440.

Singh J.; Yadav R. 2007. Dendroclimatic potential of millennium-long ring-width chronology of *Pinus gerardiana* from Himachal Pradesh, India. Current Science 93 (6): 833-836.

Skakovskii E.; Tyshinskaya L.; Gaidukevich O.; Klyuev A.; Kulakova A.; Petlistskaia N.; Rykov S. 2007. NMR Analysis of oils from pine nuts (*Pinus sibirica*) and seeds of common pine (*Pinus sylvestris* L.). Journal of Applied Spectroscopy 74 (4): 584.

Spanou S.; Tiniakou A.; Nikolaidis V.; Georgiadis T. 2007. Comparative study of protected areas in Greece: the case-study of three littoral *Pinus pinea* (Stone pine) forest. Fresenius Environmental Bulletin 16 (11a) 1335-1344.

Strangi A.; Roversi P. 2011. Permeabilità del corion di *Leptoglossus occidentalis* a solventi e crioprotettivi. XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Génova, 13-16 junio 2011. Sessione VIII, Biotecnologie Entomologiche, Pp. 306.

Tommasi F.; Paciolla C.; De Pinto M.; De Gara L. 2001. A comparative study of glutathione and ascorbate metabolism during germination of *Pinus pinea* L. seeds. Journal of Experimental Botany 52 (361): 1647-1654.

Torrente I.; Permán J. 2004. Influencia de los contenedores abiertos lateralmente en la morfología aérea y radicular en plántulas de *Pinus pinea* y *Quercus coccifera*. Cuad Soc Esp Cs For 17: 239-243.

Vorobjeva N.; Vorobjev V. 1997. Morphology diversity and selection of *Pinus sibirica*. Journal of Forestry Research 8 (1): 27- 29.

Vozzella L. 2009. Pine nuts leave a bad taste in some people's mouth. [En línea]. <http://magicvalley.com/lifestyles/food-and-cooking/2f7bf97a-027e-5a27-bb1c-590220d8852d.html> [Consulta 10-8-2011].

Wolff R.; Bayard C. 1995. Fatty acid compositions of some pine seeds oils. Journal of the American Oil Chemists' Society 72 (9): 1043-1046.

Yildiz-Gulay O.; Gulay M.S.; Ata A.; Balic A.; Demirtas A. 2010. The effect of feeding *Pinus pinea* on some blood values in male New Zealand White rabbits. Journal of Animal and Veterinary Advances 9 (20): 2655-2658.



ANEXO 1. ANÁLISIS GENÉTICOS

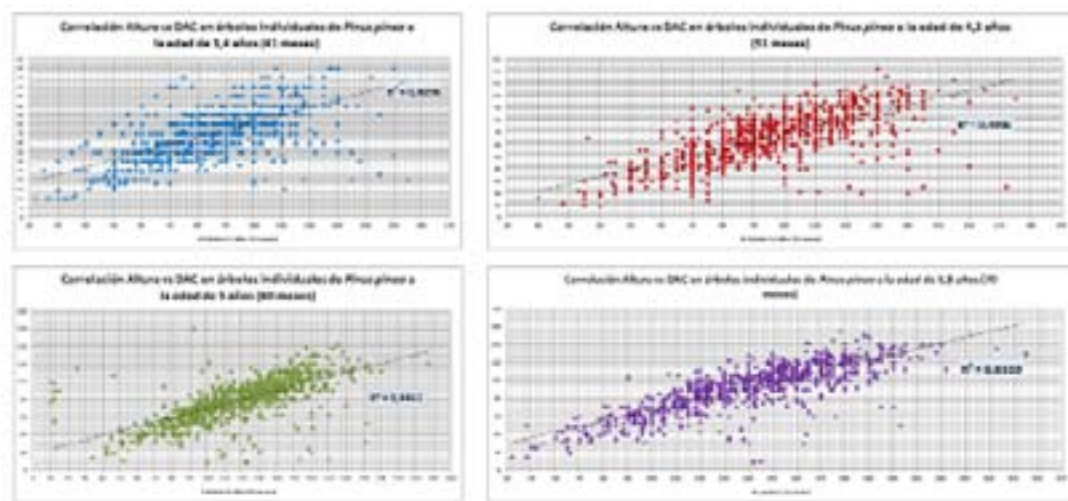


Figura 1. Correlación lineal múltiple (R^2) entre altura y DAC por árbol individual en cuatro edades de ensayo de progenies de *Pinus pinea*

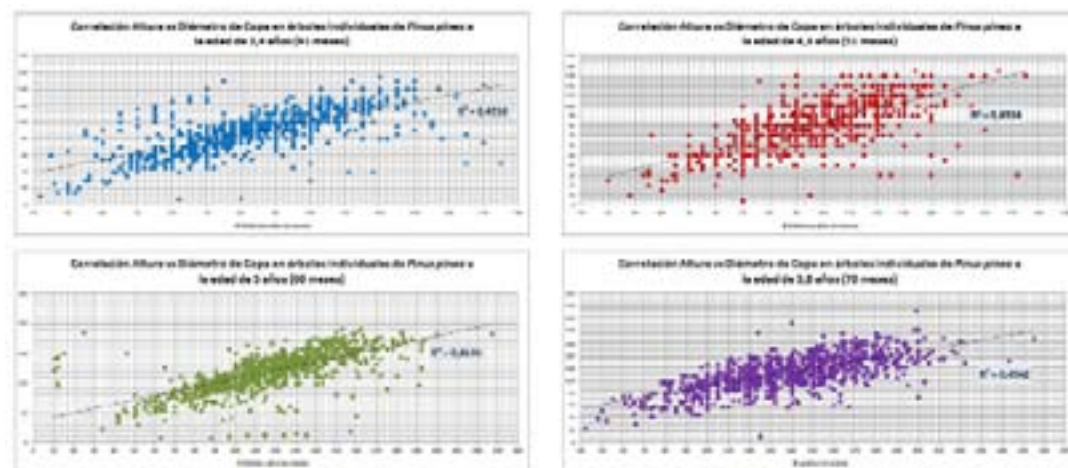


Figura 2. Correlación lineal múltiple (R^2) entre altura y diámetro de copa por árbol individual en cuatro edades de ensayo de progenies de *Pinus pinea*

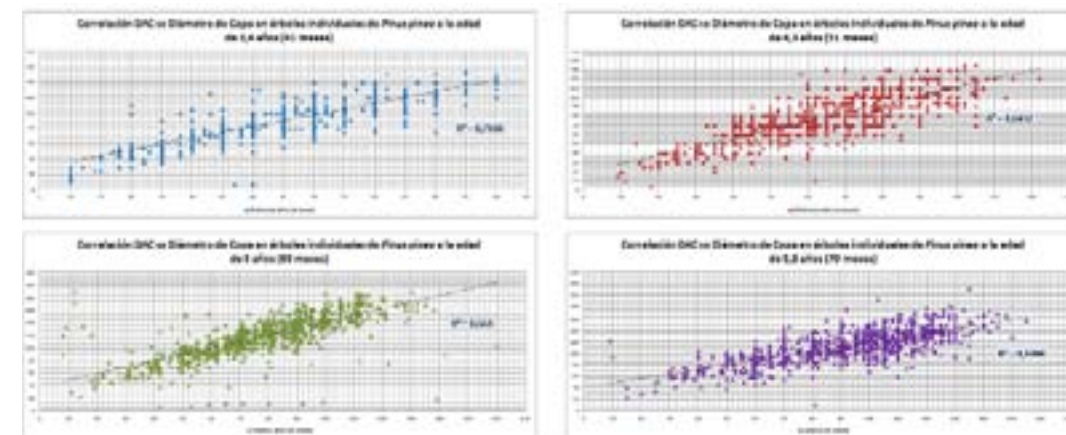


Figura 3. Correlación lineal múltiple (R^2) entre DAC y diámetro de copa por árbol individual en cuatro edades de ensayo de progenies de *Pinus pinea*

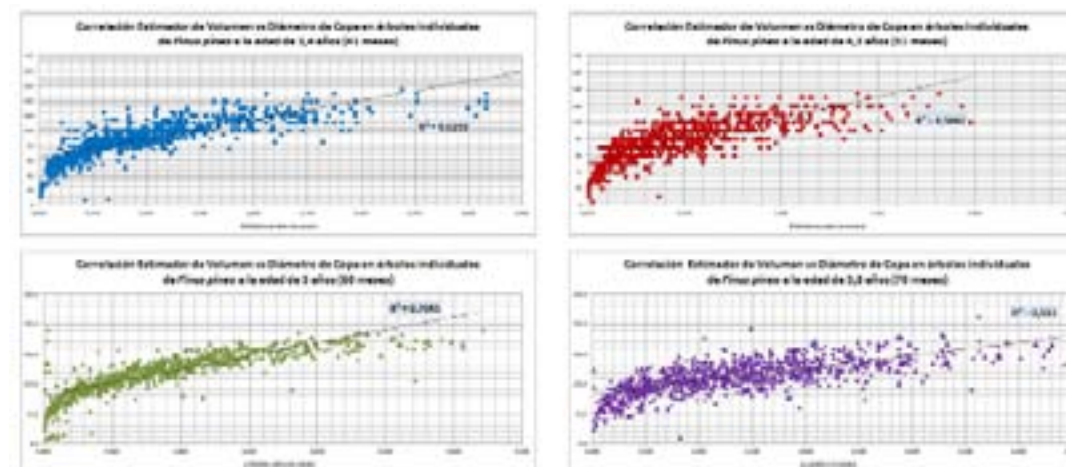


Figura 4. Correlación lineal múltiple (R^2) entre estimador de volumen (DAC²*Altura) y diámetro de copa por árbol individual en cuatro edades de ensayo de progenies de *Pinus pinea*

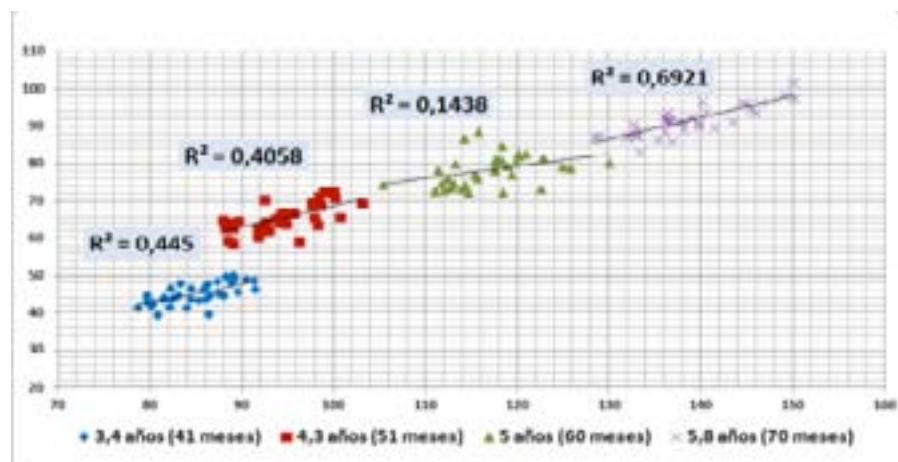


Figura 5. Correlación lineal múltiple (R^2) entre altura y DAC a nivel de progenies en cuatro edades de ensayo de progenies de *Pinus pinea*

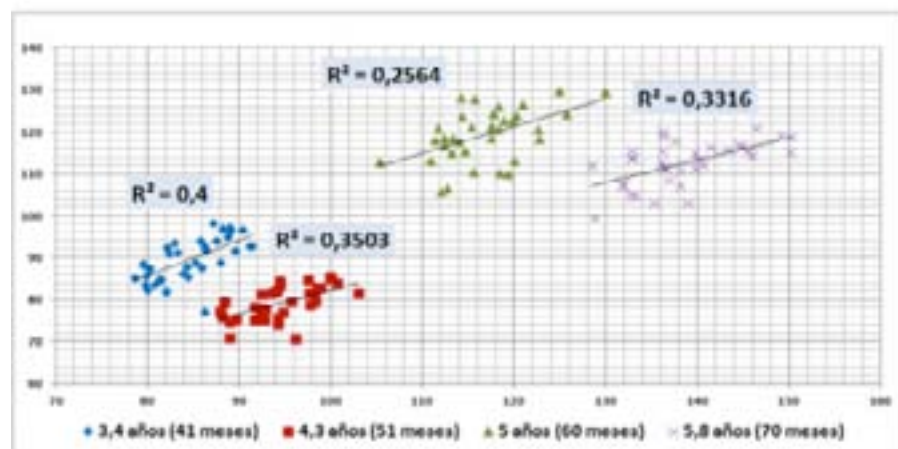


Figura 6. Correlación lineal múltiple (R^2) entre altura y diámetro de copa a nivel de progenies en cuatro edades de ensayo de progenies de *Pinus pinea*

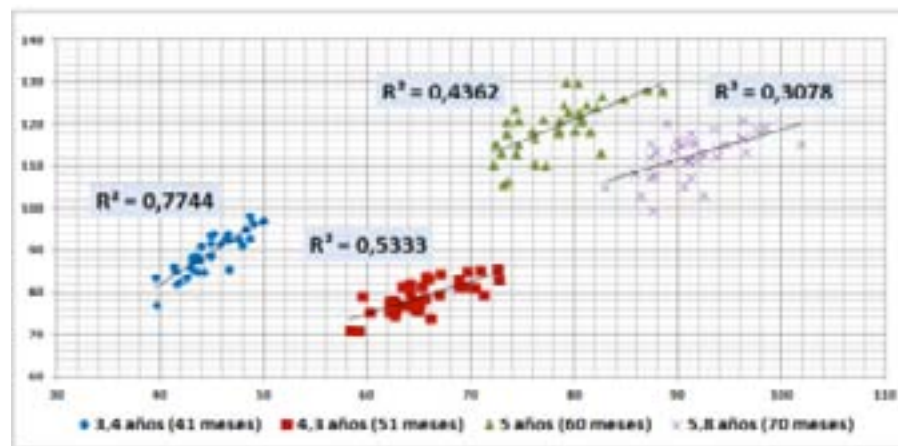


Figura 7. Correlación lineal múltiple (R^2) entre DAC y diámetro de copa a nivel de progenies en cuatro edades de ensayo de progenies de *Pinus pinea*

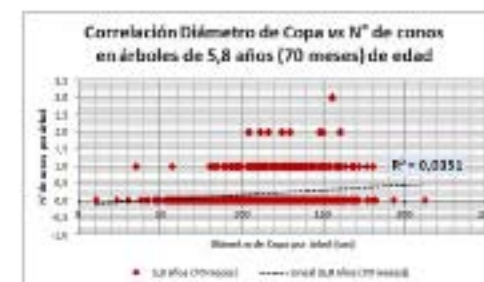


Figura 8. Correlaciones a nivel de árboles individuales para diámetro de copa y volumen en relación al número de conos por árbol a los 5 y 5,8 años de edad

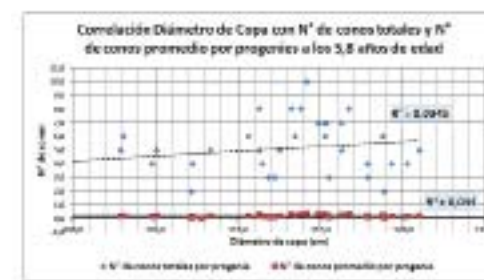


Figura 9. Correlaciones a nivel de promedio por progenie para diámetro de copa y volumen en relación al número total y promedio de conos por progenie



ANEXO 2. MERCADO INTERNACIONAL

Cuadro 1. Monto exportado (€) de piñones desde la Unión Europea, período 2000-2011

