

RESUMEN

El Instituto Forestal (INFOR), dentro de su búsqueda de nuevas especies para la forestación en el país y en especial de nuevas alternativas productivas para pequeños y medianos propietarios, ha desarrollado por ya casi dos décadas diferentes líneas de investigación con pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Esta especie, originaria de la cuenca del Mediterráneo, ha sido motivo de interés desde el siglo XIX, cuando aparentemente colonos europeos la introdujeron al país, posteriormente a fines de ese siglo, cuando Federico Albert la empleó en sus trabajos de control de dunas costeras en la región del Maule, y más recientemente en los años 60 del siglo pasado, cuando INFOR la incluyó en algunos de sus ensayos de introducción de especies.

Pinus pinea prospera bien en el país entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía y es una especie multipropósito, que puede producir madera, proteger los suelos y ser integrada en combinaciones silvopastorales, que permiten la crianza o engorda de ganado dentro de las plantaciones. Sin embargo, su producto de mayor interés son sus semillas, de alto valor y demanda en el mercado internacional de los llamados frutos secos.

Lo anterior motivó a INFOR a iniciar en años más recientes líneas de investigación sobre su silvicultura y manejo y a reintroducir la especie al país mediante plantaciones establecidas a partir de semilla local, colectada en antiguas parcelas de introducción de especies o pequeños bosquetes existentes en diferentes regiones del país, e importación desde Europa de colecciones de procedencias y progenies. Diversas investigaciones han sido realizadas, desde su propagación en viveros y el establecimiento de plantaciones hasta su manejo silvícola y la evaluación de su crecimiento y su producción de semillas, además de las propiedades de estas. En el presente trabajo se revisa las técnicas y la eficiencia en la cosecha de los frutos para la obtención de las semillas.

SUMMARY

The Chilean Forestry Institute (INFOR), researching on new forest alternatives in the country with especial attention on small and medium owners, has developed during the last 20 years different research lines on Stone Pine (*Pinus pinea* L.).

The species, native to the Mediterranean basin, was introduced to Chile apparently by European settlers during the XIX century. Later was used by Federico Albert in coastal dunes control works in the Maule region by the end of the century, and also was tried by INFOR in some species introduction trials during the 60s of the last century. The species grows well in Chile between the Valparaíso and La Araucanía regions. It is a multipurpose species, which can produce wood, protect soils and be integrated into agroforestry systems with cattle breeding, however, its more interesting product is the seed with a high value in the dry fruits international market.

¹⁰ Proyecto FONDEF Desarrollo de Técnicas de Manejo para Producir Piñones de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). Una Opción Comercial Atractiva para Chile (D11I1134)

The above motivated INFOR to start more recently research lines on Stone Pine silviculture and management. INFOR has reintroduced the specie through planted forests established with local seeds, from old species introduction plots, small tree groups found in different regions in the country and provenances and progeny seed collections imported from Europe. Several research lines have been developed, from nursery and plantation establishment techniques to silvicultural management and growth and seed production evaluations. In the present paper harvesting techniques to obtain the seeds are reviewed.

INTRODUCCIÓN

El pino piñonero es una especie forestal originaria de la cuenca del mediterráneo, principalmente de países como España, Italia, Portugal y Marruecos, cuyo producto de mayor interés está dado por sus semillas o piñones, muy cotizadas internacionalmente en el mercado de los frutos secos y consecuentemente con un alto precio de comercialización.

La especie aparentemente fue introducida al país por colonos europeos durante el siglo XIX, posteriormente fue empleada por Federico Albert en sus diversos trabajos, principalmente de control de dunas en la región del Maule, a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX. Más recientemente, en los años 60 del siglo pasado, la especie fue incluida en algunos de los numerosos ensayos de introducción de especies que el Instituto Forestal (INFOR) instaló entre las regiones de Coquimbo y Aysén en la búsqueda de nuevas especies forestales para la forestación en el país.

Los requerimientos ecológicos de la especie y la experiencia reunida indicaban que esta puede ser cultivada entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos, principalmente entre las de O'Higgins y La Araucanía, y especialmente en áreas cercanas a la costa. Esto, sumado al alto valor de sus piñones, motivó a INFOR a iniciar, hace ya casi dos décadas, un programa de investigación permanente en torno a la silvicultura, manejo y productividad del pino piñonero, trabajos que han sido posibles gracias al apoyo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) del Ministerio de Educación, y a la colaboración de diferentes actores sectoriales tanto del ámbito público como del privado. Loewe y Delard (2012) dan una completa síntesis de los resultados obtenidos y la experiencia adquirida a través de diferentes líneas de investigación con esta especie.