AÑO	DESTINO		TOTAL
	UNIÓN EUROPEA	RESTO DEL MUNDO	
2000	24.876.742	4.947.285	29.824.027
2001	28.475.690	5.215.293	33.690.983
2002	29.903.735	5.552.211	35.455.946
2003	46.520.620	6.063.617	52.584.237
2004	47.512.995	6.154.746	53.667.741
2005	44.555.806	4.613.206	49.169.012
2006	63.439.102	5.469.844	68.908.946
2007	67.656.963	7.002.420	74.659.383
2008	59.144.433	8.349.475	67.493.908
2009	72.206.023	8.861.121	81.067.144
2010	103.982.256	13.559.705	117.541.961
2011	109.330.996	13.327.058	122.658.054

Fuente: Eurostat, 2012

Cuadro 2. Monto importado (€) de piñones a la Unión Europea, período 2000-2011

AÑO	ORIGEN		TOTAL
	UNIÓN EUROPEA	RESTO DEL MUNDO	
2000	26.748.678	17.175.052	43.923.730
2001	27.479.996	22.363.768	49.843.764
2002	31.812.869	37.008.647	68.821.516
2003	44.977.169	42.411.285	87.388.454
2004	47.347.772	50.404.888	97.752.660
2005	56.203.830	40.803.535	97.007.365
2006	72.581.763	66.317.137	138.898.900
2007	81.559.988	83.922.233	165.482.221
2008	55.764.328	96.518.603	152.282.931
2009	70.747.045	90.236.496	160.983.541
2010	110.997.298	133.465.509	244.462.807
2011	124.119.187	103.904.486	228.023.673

Fuente: Eurostat, 2012

Cuadro 3. Monto exportado (€) de piñones de los principales países productores de piñones de *Pinus pinea*, período 2000-2011

AÑO	PAIS		
	ESPAÑA	PORTUGAL	ITALIA
2000	11.425.433	8.906.236	1.558.198
2001	13.191.624	9.490.622	2.281.223
2002	12.094.869	7.303.056	4.924.394
2003	17.581.826	11.899.892	5.727.471
2004	18.342.849	14.471.406	6.394.498
2005	22.989.284	4.661.936	5.814.168
2006	28.176.511	7.649.994	6.246.895
2007	27.793.824	7.020.088	8.228.966
2008	21.148.150	4.620.506	10.641.415
2009	19.184.979	8.192.056	10.116.575
2010	25.073.101	16.508.354	15.801.104
2011	36.994.409	21.241.912	13.148.520

Fuente: Eurostat, 2012

Cuadro 4. Monto importado (€) de piñones a los principales países productores de piñones de *Pinus pinea*, período 2000-2011

AÑO	PAIS		
	ESPAÑA	PORTUGAL	ITALIA
2000	6.878.084	253.456	9.642.011
2001	8.565.637	568.015	11.795.309
2002	10.273.708	640.211	15.409.584
2003	15.654.650	1.143.271	26.991.974
2004	18.004.686	884.300	29.427.606
2005	17.897.878	666.885	29.140.660
2006	21.694.619	1.432.960	42.618.683
2007	28.659.189	1.249.038	55.790.972
2008	15.090.791	1.870.321	55.720.931
2009	13.215.682	2.755.870	45.930.758
2010	29.327.161	1.272.541	66.628.634
2011	33.093.923	4.222.647	61.686.420

Fuente: Eurostat, 2012



Resumen de la Norma UNECE DDP-12 concerniente al comercio y control de calidad de PIÑONES DE PINO DESCASCADOS Y SIN PIEL

• Requerimientos acerca de la calidad

El propósito del estándar es definir los requerimientos de calidad de los piñones en la etapa de exportación posterior a su preparación y embalaje. Para ello se han establecido requerimientos mínimos que deben cumplir todos los tipos de piñones, y el contenido de humedad.

a). Requerimientos mínimos, aplicables a todos los piñones:

- enteros
- sanos, excluyendo aquellos afectados por pudrición o defectos que los hacen no aptos para el consumo
- suficientemente desarrollados, sin indicios de germinación
- limpios, cepillados, lavados; prácticamente libres de sustancias extrañas, incluyendo partes de piel de la semilla y de cáscara
- libres de insectos vivos o ácaros en cualquiera de sus etapas de desarrollo
- libres de daño visible por insectos, ácaros u otros parásitos
- libres de moho
- libres de fermentación y ranciedad
- libres de humedad externa anormal
- libres de olores y sabores anormales.

Sobre el contenido de humedad: los piñones no deben contener más de 6% de contenido de humedad.

b). Clasificación

- Clase extra. Los piñones deben ser de calidad superior, ser característicos de las especies o tipos comerciales y ser de color uniforme. Deben estar prácticamente libres de defectos y manchas, con excepción de defectos superficiales muy leves, tales que no afecten la apariencia general del producto, su calidad o su conservación en el envase.
- Clase I. Los piñones deben ser de buena calidad y característicos de las especies y/o tipos comerciales. Pueden tener los siguientes defectos en forma leve: en la forma, en su desarrollo y en la coloración.
- Clase II. Esta clase incluye los piñones que no clasifican en las clases anteriores, pero que satisfacen los requerimientos mínimos expresados anteriormente.

• Requerimientos de tamaño

Los piñones no requieren ser clasificados por tamaño en ninguna de las clases, sin embargo ellos pueden presentarse graduados por tamaño en base al mayor diámetro transversal, expresados en milímetros o fracción de milímetros.

• Requerimientos acerca de las tolerancias

a). Tolerancias en calidad

Se permitirán tolerancias en la calidad cuando no se cumpla con los requerimientos de calidad de la clase especificada de acuerdo a lo indicado en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Tolerancias sobre defectos permitidos para el comercio europeo de piñones

Defectos permitidos	Porcentaje del peso (%)		
	Extra	Clase I	Clase II
Tolerancia total	5	10	15
Defectos específicos			
Piñones excesivamente secados o poco desarrollados	1	3	5
Piñones en etapa de germinación	1	2	4
Piñones fermentados o rancios	0,2	0,5	1
Piñones podridos o mohosos ¹	0,2	0,4	0,8
Piñones dañados por insectos	0,2	0,4	0,8
Piñones aplastados, quebrados o trozados	3	6	10
Piñones con defectos superficiales o trazas de tegumento	2	4	6
Materiales vegetales extraños (cáscara, piel, polvo, etc.)	0,2	0,3	0,5

b). Tolerancias en tamaño

Si los piñones se presentan por grados de tamaño, se acepta hasta un 20% de piñones fuera del tamaño señalado.

• Requerimientos acerca de la presentación

- Uniformidad, el envase sólo debe contener piñones, del mismo origen y calidad. La parte visible del envase debe ser representativa de su contenido total.
- Embalaje, debe ofrecer entera protección a los piñones.
- Presentación, para todos los casos, los piñones bajo este estándar, deben ser envasados en contenedores rígidos, con un peso neto no superior a 25 Kg, o en bolsas, con un peso neto no superior a 50 Kg.
- Requerimientos de marketing, indicando como mínimo: Identificación del producto, Naturaleza del producto, Origen del producto, Especificación comercial, Marca de la oficina de control (opcional).

¹ Alemania y Suiza no aceptan tolerancias para el producto afectado por moho o pudrición, o la presencia de insectos vivos o muertos.

Cuadro 6. Precios de piñón blanco recopilados en Europa (2010)

Tipo de producto	Nombre de tienda	Tipo de tienda	Ciudad de venta	País	Tipo de envase	Contenido (gr)	(€)	€/Kg
Piñón blanco	El corte inglés	Supermercado	Madrid	España	Bolsa	50	4,50	90,0
Piñón blanco	El corte inglés	Supermercado	Madrid	España	Caja	40	5,27	131,8
Piñón blanco	Consum basic	Supermercado pequeño	Barcelona	España	Caja	40	2,95	73,8
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Ardea	Italia	A granel	1.000	29,00	29,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Pisa	Italia	A granel	1.000	25,00	25,0
Piñón blanco	s/i	Supermercado	Lisboa	Portugal	s/i	75	2,00	26,7
Piñón blanco	El corte inglés	Supermercado	Valladolid	España	Bolsa	50	4,35	87,0
Piñón blanco	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Bolsa	100	9,59	95,9
Piñón blanco	Simply Alcala	Supermercado	Madrid	España	Bolsa	60	3,99	66,5
Piñón blanco	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Bolsa	75	6,99	93,2
Piñón blanco	Minipreço	Supermercado	Lisboa	Portugal	Bolsa	75	2,59	34,5
Piñón blanco	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Bolsa	250	12,19	48,8
Piñón blanco	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Bolsa	150	8,19	54,6
Piñón blanco	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel	1.000	40,00	40,0
Piñón blanco	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel	1.000	35,00	35,0
Piñón blanco	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel	1.000	38,00	38,0
Piñón blanco	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel	1.000	39,90	39,9
Piñón blanco	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel	1.000	45,00	45,0
Piñón blanco	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel	1.000	40,00	40,0
Piñón blanco	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel o envasado FRILOBRIC	1.000	39,50	39,5
Piñón blanco	Mercado Val	Mercado	Valladolid	España	A granel	1.000	42,00	42,0
Piñón blanco	Mercado Val	Mercado	Valladolid	España	Bolsa	80	3,35	41,9
Piñón blanco	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Bolsa	60	7,85	130,8

Tipo de producto	Nombre de tienda	Tipo de tienda	Ciudad de venta	País	Tipo de envase	Contenido (gr)	(€)	€/Kg
Piñón blanco	Fersan S.L. (calle Alcalá)	Tienda	Madrid	España	s/i	1.000	60,00	60,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Pedrajas de San Esteban	España	A granel	1.000	30,00	30,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Pedrajas de San Esteban	España	s/i	1.000	27,00	27,0
Piñón blanco	s/i	Tienda frutos secos	Madrid	España	Frasco de vidrio	35	2,95	84,3
Piñón blanco	El corte inglés	Supermercado	Madrid	España	Bolsa	50	4,35	87,0
Piñón blanco	Mercado Aurelia	Mercado	Roma	Italia	Bolsa	20	2,20	110,0
Piñón blanco	Mercado Aurelia	Mercado	Roma	Italia	A granel	100	4,50	45,0
Piñón blanco	Giacomini	Tienda de frutos secos	Roma	Italia	A granel	100	5,90	59,0
Piñón blanco	Volpetti	Tienda Gourmet	Roma	Italia		500	30,00	60,0
Piñón blanco	Volpetti	Tienda Gourmet	Roma	Italia	Bolsa	35	3,20	91,4
Piñón blanco	Emme Piú	Supermercado	Roma	Italia	set 2 cajas 40 gr	80	6,59	82,4
Piñón blanco	Emme Piú	Supermercado	Roma	Italia	Bolsa	100	4,99	49,9
Piñón blanco	El corte inglés	Supermercado	Valladolid	España	Bolsa	125	8,15	65,2
Piñón blanco	El corte inglés	Supermercado	Madrid	España	Bolsa	70	4,75	67,9
Piñón blanco	Simply Alcala	Supermercado	Madrid	España	Frasco de vidrio	56	4,07	72,7
Piñón blanco	El corte inglés	Supermercado	Madrid	España	Frasco de vidrio	56	5,20	92,9
Piñón blanco	s/i	Tienda Prod. Naturales	Lisboa	Portugal	A granel	1.000	50,00	50,0
Piñón blanco	s/i	Tienda Prod. Naturales	Lisboa	Portugal	A granel	100	5,00	50,0
Piñón blanco	Carrefour	Supermercado	Valladolid	España	Caja plástica	125	7,00	56,0
Piñón blanco	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	set 6 cajas 40 gr	240	11,99	50,0
Piñón blanco	Gros	Supermercado pequeño	Roma	Italia	set 2 cajas 40 gr	80	7,20	90,0
Piñón blanco	s/i	s/i	Grosseto	Italia	A granel	1.000	30,00	30,0
Piñón blanco	s/i	s/i	Grosseto	Italia	A granel	1.000	30,00-40,00	30,0-40,0
Piñón blanco	s/i	s/i	San Carlo (Grosseto)	Italia	A granel	1.000	25,00	25,0

Tipo de producto	Nombre de tienda	Tipo de tienda	Ciudad de venta	País	Tipo de envase	Contenido (gr)	(€)	€/Kg
Piñón blanco	s/i	s/i	Residencia Presidencial de Castelporziano (Roma)	Italia	A granel	1.000	25,00	25,0
Piñón blanco	Empresa Daniele Ciavolino	Productor mayorista	Ardea	Italia	A granel	1.000	29,00	29,0
Piñón blanco	Empresa Puig	Productor mayorista	Granollers	España	A granel	1.000	20,00	20,0
Piñón blanco	Empresa Puig	Productor mayorista	Granollers	España	A granel	1.000	30,00	30,0
Piñón blanco	Empresa Puig	Productor mayorista	Granollers	España	A granel	1.000	27,00-28,00	27,0-28,0
Piñón blanco extra grande	Empresa Agustí Nogueras	Productor mayorista		España	A granel	1.000	27,50	27,5
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Valladolid	España	A granel	1.000	24,00	24,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Valladolid	España	A granel	1.000	38,50	38,5
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Valle do Sado (Lisboa)	Portugal	A granel	1.000	25,00-30,00	25,0-30,0
Piñón blanco	Empresa elaboradora Rosa	Productor mayorista	Lisboa	Portugal	A granel	1.000	28,00	28,0
Piñón blanco	Empresa elaboradora Rosa	Productor mayorista	Lisboa	Portugal	A granel	1.000	20,00	20,0
Piñón blanco	Empresa COFOREST	Productor mayorista	Córdoba	España	A granel	1.000	26,50-30,00	26,5-30,0
Piñón blanco	Empresa COFOREST	Productor mayorista	Córdoba	España	A granel	100	8,00	80,0
Piñón blanco	Empresa COFOREST	Productor mayorista	Córdoba	España	A granel	50	4,00	80,0
Piñón blanco	Empresa COFOREST	Productor mayorista	Córdoba	España	A granel	20	1,60	80,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Valladolid	España	A granel	1.000	20,00	20,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Valladolid	España	A granel	1.000	100,00	100,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Valladolid	España	A granel	1.000	17,00	17,0
Piñón blanco	s/i	Productor mayorista	Valladolid	España	A granel	1.000	27,00	27,0

Fuente: Loewe y González (2012)

S/i: Sin Información

Cuadro 7. Precios de productos dulces en base a piñón recopilados en Europa (2010)

Tipo de producto	Nombre de tienda	Tipo de tienda	Ciudad de venta	País	Tipo de envase	Contenido (gr)	(€)	€/Kg
Piñones confitados	Mercat de St Josep La Boqueria	Mercado	Barcelona	España	Bolsa	100	3,0	30,0
Piñones confitados	Carrefour	Supermercado	Valladolid	España	Bolsa	150	1,8	12,0
Piñones confitados	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Bolsa	100	2,5	24,5
Piñones confitados	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Bolsa	150	3,0	19,9
Piñones confitados	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Bolsa	150	2,4	16,0
Piñones confitados	Simply Alcala	Supermercado	Madrid	España	Bolsa	150	1,7	11,0
Piñones confitados	Simply Alcala	Supermercado	Madrid	España	Bolsa	100	1,8	17,5
Empiñonadas	s/i	s/i	Madrid	España	A granel	1.000	36,0	36,0
Empiñonadas	El corte inglés	Supermercado	Valladolid	España	Caja	200	3,3	16,3
Empiñonadas	Simply Alcala	Supermercado	Madrid	España	Caja	200	6,3	31,5
Empiñonadas	Carrefour	Supermercado	Valladolid	España	Caja	200	2,7	13,3
Empiñonadas	El corte inglés	Supermercado	Valladolid	España	Caja	200	4,3	21,3
Empiñonadas	Simply Alcala	Supermercado	Madrid	España	Caja	200	2,5	12,5
Empiñonadas	Consum basic	Supermercado pequeño	Barcelona	España	Caja	200	4,7	23,5
Panillet de piñones	s/i	Aeropuerto	Barcelona	España	Caja	150	16,6	110,3
Panillet de piñones	Pâtisserie Sant Llehí	Pastelería	Barcelona	España	A granel	1.000	40,0	40,0
Caluga de piñón	s/i	Kiosko en Rampa	Barcelona	España	Unidad	24	1,5	62,5
Magdalenas con piñones	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Paquete de 8 unidades	280	4,0	14,3
Turrón de piñones	Consum basic	Supermercado pequeño	Barcelona	España	Bolsa	200	5,3	26,3
Praliné de piñones	Simply Alcala	Supermercado	Madrid	España	Caja	300	4,2	13,8



Tipo de producto	Nombre de tienda	Tipo de tienda	Ciudad de venta	País	Tipo de envase	Contenido (gr)	(€)	€/Kg
Coca de frutos secos	San miguel	Mercado	Madrid	España	A granel	50	4,0	80,0
Guirlache de piñón	San miguel	Mercado	Madrid	España	A granel	1.000	44,0	44,0
Bolo Rainha	Belen	Pastelería	Lisboa	Portugal	Unidad	1.000	16,0	16,0
Bolo Rey	Belen	Pastelería	Lisboa	Portugal	Unidad	1.000	15,0	15,0
Queque de piñón	Belen	Pastelería	Lisboa	Portugal	Porción	s/i	1,0	s/i
Turrón de piñones	El corte inglés	Supermercado	Madrid	España	Bolsa	500	7,2	14,3
Turrón de piñones	Casa Brigida	Tienda de producto gourmet	Barcelona	España	Paquete	100	4,5	45,0

Fuente: Loewe y González (2012)
S/i: Sin Información

Cuadro 8. Precios de productos salados en base a piñón recopilados en Europa (2010)

Tipo de producto	Nombre de tienda	Tipo de tienda	Ciudad de venta	País	Tipo de envase	Contenido (gr)	(€)	€/Kg
Mix de frutos secos para ensalada	Mercat de St Josep La Boquería	Mercado	Barcelona	España	A granel	1.000	24,0	24,0
Mix frutos secos	El corte Inglés	Supermercado	Valladolid	España	Bolsa	150	2,3	15,0
Mix frutos secos	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Bolsa	250	1,9	7,6
Surtido de cajas con 8 frutos secos	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	set de cajas	1.000	20,0	20,0
Surtido de cajas con 6 frutos secos	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	set de cajas	730	12,0	16,4
Pesto a la genovesa	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Frasco de vidrio	190	3,3	17,4
Pesto	Emme Piú	Supermercado	Roma	Italia	Frasco de vidrio	150	1,9	12,6
Pesto	Emme Piú	Supermercado	Roma	Italia	Frasco de vidrio	190	1,3	6,8

Tipo de producto	Nombre de tienda	Tipo de tienda	Ciudad de venta	País	Tipo de envase	Contenido (gr)	(€)	€/Kg
Pesto	Emme Piú	Supermercado	Roma	Italia	Frasco de vidrio	190	2,0	10,5
Pesto	Mercadona	Supermercado	Granollers	España	Frasco de vidrio	76	3,0	38,8
Pesto	Mercadona	Supermercado	Granollers	España	Frasco de vidrio	200	1,8	9,0
Pesto	Mercado Aurelia	Mercado	Roma	Italia	A granel	100	2,0	20,0
Pesto	Panorama	Supermercado	Roma	Italia	Frasco de vidrio	190	3,1	16,5
Pesto	Panorama	Supermercado	Roma	Italia	Frasco de vidrio	190	1,5	7,8
Pesto	Panorama	Supermercado	Roma	Italia	Frasco de vidrio	190	1,3	7,0
Pesto	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Frasco de vidrio	130	2,7	20,7
Pesto	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Frasco de vidrio	130	2,6	19,6
Pesto	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Frasco de vidrio	190	2,9	15,3
Pesto rúcula y albahaca	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Frasco de vidrio	190	3,5	18,5
Pesto	Pao de açúcar	Supermercado	Lisboa	Portugal	Frasco de vidrio	200	4,1	20,5
Pesto a la genovesa	El corte inglés	Supermercado	Barcelona	España	Frasco de vidrio	130	5,2	40,3
Pesto fresco	Panorama	Supermercado	Roma	Italia	Frasco de vidrio	100	0,9	9,0

Fuente: Loewe y González (2012)