El presente trabajo aborda, dentro del marco del Proyecto FONDEF Desarrollo de Técnicas de Manejo para Producir Piñones de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.), Una Opción Comercial Atractiva para Chile, aspectos relativos a la cosecha de pino piñonero, manual y mecanizada, actividad de gran importancia dada su incidencia en los costos de producción y en la calidad final del producto.

COSECHA DE CONOS EN *Pinus pinea* EN SUS PAÍSES DE ORIGEN

La cosecha de *Pinus pinea* se refiere al proceso de obtención de los conos o piñas maduras desde los árboles para la obtención del producto de mayor valor obtenido a partir de esta especie que son las semillas o piñones.

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 periodo 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).

Por su parte en España, el período legal de cosecha se inicia el 1 de noviembre de cada año, aunque varía según Comunidad Autónoma, y su realización fuera del período autorizado es penalizada, aun cuando es ampliamente conocido que la cosecha “informal” comienza antes del inicio de la temporada (Loewe y Gonzalez, 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, aun cuando es habitual que en otras regiones la cosecha se realice antes (Sülüsoglu, 2004). Loewe y Delard (2013) indican que en Turquía la cosecha se realiza entre los meses de octubre a febrero, siendo los últimos dos meses el período en que los conos se encuentran con una coloración café, signo de madurez, aunque últimamente se está cosechando a principio de la temporada, entre octubre y noviembre.

El año 2010, en Valladolid se autorizó la cosecha a partir del 11 de noviembre (Loewe y Gonzalez, 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, 2009).

Es importante destacar que los costos en que se incurre 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. Es realizada por los cosechadores de piña, llamados tradicionalmente “piñeros” (Márquez, 1992), operadores conocedores del oficio con un elevado grado de especialización. Estos la practican desde el suelo, en el caso de árboles de menor altura o de huertos injertados (Figura N° 1), o subiéndolo a la copa mediante escaleras o cuerdas y con la ayuda de ganchos amarrados a los tobillos (gancheros o “agarradores”), desprenden las piñas con la ayuda de largas varas de madera, que en su parte superior tienen un gancho en forma de media luna denominado “hocino o gorguz” (Europa) o “keye” (Turquía) (Sülüsoglu, 2004; Márquez, 1992) y trabajan usualmente sin elementos de protección (Martínez-Zurimendi *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).

En Portugal, esta operación además de ser peligrosa es de alto costo y es cada vez más difícil encontrar quien la realice (Barriguinha *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 bajarlas 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.

En el caso de Turquía, la cosecha es realizada totalmente en forma manual y la realizan trabajadores que trepan a los árboles sin ningún sistema de seguridad y existen registros de caídas y muertes cada año. Ellos botan la piña al suelo con ayuda de un gancho adosado a una vara metálica de 3 m de largo (Loewe y Delard, 2013).

Respecto del nivel de producción alcanzado, se utiliza como variable para medir el rendimiento de la cosecha el peso de las piñas y antiguamente se media en “cargas”, que correspondían a 255 piñas (Ayuntamiento de Pedrajas de San Esteban, 2008). En la actualidad 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, 2009), esto equivale a 90 a 150 árboles/día (Torres *et al.*, 2009), lo que depende del predio y de la experiencia del piñero. En Turquía, el rendimiento es de un máximo de 1.000 Kg de piña/jornada y el salario es de US\$40/jornada (Loewe y Delard, 2013).



Figura N° 1
COSECHA MANUAL CON GORGUZ EN HUERTO
PROVINCIA DE VALLADOLID, ESPAÑA

Las legislaciones laborales de España e Italia exigen 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 (Herrero¹¹, 2010, com. personal).

Además, 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; Castro *et al.*, 2011).

Una vez que las piñas caen al suelo, los mismos piñeros o sus ayudantes las recogen y acopian en puntos llamados “piñeras”, que corresponden a zonas accesibles a los medios de transporte que las llevan a los puntos de procesamiento (Gutiérrez, 2007). Loewe y Delard (2013) observaron rendimientos de recogida en Turquía de 500-600 Kg/día, como promedio para cada recolector, labor que es desarrollada principalmente por mujeres, quienes acopian, ensacan y trasladan a puntos de acopio para su posterior transporte.

¹¹ Jorge Herrero, centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria (CESEFOR), Castilla y León, España

Cosecha Mecanizada

La 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 N° 2) y abarca casi el 70% de la producción del país, no existiendo grandes diferencias entre la recolección manual y mecanizada en cuanto a la producción de piñas y piñones, el crecimiento de la madera y la estabilidad de las plantas (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006).