ANEXO 3. MAPAS REGIONALES DE ZONAS POTENCIALES CON Y SIN RIEGO



Figura 1. Zona Potencial para *Pinus pinea*, región de Coquimbo

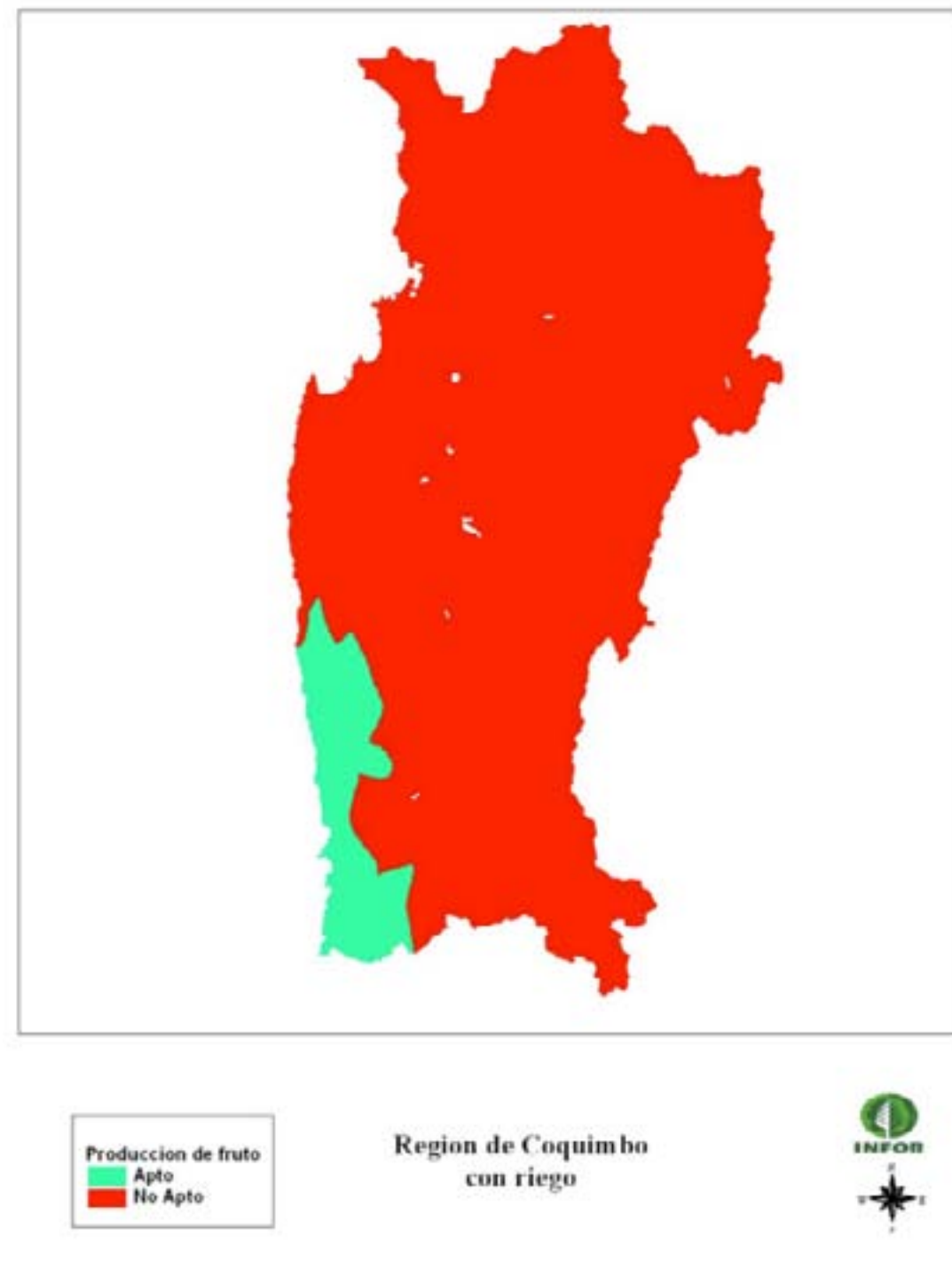


Figura 2. Zona Potencial para *Pinus pinea*, con riego, región de Coquimbo

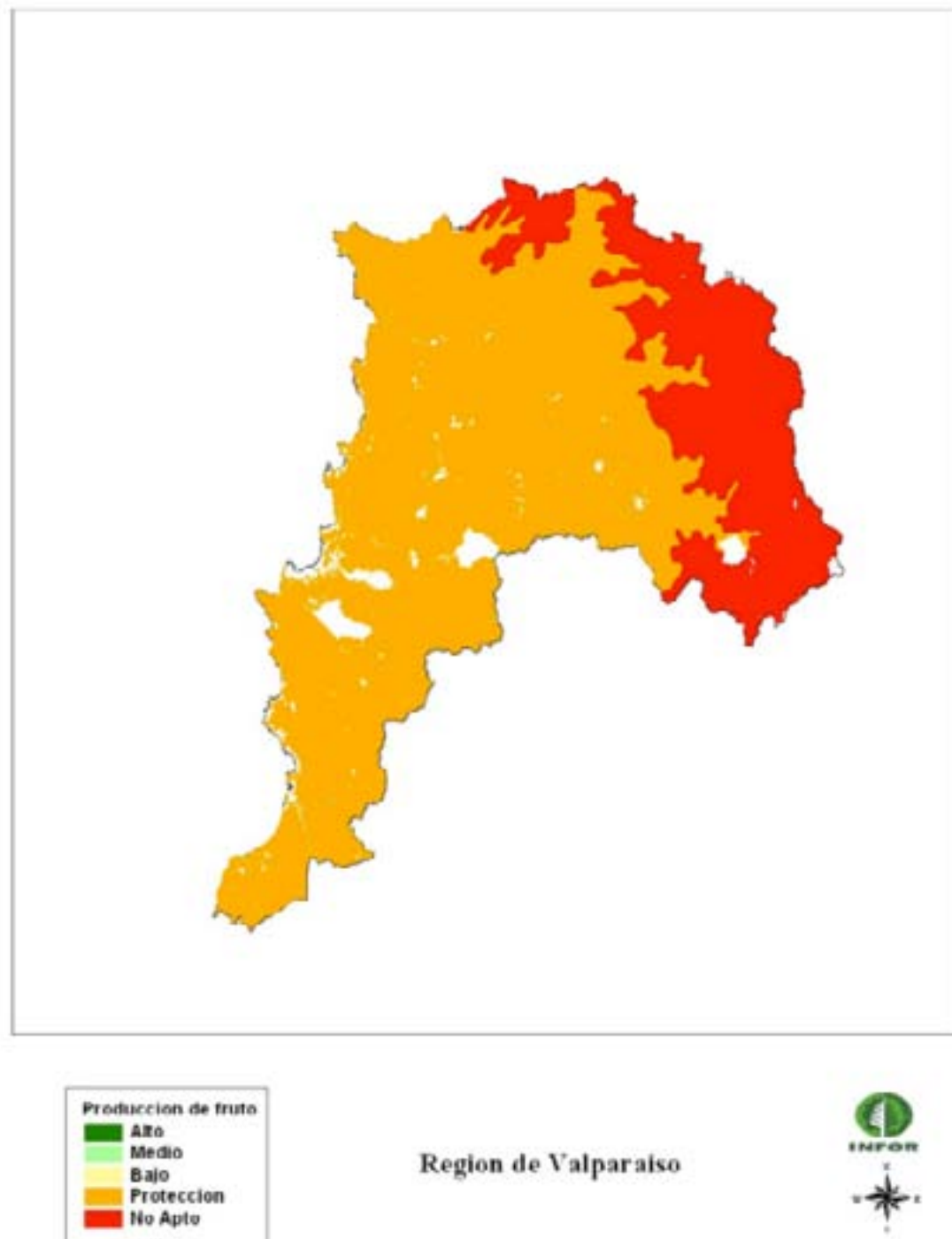


Figura 3. Zona Potencial para *Pinus pinea*, región de Valparaíso

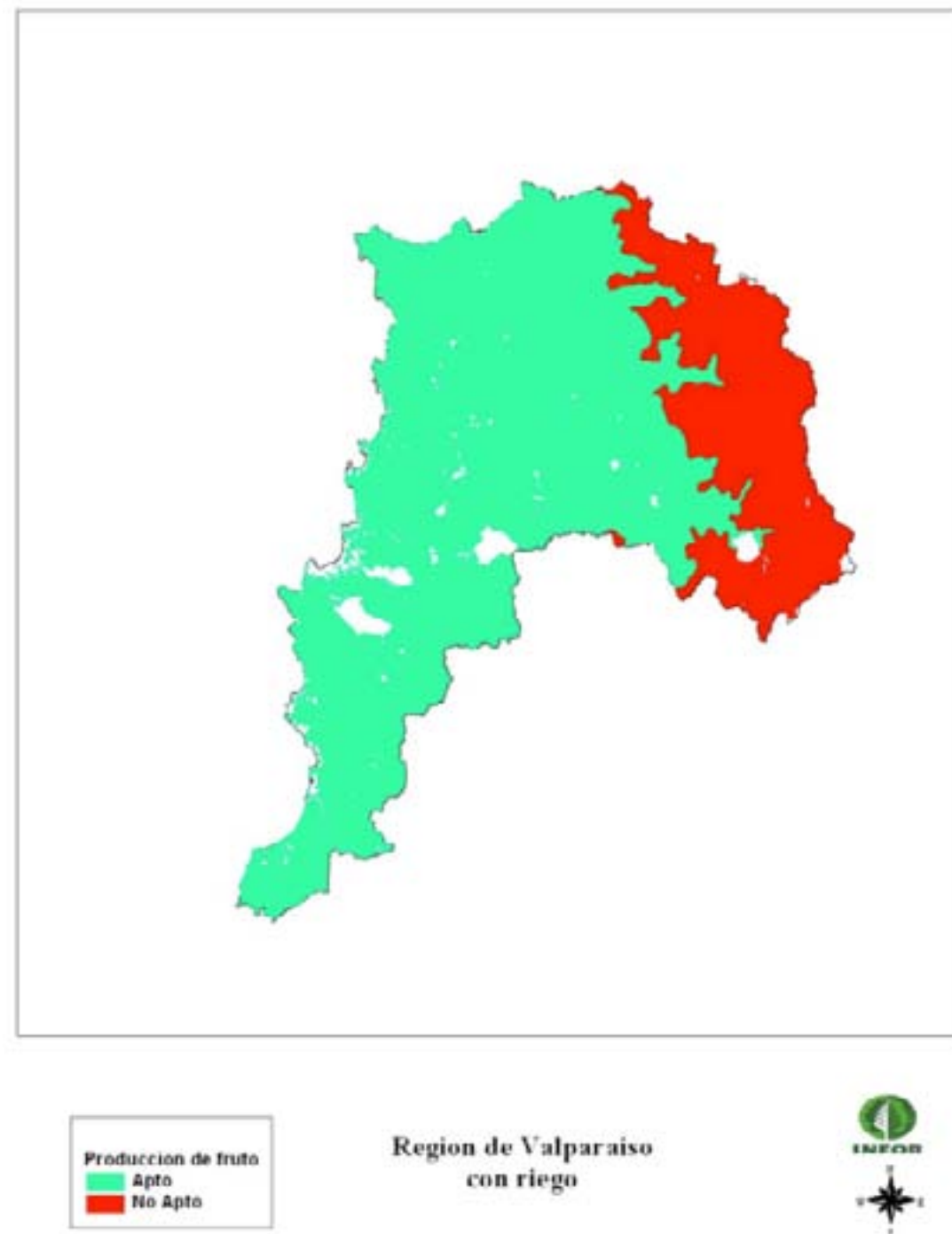
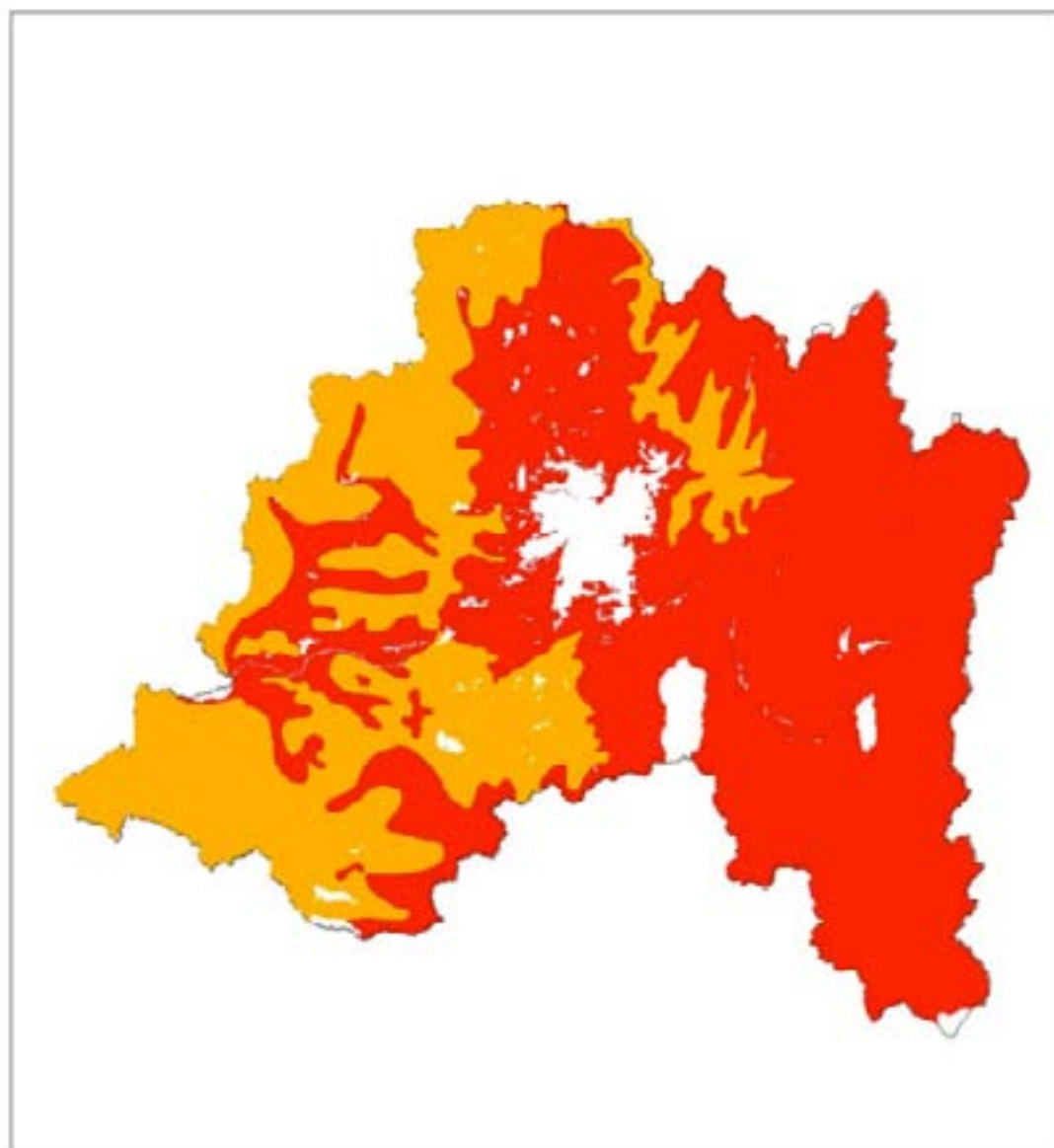


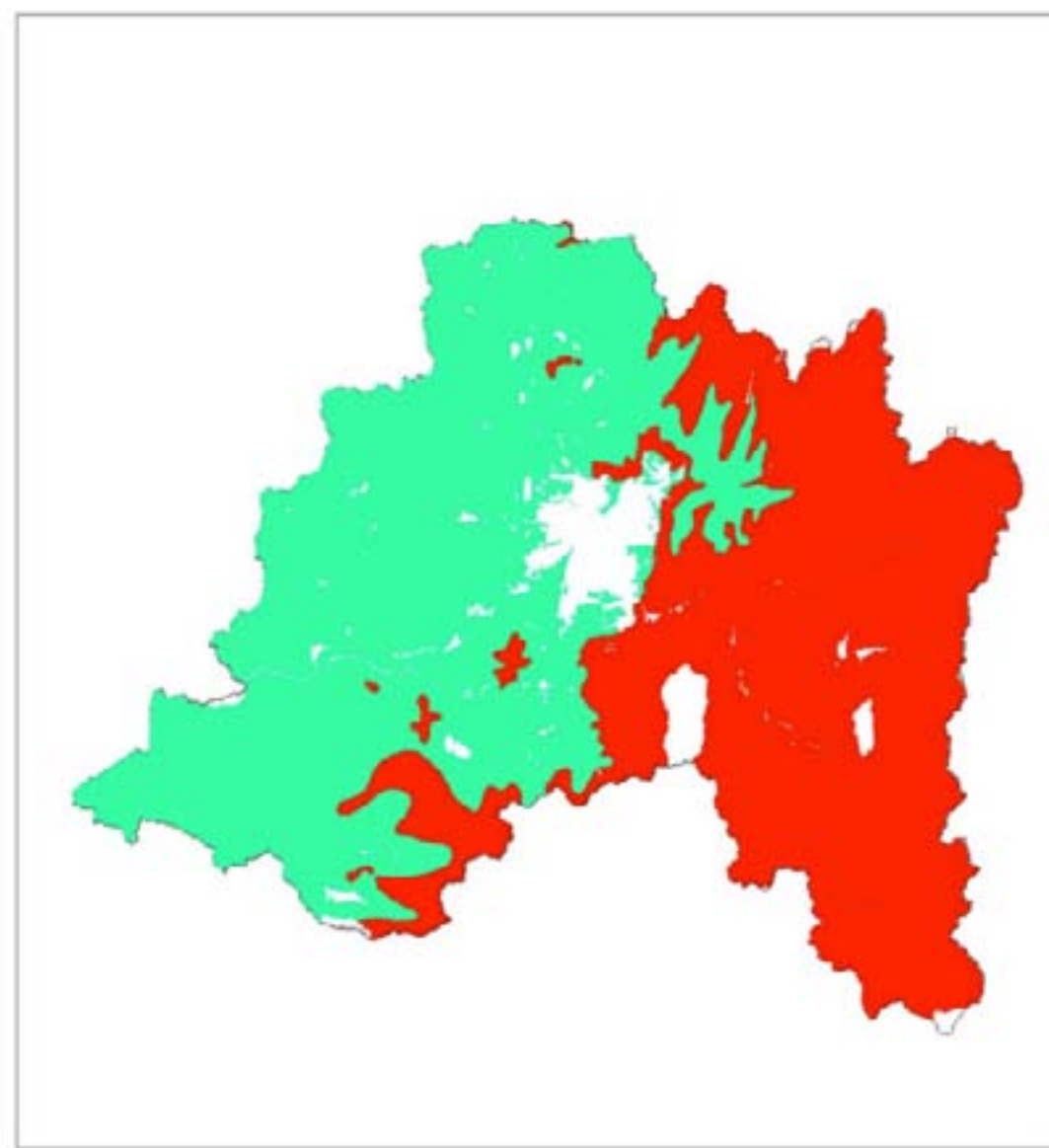
Figura 4. Zona Potencial para *Pinus pinea*, con riego, región Valparaíso



Region Metropolitana



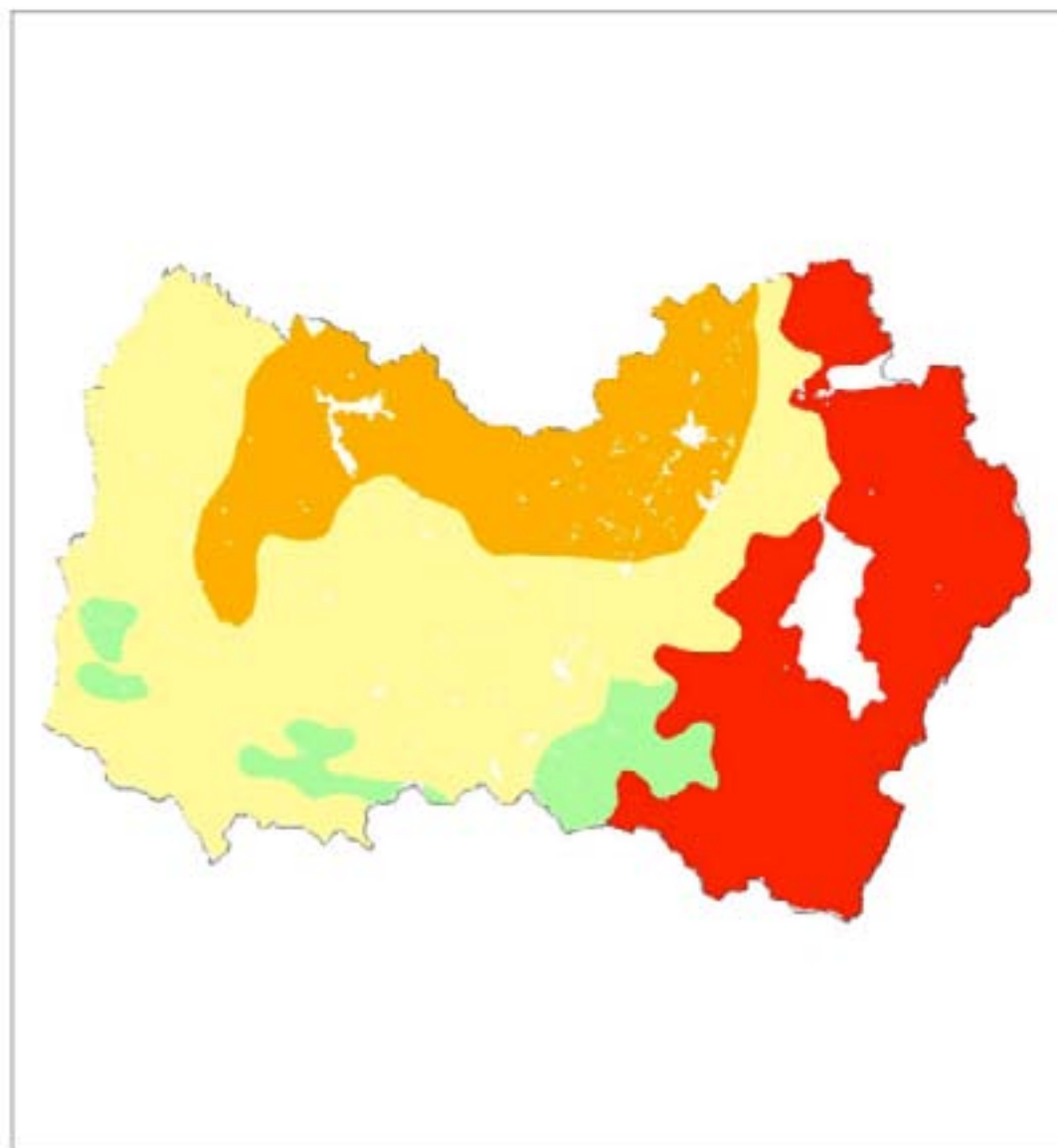
Figura 5. Zona Potencial para *Pinus pinea*, región Metropolitana



Region Metropolitana
con riego



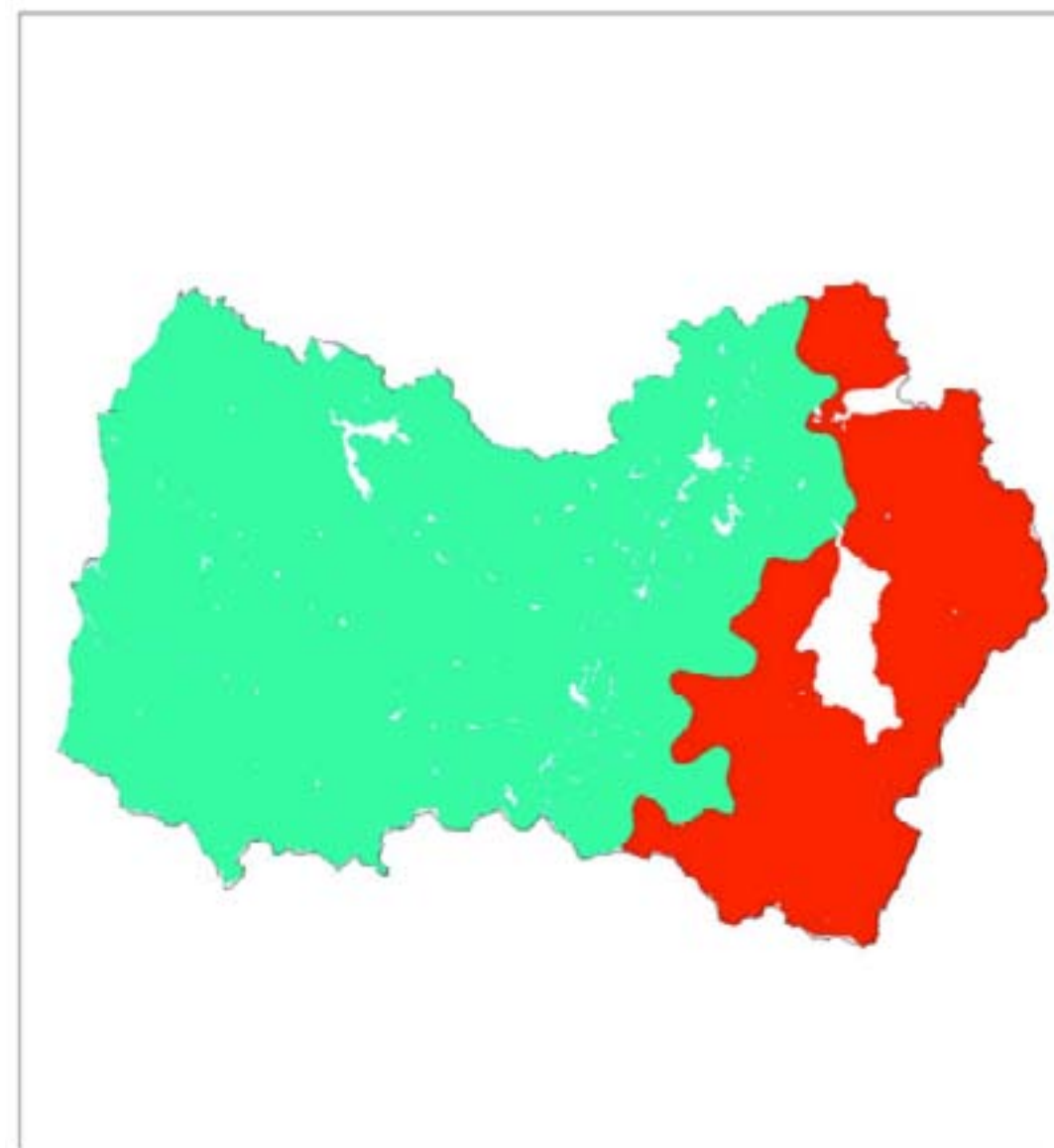
Figura 6. Zona Potencial para *Pinus pinea*, con riego, región Metropolitana



Region de O'Higgins



Figura 7. Zona Potencial para *Pinus pinea*, región de O'Higgins



Region de O'Higgins
con riego



Figura 8. Zona Potencial para *Pinus pinea*, con riego, región de O'Higgins

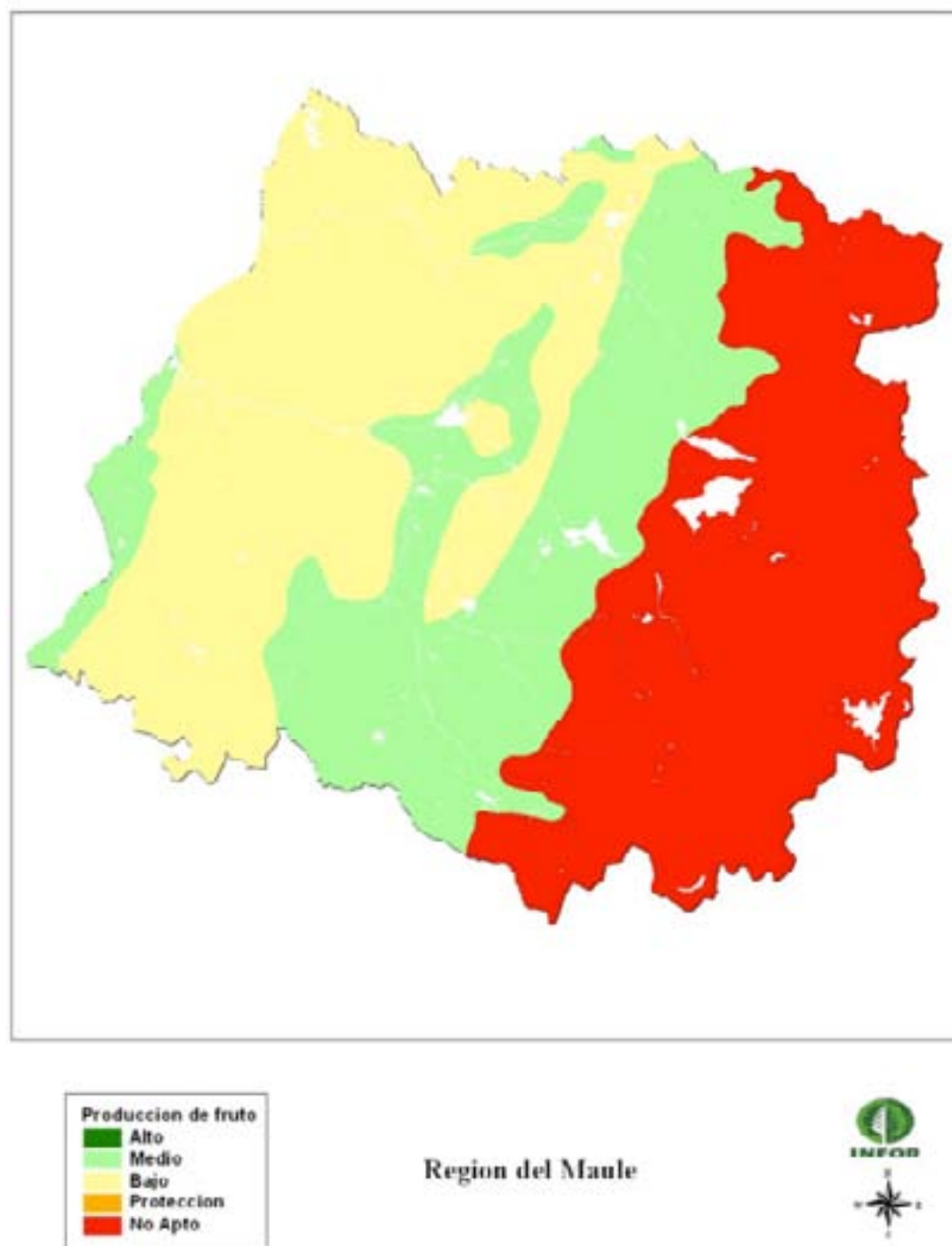


Figura 9. Zona Potencial para *Pinus pinea*, región del Maule

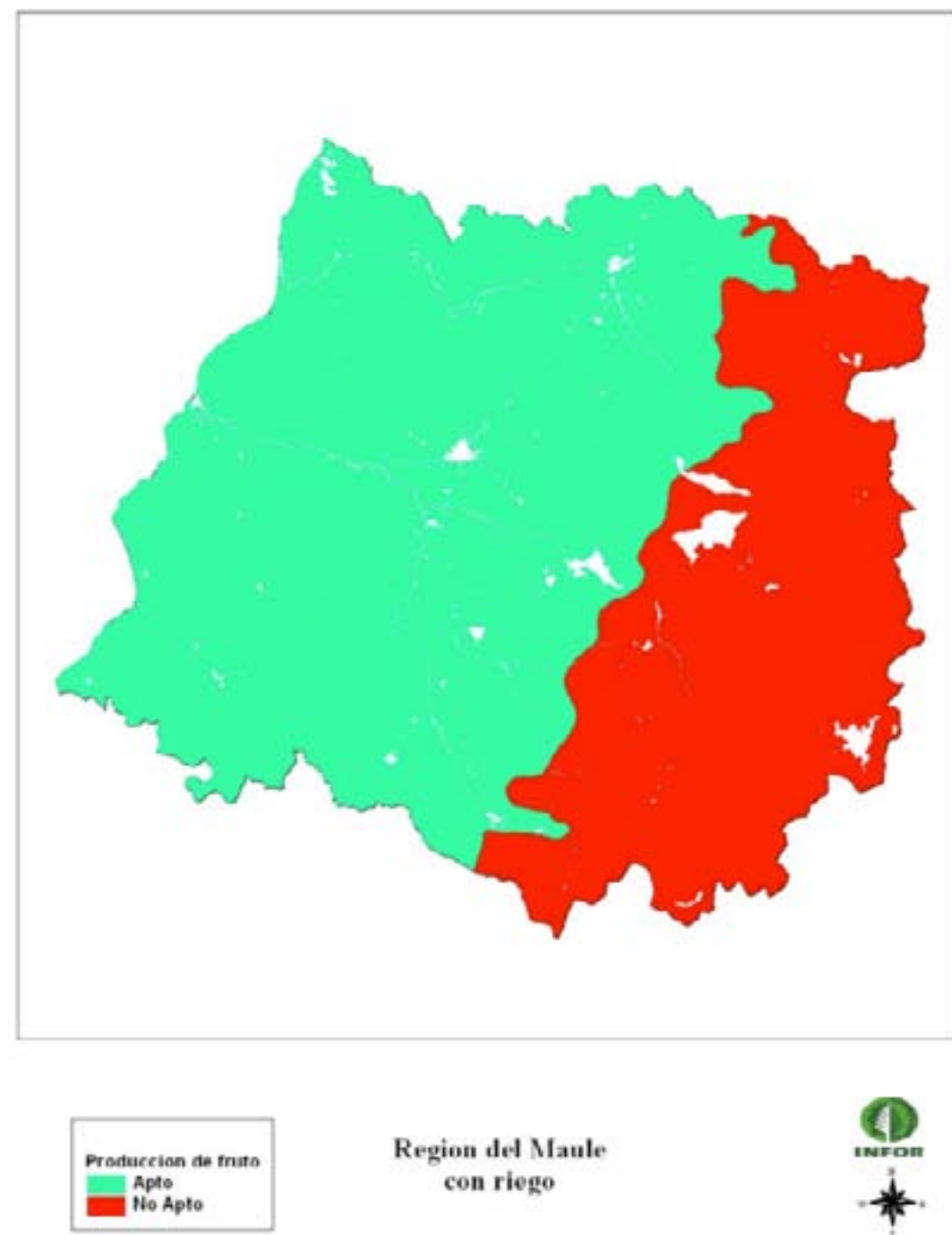
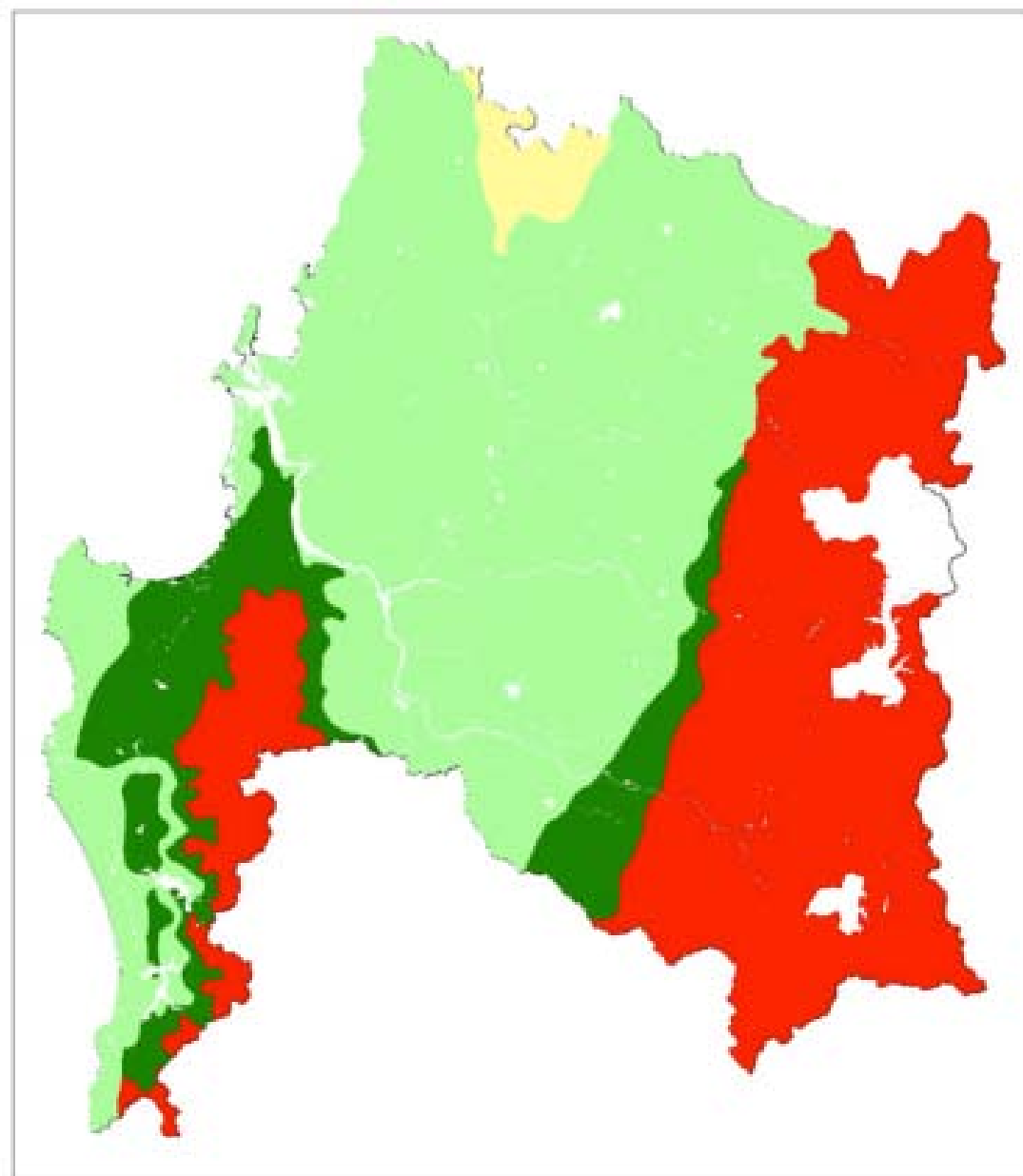


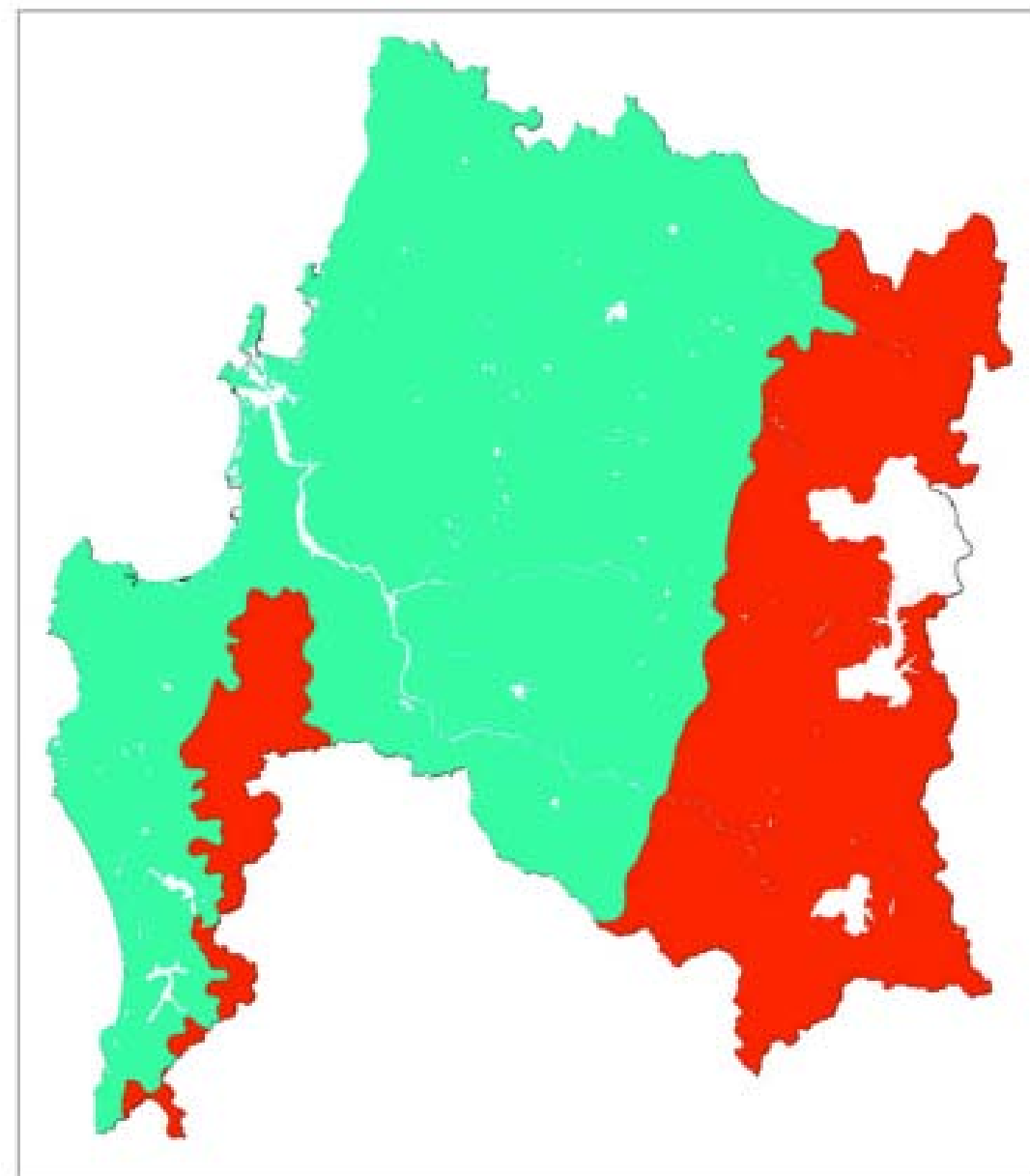
Figura 10. Zona Potencial para *Pinus pinea*, con riego, región del Maule