El rendimiento medio alcanzado con este método en rodales españoles es de 793,4 Kg de piña/hora. Torres *et al.* (2009) indican rendimientos de 600 a 700 árboles/día utilizando cosechadores mecánicos. 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, 2009). En Italia y Portugal se han obtenido rendimientos de hasta 1.000 Kg/hora (Junta de Andalucía, 2004).

En España es cada vez más frecuente la recolección mecanizada de piñas con máquinas vibratoras utilizadas en frutales (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009), método que se masificó a partir de la temporada 2000/2001, principalmente por la necesidad de reemplazar la cosecha manual de alta peligrosidad para el trabajador, por la dificultad de encontrar recolectores experimentados y por el elevado costo de aquellos especializados que 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). Pinheiro (2007) señala además que la cosecha mecánica es la vía más efectiva para reducir los costos de producción y lograr con ello que el piñón producido en Portugal sea competitivo en Europa.

El uso de vibratoras aumenta los rendimientos de cosecha de piña sin efectos negativos a los árboles si se las emplea correctamente (Pinheiro *et al.*, 2003a; Centre de la Propietat Forestal, 2009). Sin embargo, no se debe olvidar que la principal condicionante para su éxito no está solo en los altos rendimientos sino también en su cuidadoso uso, ya que junto con las piñas maduras existen piñas de uno y dos años, que de ser eliminadas se compromete la cosecha de los siguientes dos años (Pinheiro *et al.*, 2003b; Castro *et al.*, 2012).

Los equipos utilizados corresponden generalmente a cosechadores mecánicos creados para huertos frutales, que deben ser ajustados a las necesidades de cada especie (Castro *et al.*, 2012), y se los clasifica 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 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.*, 2009).

La vibradora se mueve en bandas de 20-30 m de ancho, abarcando toda la superficie del rodal en que se trabaja o floreando solo 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 pinza se ubica a 1,5-2,0 m 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 por edad de los árboles la aplicación de cosecha mecanizada. La altura

habitual de trabajo fija también la altura de poda de limpieza del fuste (Torres *et al.*, 2009).

El tiempo y el rendimiento varían según la experiencia del operador y el tipo de maquinaria empleada (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2011). Las variables principales que se deben resguardar para que la cosecha mecanizada no cause daño sobre el árbol corresponden a la fecha o período en que se realiza y el vibrado, para este último, es fundamental controlar su frecuencia, amplitud y duración (Castro *et al.*, 2011), ya que se deben considerar las características dinámicas del árbol, logrando un equilibrio entre la efectividad de la cosecha y el daño causado (Castro *et al.*, 2012).



Figura N° 2
COSECHA MECANIZADA EN BOSQUE ADULTO
PISA, ITALIA

Estudios muestran que para el caso del pino piñonero el rango óptimo para la frecuencia es de $18,0 \pm 5,3$ Hz para lograr la cosecha de los conos de tres años y cuando la frecuencia es menor a 15 Hz se logra poco daño sobre el árbol, pero una cosecha de baja efectividad (Castro *et al.*, 2011). Castro *et al.* (2012) indican que una aceleración de $51,2 - 78,4$ m/seg², logra una cosecha promedio del 85,7% de los conos maduros, con un daño mínimo a los otros órganos del árbol.

Respecto al tiempo de vibrado, este debe ser menor a los 6 segundos, tiempo en el cual se logra cosechar los conos de tres años sin daños importantes en el resto de los órganos que deberían permanecer en el árbol (Castro *et al.*, 2011). Se sabe que durante los dos primeros segundos se cosecha la mayor cantidad de conos maduros, por ello se recomienda que el tiempo de vibrado sea muy corto o se realice en varias ocasiones de corta duración (Castro *et al.*, 2011), siendo recomendable utilizar dos vibraciones de corta duración, aumentando con ello el rendimiento en la cosecha y minimizando posibles daños sobre el árbol (Castro *et al.*, 2012).

El tiempo promedio de trabajo productivo para el maquinista es de 30,26 s/árbol, de los cuales 5,67 s 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 (Mutke¹², 2009, com. personal).

Un conocido productor de piñón en Italia 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.

Sin embargo, existe preocupación por el efecto que puede provocar la maquinaria en el suelo, en la regeneración natural y en el árbol mismo. Hasta ahora las restricciones vigentes limitan el peso de las máquinas a 4 t por eje y el tiempo de vibración a 3 s/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), la vibración 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, razón por la que, dependiendo de la textura del suelo, podrían alterarse las raíces.