Region del Bio Bio



Figura 11. Zona Potencial para *Pinus pinea*, región del Bio Bio



Region del Bio Bio
con riego



Figura 12. Zona Potencial para *Pinus pinea*, con riego, región del Bio Bio

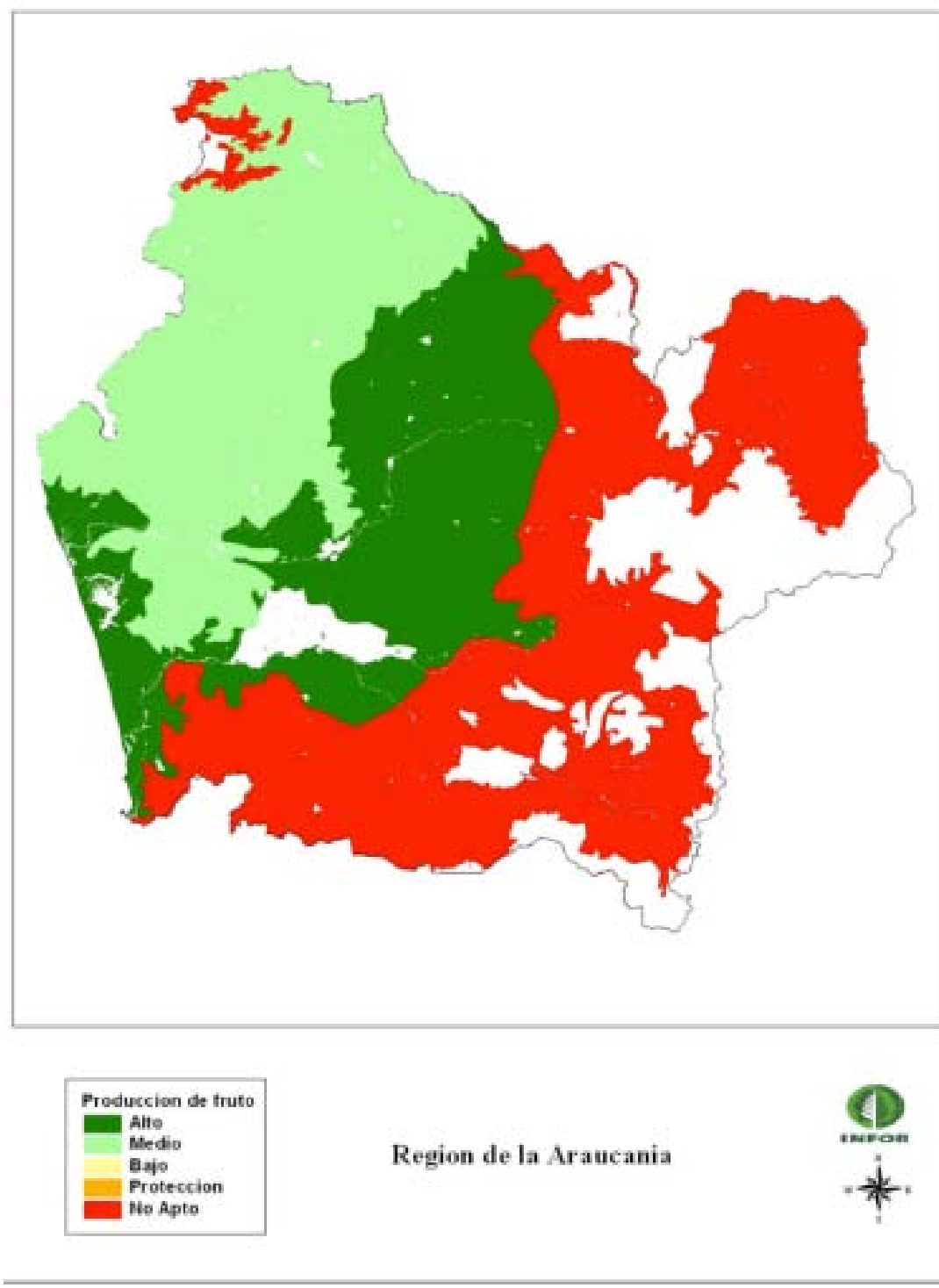


Figura 13. Zona Potencial para *Pinus pinea*, región de la Araucanía

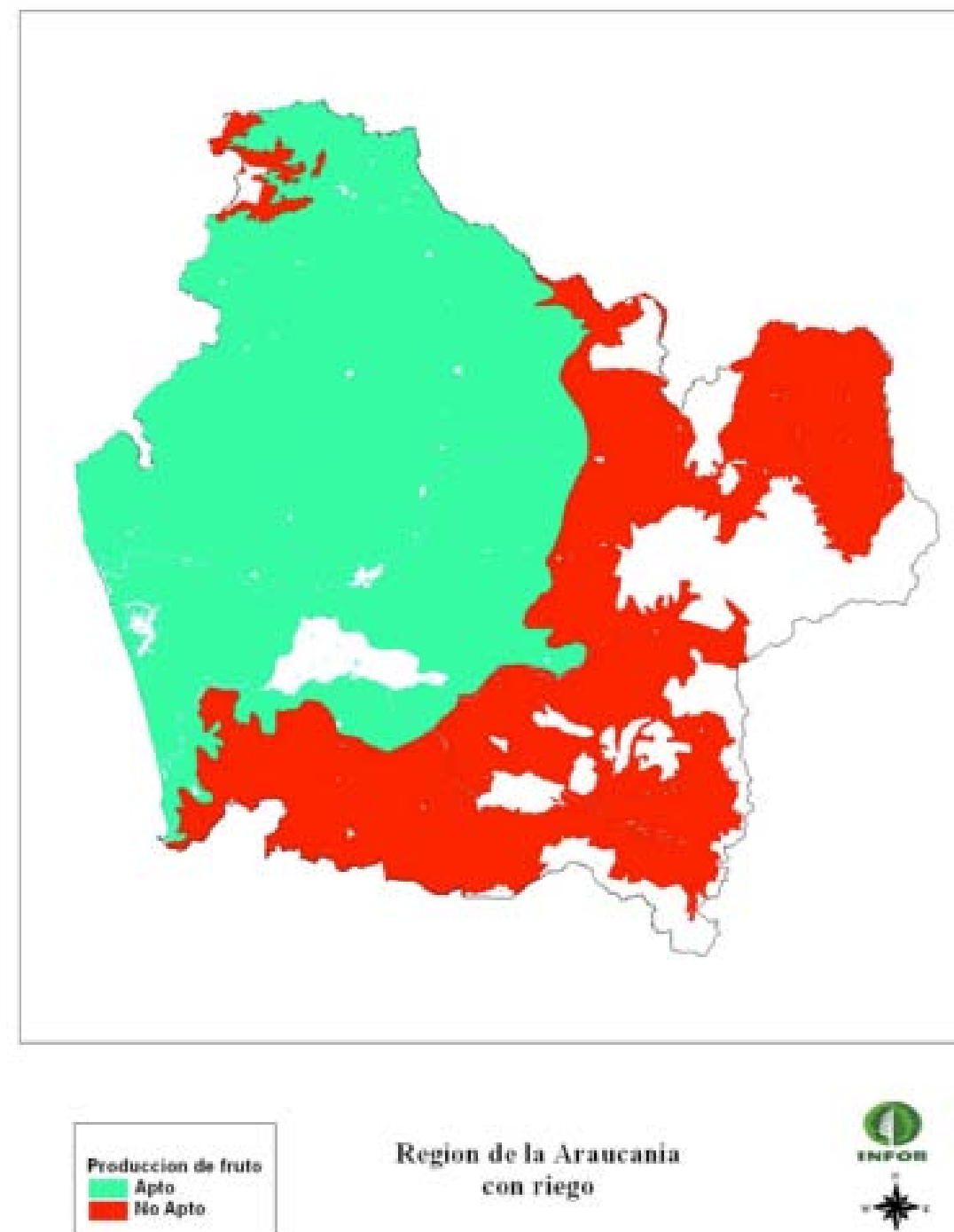


Figura 14. Zona Potencial para *Pinus pinea*, con riego, región de la Araucanía

Los siguientes cuadros presentan las superficies de zonas potenciales con y sin riego para la especie.

Cuadro 1. Superficie potencial para *Pinus pinea* por comunas, región de Coquimbo

Comuna	Zona de protección ambiental	Zona potencial de producción de frutos			Zona no apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
La Serena	0	0	0	0	186.068	186.068
La Higuera	0	0	0	0	412.444	412.444
Coquimbo	0	0	0	0	140.285	140.285
Andacollo	0	0	0	0	31.744	31.744
Vicuña	0	0	0	0	752.221	752.221
Paiguano	0	0	0	0	148.716	148.716
Ovalle	0	0	0	0	379.327	379.327
Monte Patria	0	0	0	0	428.934	428.934
Punitaqui	0	0	0	0	131.752	131.752
Combarbalá	0	0	0	0	191.432	191.432
Río Hurtado	0	0	0	0	213.066	213.066
Illapel	0	0	0	0	261.454	261.454
Salamanca	0	0	0	0	332.339	332.339
Los Vilos	0	0	0	0	185.296	185.296
Canela	0	0	0	0	219.268	219.268
Total	0	0	0	0	4.014.345	4.014.345

Cuadro 2. Superficie potencial con riego por comunas para *Pinus pinea*, región de Coquimbo

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
La Serena	0	186.068	186.068
La Higuera	0	412.444	412.444
Coquimbo	0	140.285	140.285
Andacollo	0	31.744	31.744
Vicuña	0	752.221	752.221
Paiguano	0	148.716	148.716
Ovalle	20.211	359.116	379.327
Monte Patria	0	428.934	428.934
Punitaqui	3.038	128.714	131.752
Combarbalá	0	191.432	191.432
Río Hurtado	0	213.066	213.066
Illapel	256	261.197	261.454

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Salamanca	0	332.339	332.339
Los Vilos	126.659	58.637	185.296
Canela	135.325	83.943	219.268
Total	285.490	3.728.855	4.014.345

Cuadro 3. Superficie potencial por comunas para *Pinus pinea*, región de Valparaíso

Comuna	Zona de protección ambiental	Zona potencial de producción de frutos			Zona no apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
La Ligua	115.198	0	0	0	0	115.198
Petorca	77.245	0	0	0	73.864	151.109
Cabildo	118.994	0	0	0	27.042	146.037
Zapallar	28.240	0	0	0	0	28.240
Papudo	16.580	0	0	0	0	16.580
Valparaíso	18.902	0	0	0	0	18.902
Viña del Mar	12.808	0	0	0	0	12.808
Villa Alemana	6.944	0	0	0	0	6.944
Quilpué	51.203	0	0	0	0	51.203
Casablanca	93.943	0	0	0	0	93.943
Quintero	13.539	0	0	0	0	13.539
Puchuncaví	29.174	0	0	0	0	29.174
San Antonio	38.266	0	0	0	0	38.266
Santo Domingo	51.807	0	0	0	0	51.807
Cartagena	23.382	0	0	0	0	23.382
El Tabo	8.714	0	0	0	0	8.714
El Quisco	4.217	0	0	0	0	4.217
Algarrobo	16.795	0	0	0	0	16.795
Quillota	31.281	0	0	0	0	31.281
Nogales	39.390	0	0	0	0	39.390
Hijuelas	23.807	0	0	0	0	23.807
La Calera	3.336	0	0	0	0	3.336
La Cruz	5.837	0	0	0	0	5.837
Limache	30.767	0	0	0	0	30.767
Olmué	19.656	0	0	0	0	19.656
San Felipe	17.435	0	0	0	0	17.435

Panquehue	12.114	0	0	0	0	12.114
Catemu	36.193	0	0	0	0	36.193
Putendo	63.035	0	0	0	82.703	145.737
Santa Maria	14.351	0	0	0	3.167	17.518
Llaillay	34.534	0	0	0	0	34.534
Los Andes	13.787	0	0	0	103.857	117.644
Calle Larga	25.199	0	0	0	6.782	31.981
San Esteban	34.657	0	0	0	103.292	137.949
Rinconada	12.167	0	0	0	0	12.167
Total	1.143.496	0	0	0	400.708	1.544.204

Cuadro 4. Superficie potencial con riego por comunas para *Pinus pinea*, región de Valparaíso

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
La Ligua	115.198	0	115.198
Petorca	115.603	35.507	151.109
Cabildo	118.994	27.042	146.037
Zapallar	28.240	0	28.240
Papudo	16.580	0	16.580
Valparaíso	18.902	0	18.902
Viña del Mar	12.808	0	12.808
Villa Alemana	6.944	0	6.944
Quilpué	51.203	0	51.203
Casablanca	93.943	0	93.943
Quintero	13.539	0	13.539
Puchuncaví	29.174	0	29.174
San Antonio	38.266	0	38.266
Santo Domingo	51.807	0	51.807
Cartagena	23.382	0	23.382
El Tabo	8.714	0	8.714
El Quisco	4.217	0	4.217
Algarrobo	16.795	0	16.795
Quillota	31.281	0	31.281
Nogales	39.390	0	39.390
Hijuelas	23.807	0	23.807
La Calera	3.336	0	3.336
La Cruz	5.837	0	5.837

Limache	30.767	0	30.767
Olmué	19.656	0	19.656
San Felipe	17.435	0	17.435
Panquehue	12.114	0	12.114
Catemu	36.193	0	36.193
Putendo	63.035	82.703	145.737
Santa Maria	14.351	3.167	17.518
Llaillay	34.355	180	34.534
Los Andes	13.787	103.857	117.644
Calle Larga	25.199	6.782	31.981
San Esteban	34.657	103.292	137.949
Rinconada	10.964	1.204	12.167
Total	1.180.470	363.734	1.544.204

Cuadro 5. Superficie potencial por comunas para *Pinus pinea*, región Metropolitana

Crecimiento en el Mundo	Zona de Protección ambiental	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
Conchalí	0	0	0	0	10	10
Huechuraba	0	0	0	0	3.806	3.806
Recoleta	0	0	0	0	214	214
Providencia	0	0	0	0	206	206
Vitacura	0	0	0	0	1.049	1.049
Lo Barnechea	33.712	0	0	0	66.877	100.589
Las Condes	2.388	0	0	0	4.069	6.457
La Reina	10	0	0	0	547	557
Peñalolén	505	0	0	0	3.359	3.864
La Florida	0	0	0	0	4.166	4.166
La Pintana	0	0	0	0	2.212	2.212
La Cisterna	0	0	0	0	0	0
El Bosque	0	0	0	0	1	1
Lo Espejo	0	0	0	0	2	2
Cerrillos	0	0	0	0	548	548
Maipú	3.038	0	0	0	7.715	10.753
Quinta Normal	0	0	0	0	57	57
Pudahuel	7.270	0	0	0	10.058	17.328
Cerro Navia	0	0	0	0	271	271
Renca	0	0	0	0	1.197	1.197