También se ve restringido el uso de máquinas 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.* (2010) agregan que esta faena debe realizarse con cuidado y bajo estrictos criterios, ya que la vibración también puede afectar los nuevos brotes o a las piñas de uno y dos años (Figura N° 3), 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 este no influye en el crecimiento de los brotes.

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).

¹² Dr. Sven Mutke R. Centro de Investigación Forestal CIFOR, INIA, Madrid, España



Figura N° 3
PÉRDIDA DE BROTES POR EFECTO DE COSECHA MECANIZADA

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, aun sin ver comprometida su supervivencia, 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 la maquinaria 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 esquive durante la faena. Los niveles de mortalidad y daños serían menores en plantaciones realizadas con distribución lineal y sistemática.

Pese a las aprehensiones respecto al efecto negativo de este método de cosecha, Pinheiro *et al.* (2003b), indican que, independiente de los aspectos que se deben mejorar para hacer más eficiente la colecta mecanizada, destaca 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 Gonzalez, 2012).

Hay casos en que por otras razones, como por ejemplo la protección de fauna silvestre en Italia en la Residencia Presidencial de Castelporziano (Roma), se prohíbe el uso de cosecha mecanizada (Loewe y Gonzalez, 2012).

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, lo que resulta interesante en zonas de escasa disponibilidad de mano de obra y en huertos de grandes dimensiones.

De acuerdo a lo indicado anteriormente se puede decir que el uso de máquinas

vibradoras está limitado por algunos factores (Peruzzi *et al.*, 1998):

- Período: 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 tanto este 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 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

Las plantaciones injertadas constituyen un caso aparte. La conformación de sus árboles permite una fácil cosecha desde el suelo, que no requiere pineros especializados y 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.*, 2000). De hecho, en la mayoría de las plantaciones injertadas la cosecha se realiza de forma manual utilizando un gorgoz 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, de modo de 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.*, 2007).

Pinheiro *et al.* (2003b) indican la importancia de la homogeneidad de las masas boscosas a cosechar, dado que, independiente que todos los individuos tengan la misma edad, presentan diferencias en altura, diámetro del fuste y de la copa, lo que obliga a dedicar un tiempo mayor a cada árbol, ya que tanto la frecuencia como la vibración deben ser reguladas de acuerdo a esas características.

No se han realizado estudios sobre el efecto del vibrado (cosecha mecanizada) sobre pinos injertados (Loewe y Gonzalez, 2012).

COSECHA DE *Pinus pinea* EN CHILE

Dadas las buenas perspectivas comerciales que tienen los piñones a nivel mundial, en los últimos años se ha incrementado el interés de propietarios de tierras en Chile por invertir en plantaciones con esta especie.

Las líneas de trabajo que INFOR desarrolla para pino piñonero incluyen la definición de protocolos para el establecimiento de plantaciones de *Pinus pinea*, su manejo posterior y la cosecha y procesamiento de los conos.

Se está trabajando en el análisis y evaluación de las distintas etapas del proceso, sin descuidar aquella de la cosecha, motivo de este documento, dada su gravitación en los costos y en la calidad del producto final.

Cosecha Manual

No existe en el país experiencia en la cosecha de esta especie y mucho menos personal especializado en esta actividad, por lo que se buscó apoyo en personal que realiza actividades similares y se contactó a escaladores que acostumbran subir a los árboles para actividades de colecta de semillas, polinización controlada u otras.

En el Cuadro N° 1 se indican algunos rendimientos de cosecha manual logrados hasta ahora por dos operarios.

Cuadro N° 1
RENDIMIENTO EN COSECHA MANUAL

Operario	Desde el Suelo	Escalado	Costo (\$/jornada)
	(árboles/jornada)		
1	20	4 a 8 (según grado de dificultad para escalar)	55.000
2	(No evaluado)	27 a 77 (según número de conos del árbol)	55.000

Como se observa en los datos recogidos, existen diferencias importantes entre ambos operadores, las que se explican por su experiencia como escalador (mayor en el caso de escalador 2) y al tipo de árboles cosechados.

El operador 1 trabajó en árboles de mayor tamaño, más irregulares y sin manejo (Figura N° 4). El operador 2 en tanto lo hizo en una plantación regular, con distanciamiento actual entre árboles de 7 x 7 m, ubicada en la Región del Maule (Toconey).

Es importante destacar que los rendimientos obtenidos utilizando esta técnica son menores a los registrados en otras latitudes, por lo que debe considerarse la necesidad de capacitar a operadores para esta faena en el caso que se decida utilizar este método para la cosecha.