Crecimiento en el Mundo	Zona de Protección ambiental	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
Quilicura	0	0	0	0	4.659	4.659
Colina	16.166	0	0	0	83.202	99.368
Lampa	18.018	0	0	0	23.701	41.718
Tiltil	47.542	0	0	0	16.401	63.944
Puente Alto	0	0	0	0	5.786	5.786
San José de Maipo	12	0	0	0	491.776	491.788
Pirque	0	0	0	0	30.266	30.266
San Bernardo	1.399	0	0	0	11.442	12.841
Buin	17.887	0	0	0	4.147	22.033
Paine	40.497	0	0	0	26.005	66.502
Calera de Tango	0	0	0	0	7.278	7.278
Melipilla	71.621	0	0	0	59.175	130.797
María Pinto	26.559	0	0	0	13.357	39.916
Curacaví	58.038	0	0	0	10.294	68.332
Alhué	47.625	0	0	0	33.889	81.514
San Pedro	78.960	0	0	0	144	79.104
Talagante	8.148	0	0	0	6.572	14.720
Peñaflor	2.837	0	0	0	11.237	14.074
Isla de Maipo	10.138	0	0	0	695	10.833
El Monte	7.953	0	0	0	10.435	18.388
Total	500.324	0	0	0	956.824	1.457.147

Cuadro 6. Superficie potencial con riego por comunas para *Pinus pinea*, región Metropolitana

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Conchalí	10	0	10
Huechuraba	2.106	1.701	3.806
Recoleta	214	0	214
Providencia	206	0	206
Vitacura	579	470	1.049
Lo Barnechea	36.604	63.985	100.589
Las Condes	3.093	3.364	6.457
La Reina	157	399	557
Peñalolén	1.917	1.947	3.864

La Florida	997	3.168	4.166
La Pintana	2.212	0	2.212
La Cisterna	0	0	0
El Bosque	1	0	1
Lo Espejo	2	0	2
Cerrillos	548	0	548
Maipú	10.753	0	10.753
Quinta Normal	57	0	57
Pudahuel	17.328	0	17.328
Cerro Navia	271	0	271
Renca	1.197	0	1.197
Quilicura	4.659	0	4.659
Colina	84.561	14.808	99.368
Lampa	41.718	0	41.718
Tiltil	63.301	643	63.944
Puente Alto	1.912	3.874	5.786
San José de Maipo	12	491.776	491.788
Pirque	0	30.266	30.266
San Bernardo	11.749	1.092	12.841
Buin	17.887	4.147	22.033
Paine	40.497	26.005	66.502
Calera de Tango	6.880	398	7.278
Melipilla	124.986	5.811	130.797
María Pinto	39.916	0	39.916
Curacaví	68.332	0	68.332
Alhué	47.625	33.889	81.514
San Pedro	79.104	0	79.104
Talagante	12.478	2.242	14.720
Peñaflor	14.074	0	14.074
Isla de Maipo	10.138	695	10.833
El Monte	17.694	694	18.388
Total	765.775	691.373	1.457.147

Cuadro 7. Superficie potencial por comunas para *Pinus pinea*, región O'Higgins

Comuna	Zona de protección ambiental	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
Chepica	0	37.303	10.162	0	0	47.464
Chimbarongo	0	21.729	24.624	0	2.906	49.258
Codegua	11.280	8.958	0	0	8.780	29.019
Coinco	9.786	0	0	0	0	9.786
Coltauco	22.007	166	0	0	0	22.173
Doñihue	7.477	0	0	0	0	7.477
Graneros	10.828	0	0	0	0	10.828
La Estrella	34.872	7.349	0	0	0	42.221
Las Cabras	67.850	2.371	0	0	0	70.221
Litueche	13.286	46.873	0	0	0	60.159
Lolol	0	49.462	10.554	0	0	60.016
Machalí	5.556	30.988	0	0	179.002	215.546
Malloa	60	11.123	0	0	0	11.184
Marchigüe	37.350	30.555	0	0	0	67.905
Mostazal	18.851	10.105	0	0	23.244	52.200
Nancagua	0	14.838	0	0	0	14.838
Navidad	0	29.222	0	0	0	29.222
Olivar	4.204	0	0	0	0	4.204
Palmilla	0	22.583	0	0	0	22.583
Paredones	0	48.638	10.326	0	0	58.965
Peralillo	43	28.846	0	0	0	28.889
Peumo	6.428	8.668	0	0	0	15.096
Pichidegua	1.330	30.232	0	0	0	31.561
Pichilemu	0	61.462	6.243	0	0	67.705
Placilla	0	14.516	0	0	0	14.516
Pumanque	2.196	40.698	0	0	0	42.894
Quinta Tilcoco	7.836	551	0	0	0	8.387
Rancagua	23.438	0	0	0	0	23.438
Rengo	13.473	26.664	0	0	18.063	58.200
Requinoa	22.867	22.244	0	0	20.262	65.373
San Fernando	0	33.754	32.522	0	171.994	238.271
San Vicente	5.302	42.702	0	0	0	48.003
Santa Cruz	0	35.823	3.074	0	0	38.896
Total	326.320	718.421	97.504	0	424.251	1.566.496

Cuadro 8. Superficie potencial con riego por comunas para *Pinus pinea*, región O'Higgins

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Chepica	47.464	0	47.464
Chimbarongo	46.352	2.906	49.258
Codegua	20.239	8.780	29.019
Coinco	9.786	0	9.786
Coltauco	22.173	0	22.173
Doñihue	7.477	0	7.477
Graneros	10.828	0	10.828
La Estrella	42.221	0	42.221
Las Cabras	70.221	0	70.221
Litueche	60.159	0	60.159
Lolol	60.016	0	60.016
Machalí	36.545	179.002	215.546
Malloa	11.184	0	11.184
Marchigüe	67.905	0	67.905
Mostazal	28.955	23.244	52.200
Nancagua	14.838	0	14.838
Navidad	29.222	0	29.222
Olivar	4.204	0	4.204
Palmilla	22.583	0	22.583
Paredones	58.965	0	58.965
Peralillo	28.889	0	28.889
Peumo	15.096	0	15.096
Pichidegua	31.561	0	31.561
Pichilemu	67.705	0	67.705
Placilla	14.516	0	14.516
Pumanque	42.894	0	42.894
Quinta Tilcoco	8.387	0	8.387
Rancagua	23.438	0	23.438
Rengo	40.137	18.063	58.200
Requinoa	45.111	20.262	65.373
San Fernando	66.277	171.994	238.271
San Vicente	48.003	0	48.003
Santa Cruz	38.896	0	38.896
Total	1.142.245	424.251	1.566.496

Cuadro 9. Superficie potencial por comunas para *Pinus pinea*, región Maule

Comuna	Zona de protección ambiental	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
Cauquenes	0	188.021	20.245	0	0	208.266
Chanco	0	25.601	26.858	0	0	52.458
Colbún	0	402	45.581	0	243.330	289.312
Constitución	0	114.588	16.499	0	0	131.087
Curepto	0	106.017	0	0	0	106.017
Curicó	0	11.031	59.627	0	60.723	131.381
Empedrado	0	56.601	41	0	0	56.642
Hualañé	0	60.412	308	0	0	60.720
Licantén	0	26.469	0	0	0	26.469
Linares	0	10.289	57.244	0	76.627	144.161
Longaví	0	1.910	81.991	0	58.010	141.911
Maule	0	1.223	21.913	0	0	23.136
Molina	0	20.635	47.118	0	78.835	146.588
Parral	0	3	102.790	0	53.952	156.744
Pelarco	0	14.505	35.202	0	0	49.707
Pelluhue	0	19.693	16.463	0	0	36.155
Pencahue	0	91.546	3.229	0	0	94.775
Rauco	0	20.133	10.465	0	0	30.598
Retiro	0	690	81.402	0	0	82.092
Romeral	0	1.437	33.884	0	123.004	158.325
Río Claro	0	24.590	22.782	0	60	47.431
Sag. Familia	0	43.582	10.738	0	0	54.320
San Clemente	0	18.639	88.056	0	317.663	424.358
San Javier	0	113.259	16.062	0	0	129.321
Talca	0	17.292	8.917	0	0	26.209
Teno	0	16.358	37.276	0	6.475	60.110
Vichuquén	0	39.642	0	0	0	39.642
Villa Alegre	0	6.933	11.500	0	0	18.433
Yerbas Buenas	0	24.484	863	0	0	25.347
Total	0	1.075.984	857.052	0	1.018.679	2.951.716

Cuadro 10. Superficie potencial con riego por comunas para *Pinus pinea*, región Maule

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Cauquenes	208.266	0	208.266
Chanco	52.458	0	52.458
Colbún	45.983	243.330	289.312
Constitución	131.087	0	131.087
Curepto	106.017	0	106.017
Curicó	70.658	60.723	131.381
Empedrado	56.642	0	56.642
Hualañé	60.720	0	60.720
Licantén	26.469	0	26.469
Linares	67.534	76.627	144.161
Longaví	83.901	58.010	141.911
Maule	23.136	0	23.136
Molina	67.753	78.835	146.588
Parral	102.793	53.952	156.744
Pelarco	49.707	0	49.707
Pelluhue	36.155	0	36.155
Pencahue	94.775	0	94.775
Rauco	30.598	0	30.598
Retiro	82.092	0	82.092
Romeral	35.320	123.004	158.325
Río Claro	47.371	60	47.431
Sag. Familia	54.320	0	54.320
San Clemente	106.695	317.663	424.358
San Javier	129.321	0	129.321
Talca	26.209	0	26.209
Teno	53.634	6.475	60.110
Vichuquén	39.642	0	39.642
Villa Alegre	18.433	0	18.433
Yerbas Buenas	25.347	0	25.347
Total	1.933.036	1.018.679	2.951.716

Cuadro 11. Superficie potencial por comunas para *Pinus pinea*, región Bio Bio

Comuna	Zona de protección ambiental	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
Antuco	0	0	15	1.355	137.430	138.801
Arauco	0	0	48.590	42.448	3.660	94.697
Bulnes	0	0	41.745	0	0	41.745
Cañete	0	0	43.602	35.345	26.279	105.226
Cabrero	0	0	62.969	0	0	62.969
Chiguayante	0	0	5.284	0	0	5.284
Chillán	0	0	44.484	0	0	44.484
Chillán Viejo	0	0	25.822	0	0	25.822
Cobquecura	0	0	56.554	0	0	56.554
Coelemu	0	0	34.029	0	0	34.029
Coihueco	0	0	89.117	0	90.773	179.890
Concepción	0	0	19.044	0	0	19.044
Contulmo	0	0	11.842	19.828	27.485	59.155
Coronel	0	0	11.453	10.505	0	21.958
Curanilahue	0	0	1.883	55.317	40.942	98.142
Ñiquén	0	467	48.332	0	0	48.799
El Carmen	0	0	49.222	3.284	13.841	66.347
Florida	0	0	60.332	0	0	60.332
Hualqui	0	0	50.466	0	0	50.466
Laja	0	0	32.787	0	0	32.787
Lebu	0	0	32.188	18.019	0	50.207
Los Alamos	0	0	19.049	23.362	18.125	60.536
Los Angeles	0	0	170.650	0	0	170.650
Lota	0	0	773	9.935	0	10.707
Mulchén	0	0	64.009	56.238	69.833	190.080
Nacimiento	0	0	56.417	16.278	16.680	89.375
Negrete	0	0	14.706	0	0	14.706
Ninhue	0	28.306	12.313	0	0	40.619
Pemuco	0	0	48.494	1.660	5.931	56.086
Penco	0	0	10.559	0	0	10.559
Pinto	0	0	21.158	0	45.925	67.083
Portezuelo	0	468	27.781	0	0	28.249
Quilaco	0	0	714	8.582	102.561	111.857
Quillón	0	0	41.766	0	0	41.766
Quilleco	0	0	49.881	16.924	45.388	112.193
Quirihue	0	14.318	43.561	0	0	57.879
Ranquil	0	0	24.613	0	0	24.613
San Carlos	0	18.289	68.622	0	0	86.912
San Fabián	0	0	19.992	0	131.340	151.332
San Ignacio	0	0	35.816	0	0	35.816
San Nicolás	0	5.201	51.417	0	0	56.618
San Pedro de la Paz	0	0	5.132	2.621	0	7.753

Comuna	Zona de protección ambiental	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
San Rosendo	0	0	8.411	0	0	8.411
Santa Juana	0	0	16.872	30.745	27.491	75.108
Sta. Bárbara	0	0	8.059	19.460	293.993	321.512
Talcahuano	0	0	9.728	0	0	9.728
Tirúa	0	0	30.495	16.861	12.032	59.388
Tomé	0	0	48.370	0	0	48.370
Trehuaco	0	0	31.366	0	0	31.366
Tucapel	0	0	21.639	13.416	54.552	89.607
Yumbel	0	0	71.742	0	0	71.742
Yungay	0	0	56.361	2.257	22.766	81.384
Total	0	67.050	1.860.227	404.438	1.187.027	3.518.742

Cuadro 12. Superficie potencial con riego por comunas para *Pinus pinea*, región Bio Bio

Comunas	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Antuco	1.370	137.430	138.801
Arauco	91.037	3.660	94.697
Bulnes	41.745	0	41.745
Cañete	78.947	26.279	105.226
Cabrero	62.969	0	62.969
Chiguayante	5.285	0	5.285
Chillán	44.484	0	44.484
Chillán Viejo	25.822	0	25.822
Cobquecura	56.554	0	56.554
Coelemu	34.030	0	34.030
Coihueco	89.117	90.773	179.890
Concepción	19.044	0	19.044
Contulmo	31.670	27.485	59.155
Coronel	21.958	0	21.958
Curanilahue	57.200	40.942	98.142
Ñiquén	48.799	0	48.799
El Carmen	52.506	13.841	66.347
Florida	60.332	0	60.332
Hualqui	50.466	0	50.466
Laja	32.787	0	32.787
Lebu	50.207	0	50.207
Los Alamos	42.411	18.125	60.536
Los Angeles	170.650	0	170.650
Lota	10.707	0	10.707
Mulchén	120.248	69.833	190.080
Nacimiento	72.695	16.680	89.375
Negrete	14.706	0	14.706

Comunas	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Ninhue	40.619	0	40.619
Pemuco	50.154	5.931	56.086
Penco	10.559	0	10.559
Pinto	21.158	45.925	67.083
Portezuelo	28.249	0	28.249
Quilaco	9.296	102.561	111.857
Quillón	41.766	0	41.766
Quilleco	66.805	45.388	112.193
Quirihue	57.879	0	57.879
Ranquil	24.613	0	24.613
San Carlos	86.912	0	86.912
San Fabián	19.992	131.340	151.332
San Ignacio	35.816	0	35.816
San Nicolás	56.618	0	56.618
San Pedro de la Paz	7.753	0	7.753
San Rosendo	8.411	0	8.411
Santa Juana	47.617	27.491	75.108
Sta. Bárbara	27.519	293.993	321.512
Talcahuano	9.728	0	9.728
Tirúa	47.356	12.032	59.388
Tomé	48.370	0	48.370
Trehuaco	31.366	0	31.366
Tucapel	35.055	54.552	89.607
Yumbel	71.742	0	71.742
Yungay	58.618	22.766	81.384
Total	2.331.715	1.187.027	3.518.742

Cuadro 13. Superficie potencial por comunas para *Pinus pinea*, región Araucanía

Comuna	Zona de protección ambiental	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
Angol	0	0	89.476	0	23.604	113.080
Carahue	0	0	102.110	29.882	0	131.992
Chol Chol	0	0	41.178	2.199	0	43.377
Collipulli	0	0	54.165	30.420	24.121	108.706
Cunco	0	0	0	40.470	102.309	142.779
Curacautín	0	0	0	20.472	122.908	143.380
Curarrehue	0	0	0	0	65.712	65.712
Ercilla	0	0	31.838	18.627	0	50.465
Freire	0	0	920	39.018	1.171	41.109
Galvarino	0	0	56.206	481	0	56.687

Comuna	Zona de protección	Zona potencial producción de frutos			Zona No Apta	Total (ha)
		Baja	Media	Alta		
Gorbea	0	0	0	11.640	57.180	68.819
Lautaro	0	0	5.744	75.513	8.627	89.883
Loncoche	0	0	0	0	96.038	96.038
Lonquimay	0	0	0	0	217.973	217.973
Los Sauces	0	0	80.384	0	4.247	84.631
Lumaco	0	0	110.621	0	0	110.621
Melipeuco	0	0	0	0	56.669	56.669
Nueva Imperial	0	0	64.011	6.776	0	70.787
Padre Las Casas	0	0	850	38.449	0	39.299
Perquenco	0	0	120	32.604	0	32.724
Pitrufquén	0	0	0	37.220	19.794	57.015
Pucón	0	0	0	0	92.237	92.237
Purén	0	0	44.062	0	1.462	45.524
Renaico	0	0	25.430	0	0	25.430
Saavedra	0	0	5.438	27.381	0	32.819
Temuco	0	0	16.696	28.486	0	45.181
Teodoro Schmidt	0	0	21.581	43.150	0	64.731
Toltén	0	0	0	27.122	56.133	83.255
Traiguén	0	0	75.934	12.883	0	88.817
Victoria	0	0	2.229	115.621	6.748	124.599
Vilcún	0	0	0	97.470	52.131	149.601
Villarrica	0	0	0	0	109.237	109.237
Total	0	0	828.992	735.883	1.118.301	2.683.177

Cuadro 14. Superficie potencial con riego por comunas para *Pinus pinea*, región Araucanía

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Angol	89.476	23.604	113.080
Carahue	131.992	0	131.992
Chol Chol	43.377	0	43.377
Collipulli	84.585	24.121	108.706
Cunco	40.470	102.309	142.779
Curacautín	20.472	122.908	143.380
Curarrehue	0	65.712	65.712
Ercilla	50.465	0	50.465

Comuna	Zona potencial con riego		Total (ha)
	Apta	No Apta	
Freire	39.938	1.171	41.109
Galvarino	56.687	0	56.687
Gorbea	11.640	57.180	68.819
Lautaro	81.256	8.627	89.883
Loncoche	0	96.038	96.038
Lonquimay	0	217.973	217.973
Los Sauces	80.384	4.247	84.631
Lumaco	110.621	0	110.621
Melipeuco	0	56.669	56.669
Nueva Imperial	70.787	0	70.787
Padre Las Casas	39.299	0	39.299
Perquenco	32.724	0	32.724
Pitrufquén	37.220	19.794	57.015
Pucón	0	92.237	92.237
Purén	44.062	1.462	45.524
Renaico	25.430	0	25.430
Saavedra	32.819	0	32.819
Temuco	45.181	0	45.181
Teodoro Schmidt	64.731	0	64.731
Toltén	27.122	56.133	83.255
Traiguén	88.817	0	88.817
Victoria	117.851	6.748	124.599
Vilcún	97.470	52.131	149.601
Villarrica	0	109.237	109.237
Total	1.564.876	1.118.301	2.683.177

ANEXO 4. IMPACTO SOCIAL DEL CULTIVO

Las superficies priorizadas por región y comuna en el análisis de impacto social se presentan en los Cuadros 1 a 6.

Cuadro 1. Superficie según prioridad y comuna para la región de Valparaíso

Comunas	Prioridad		Superficie Total (ha)
	13	14	
Algarrobo		16.794,9	16.794,9
Cabildo		118.994,5	118.994,5
Calle Larga		25.198,4	25.198,4
Cartagena		23.382,4	23.382,4
Casablanca		93.943,3	93.943,3
Catemu		36.192,9	36.192,9
El Quisco		4.217,0	4.217,0
El Tabo		8.713,6	8.713,6
Hijuelas		23.806,7	23.806,7
La Calera		3.336,4	3.336,4
La Cruz		5.837,4	5.837,4
La Ligua		115.197,7	115.197,7
Limache		30.767,4	30.767,4
Llailay		34.534,4	34.534,4
Los Andes		13.786,9	13.786,9
Nogales		39.389,8	39.389,8
Olmué		19.656,1	19.656,1
Panquehue		12.113,9	12.113,9
Papudo		16.579,7	16.579,7
Petorca	77.245,5		77.245,5
Puchuncaví		29.174,1	29.174,1
Putendo	63.034,5		63.034,5
Quillota		31.281,1	31.281,1
Quilpué		51.202,8	51.202,8
Quintero		13.539,0	13.539,0
Rinconada		12.167,3	12.167,3
San Antonio		38.265,7	38.265,7
San Esteban		34.657,1	34.657,1
San Felipe		17.434,6	17.434,6
Santa María		14.351,1	14.351,1
Santo Domingo		51.807,1	51.807,1

Comunas	Prioridad		Superficie Total (ha)
	13	14	
Valparaíso		18.901,5	18.901,5
Villa Alemana		6.943,6	6.943,6
Viña del Mar		12.808,1	12.808,1
Zapallar		28.240,1	28.240,1
Total ha	140.280,0	1.003.216,6	1.143.496,6

Cuadro 2. Superficie según prioridad y comuna para la región Metropolitana

Comunas	Prioridad		Superficie Total (ha)
	13	14	
Alhue	47.624,9		47.624,9
Buín		17.886,8	17.886,8
Colina		16.166,2	16.166,2
Curacaví		58.038,2	58.038,2
El Monte		7.953,0	7.953,0
Isla de Maipo		10.137,8	10.137,8
La Reina		9,8	9,8
Lampa		18.017,7	18.017,7
Las Condes		2.388,4	2.388,4
Lo Barnechea		33.712,3	33.712,3
Maipú		3.038,2	3.038,2
Maria Pinto		26.558,9	26.558,9
Melipilla		71.621,1	71.621,1
Paine		40.496,9	40.496,9
Peñaflor		2.836,7	2.836,7
Peñalolén		505,3	505,3
Pudahuel		7.269,7	7.269,7
San Bernardo		1.398,8	1.398,8
San José de Maipo		12,3	12,3
San Pedro		78.959,9	78.959,9
Talagante		8.148,0	8.148,0
Tiltil		47.542,4	47.542,4
Total ha	47.624,9	452.698,4	500.323,3

*: Sólo se indican las comunas donde si existen zonas potenciales para el crecimiento de pino piñonero

Cuadro 3. Superficie según prioridad y comuna para la región de O'Higgins

Comunas*	Prioridades									Superficie Total (ha)
	2	3	5	6	9	11	12	13	14	
Chépica			10.161,5	37.302,9						47.464,4
Chimbarongo	24.623,9	21.728,6								46.352,5
Codegua					8.958,4				11.280,4	20.238,8
Coinco									9.786,1	9.786,1
Coltauco					166,1				22.007,0	22.173,1
Doñihue									7.476,6	7.476,6
Graneros									10.828,2	10.828,2
La Estrella					7.348,6				34.872,1	42.220,7
Las Cabras					2.371,0				67.850,6	70.221,6
Litueche				46.873,1				13.286,0		60.159,1
Lolol	10.554,1	49.462,0								60.016,1
Machalí							30.988,4		5.556,5	36.544,9
Malloa					11.123,3				60,5	11.183,8
Marchihue					30.555,0				37.349,7	67.904,7
Mostazal					10.104,7				18.850,8	28.955,5
Nancagua					14.837,9					14.837,9
Navidad		29.221,7								29.221,7
Olivar									4.203,6	4.203,6
Palmilla				22.583,5						22.583,5
Paredones	10.326,5	48.638,4								58.964,9
Peralillo				28.846,0				42,7		28.888,7
Peumo					8.667,6				6.428,4	15.096,0
Pichidegua					30.231,6				1.329,5	31.561,1
Pichilemu			6.242,6	61.462,0						67.704,6
Placilla					14.515,7					14.515,7
Pumanque							40.697,7		2.195,9	42.893,6
Quinta Tilcoco							550,6		7.836,1	8.386,7
Rancagua									23.437,6	23.437,6
Rengo					26.663,8				13.473,1	40.136,9
Requinoa					22.244,3				22.866,7	45.111,0
San Fernando						32.522,4	33.754,2			66.276,6
San Vicente							42.701,7		5.301,7	48.003,4
Santa Cruz			3.073,5	35.822,6						38.896,1
Total ha	45.504,5	149.050,7	19.477,6	232.890,1	187.788,0	32.522,4	148.692,6	13.328,7	312.991,1	1.142.245,7

*: Sólo se indican las comunas donde si existen zonas potenciales para el crecimiento de pino piñonero

Cuadro 4. Superficie según prioridad y comuna para la región del Maule

Comunas*	Prioridades								Superficie Total (ha)
	2	3	5	6	8	9	11	12	
Cauquenes			20.245,0	188.021,0					208.266,0
Chanco			26.857,5	25.600,5					52.458,0
Colbún					45.580,4	402,1			45.982,5
Constitución			16.498,7	114.587,7					131.086,4
Curepto		106.017,1							106.017,1
Curicó							59.626,8	11.031,3	70.658,1
Empedrado					41,2	56.601,3			56.642,5
Hualañé			308,0	60.412,4					60.720,4
Licantén						26.468,8			26.468,8
Linares					57.244,5	10.289,1			67.533,6
Longaví			81.991,2	1.910,0					83.901,2
Maule			21.912,7	1.223,1					23.135,8
Molina			47.117,6	20.635,5					67.753,1
Parral	102.789,8	2,6							102.792,4
Pelarco					35.202,4	14.504,9			49.707,3
Pelluhue			16.462,7	19.692,7					36.155,4
Pencahue	3.229,1	91.545,9							94.775,0
Rauco	10.464,6	20.133,2							30.597,8
Retiro			81.401,7	690,5					82.092,2
Romeral			33.883,9	1.436,5					35.320,4
Río Claro			22.781,7	24.589,7					47.371,4
Sagrada Familia			10.738,4	43.581,7					54.320,1
San Clemente	88.055,9	18.638,8							106.694,7
San Javier	16.062,5	113.258,8							129.321,3
Talca							8.917,0	17.291,7	26.208,7
Teno			37.276,0	16.358,2					53.634,2
Vichuquén				39.642,0					39.642,0
Villa Alegre					11.499,8	6.933,2			18.433,0
Yerbas Buenas	862,8	24.483,6							25.346,4
Total ha	221.464,7	374.080,0	417.475,1	558.381,5	149.568,3	115.199,4	68.543,8	28.323,0	1.933.035,8

*: Sólo se indican las comunas donde si existen zonas potenciales para el crecimiento de pino piñonero

Cuadro 5. Superficie según prioridad y comuna para la región del Bio Bio

Comunas*	Prioridades										Superficie Total (ha)
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	
Antuco	1.355,1	15,2									1.370,3
Arauco				42.447,6	48.589,5						91.037,1
Bulnes					41.745,0						41.745,0
Cañete				35.345,2	43.601,7						78.946,9
Cabrero		62.969,2									62.969,2
Chiguayante										5.284,4	5.284,4
Chillán										44.483,7	44.483,7
Chillán Viejo										25.822,2	25.822,2
Cobquecura					56.554,1						56.554,1
Coelemu		34.029,5									34.029,5
Coihueco		89.117,5									89.117,5
Concepción										19.044,3	19.044,3
Contulmo							19.827,7	11.842,3			31.670,0
Coronel							10.504,9	11.452,9			21.957,8
Curanilahue				55.317,0	1.882,8						57.199,8
Ñiquén					48.332,3	467,1					48.799,4
El Carmen	3.283,6	49.222,4									52.506,0
Florida		60.332,2									60.332,2
Hualqui					50.466,0						50.466,0
Laja					32.786,7						32.786,7
Lebu	18.019,1	32.187,8									50.206,9
Los Alamos	23.361,9	19.049,1									42.411,0
Los Angeles										170.650,5	170.650,5
Lota				9.934,5	772,6						10.707,1
Mulchén	56.238,4	64.009,1									120.247,5
Nacimiento	16.278,2	56.416,5									72.694,7
Negrete					14.706,1						14.706,1
Ninhue		12.312,5	28.306,5								40.619,0
Pemuco	1.660,5	48.493,8									50.154,3
Penco								10.558,4			10.558,4
Pinto		21.158,3									21.158,3
Portezuelo		27.781,2	468,1								28.249,3
Quilaco				8.581,6	714,2						9.295,8
Quillón		41.765,8									41.765,8
Quilleco	16.923,7	49.881,4									66.805,1

Comunas*	Prioridades										Superficie Total (ha)
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	
Quirihue		43.561,3	14.317,8								57.879,1
Ranquil		24.613,0									24.613,0
San Carlos					68.622,1	18.289,3					86.911,4
San Fabián		19.992,4									19.992,4
San Ignacio					35.815,5						35.815,5
San Nicolás					51.416,5	5.201,1					56.617,6
San Pedro de la Paz									2.620,9	5.131,8	7.752,7
San Rosendo								8.410,6			8.410,6
Santa Juana	30.744,8	16.871,7									47.616,5
Sta. Bárbara	19.460,0	8.059,2									27.519,2
Talcahuano										9.728,1	9.728,1
Tirúa	16.861,0	30.495,2									47.356,2
Tomé					48.369,7						48.369,7
Trehuaco		31.365,8									31.365,8
Tucapel							13.415,8	21.639,1			35.054,9
Yumbel		71.742,3									71.742,3
Yungay							2.256,6	56.361,1			58.617,7
Total ha	204.186,3	915.442,4	43.092,4	151.625,9	544.374,8	23.957,5	46.005,0	120.264,4	2.620,9	280.145,0	2.331.714,6

*: Sólo se indican las comunas donde si existen zonas potenciales para el crecimiento de pino piñonero

Cuadro 6. Superficie según prioridad y comuna para la región de la Araucanía

Comunas*	Prioridades								Total (ha)
	1	2	4	5	7	8	10	11	
Angol				89.476,2					89.476,2
Carahue	29.882,1	102.110,1							131.992,2
Chol Chol	2.199,1	41.177,8							43.376,9
Collipulli			30.419,8	54.165,2					84.585,0
Cunco			40.469,7						40.469,7
Curacautín					20.471,9				20.471,9
Ercilla			18.627,2	31.837,6					50.464,8
Freire	89.298,3	919,9							90.218,2
Galvarino	480,9	56.205,8							56.686,7

Comunas*	Prioridades								Total (ha)
	1	2	4	5	7	8	10	11	
Gorbea	11.639,8								11.639,8
Lautaro			75.512,5	5.743,7					81.256,2
Los Sauces		80.383,9							80.383,9
Lumaco		110.621,5							110.621,5
Nueva Imperial	6.776,0	64.010,6							70.786,6
Padre Las Casas							38.449,1	849,8	39.298,9
Perquenco					32.603,5	120,3			32.723,8
Pitrufquén					37.284,0				37.284,0
Purén		44.062,2							44.062,2
Renaico		25.430,2							25.430,2
Saavedra	27.380,3	5.437,6							32.817,9
Temuco							28.485,5	16.696,0	45.181,5
Teodoro Schmidt	43.150,1	21.581,0							64.731,1
Toltén	27.127,7								27.127,7
Traiguén	12.883,1	75.934,2							88.817,3
Victoria			115.621,4	2.229,5					117.850,9
Vilcún	97.469,5								97.469,5
Total ha	348.286,9	627.874,8	280.650,6	183.452,2	90.359,4	120,3	66.934,6	17.545,8	1.615.224,6

*: Sólo se indican las comunas donde si existen zonas potenciales para el crecimiento de pino piñonero