Figura N° 4
ESCALADOR DURANTE FAENA DE COSECHA MANUAL DE CONOS MADUROS

Cosecha Mecanizada

El mercado de venta y servicio de máquinas cosechadoras de frutales está ampliamente desarrollado en el país y existe una amplia variedad de equipos que responde en forma diferenciada a las distintas especies en que se trabaja: nogales, almendros, pistachos y ciruelos, entre otras.

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 el portal Red Agrícola (www.redagricola.com) se indica que el costo promedio en el país para un vibrador es de US\$150.000, dependiendo de la marca y su complejidad.

La experiencia en Chile utilizando esta tecnología en la cosecha de frutos secos es desde todo punto de vista muy positiva. Rosas (2011) indica que para especies como las indicadas el 60-70% de los costos totales de producción se asocia a la cosecha y, dado que la mano de obra es cada vez más escasa y costosa, es de vital importancia mecanizar la faena. El autor agrega que se puede lograr pleno éxito en la operación, pero que se debe tener en cuenta que parte importante de dicho éxito depende de los manejos de adaptación de la plantación y/o huerto a la cosecha mecanizada.

Como se ha indicado anteriormente, los vibradores constituyen una alternativa adecuada para la cosecha de *Pinus pinea*, logrando una alta efectividad y un daño reducido, lo que se logra al regular variables de la máquina y capacitando a sus operadores.

INFOR contactó a algunas empresas del rubro, las cuales manifestaron su interés en realizar pruebas con pino piñonero en el país, especialmente por la posibilidad que se presentaría de poder utilizar estas máquinas (*shakers*) en periodo de receso de los frutales y optimizar así el uso de las máquinas durante el año.

Después de varias consultas, se analizó la situación con dos empresas (Empresa Maquinarias Agrícolas C y H S.A. y Empresa Aquitania Equipos) y fueron programadas las visitas a terreno correspondientes.

Existen importantes variables a evaluar, tanto respecto de las máquinas como de los árboles y de los resultados de las cosechas, por lo que para eventuales pruebas de cosecha mecanizada se buscó formaciones de la especie con una producción interesante que permitiera hacer estas pruebas en terreno con las maquinarias disponibles en estas empresas y se preparó un formulario *ad hoc* para registro y resultado de cosecha.

Empresa Maquinarias Agrícolas C y H SA

La empresa trabaja con la premisa de buscar permanentemente alternativas de cosecha mecanizada que sean más económicas, menos riesgosas, más eficaces y rápidas, concentrando su accionar a través del uso de máquinas vibradoras del tipo *side by side*, compuesta por dos unidades que pueden medir hasta 7 m de largo por 2,5 m de ancho, y que deben trabajar coordinadas para el vibrado y la recogida de la fruta (Figura N° 5).

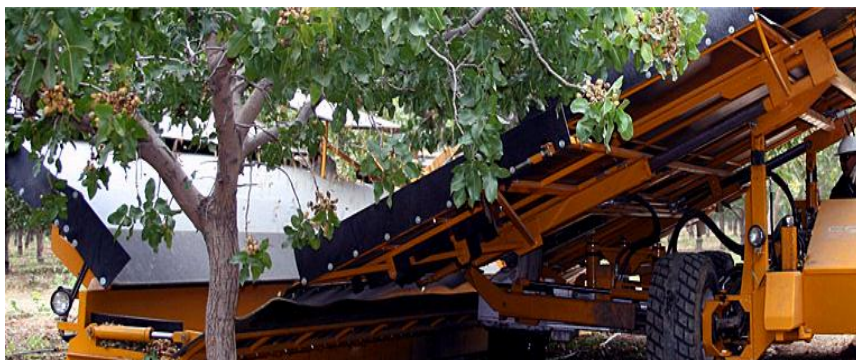


Figura N° 5
MÁQUINA COSECHADORA SISTEMA *SIDE BY SIDE*

Estas máquinas permiten automatizar todo el proceso, permitiendo programar las variables para el remecido (tiempos de apriete del tronco y potencias de vibrado) en un computador.

La máquina utiliza pinzas propulsadas por un sistema hidráulico, que minimiza el daño a los árboles dado que las pinzas están equipadas con tacos de goma o rellenas con un sistema de aire que mantiene fría el área de fricción.

Profesionales de INFOR, en compañía del Gerente de Operaciones de la empresa, visitó un ensayo ubicado en la localidad de Cahuil, Pichilemu, Región de O'Higgins. Se trata de una plantación raleada con un espaciamiento de 4 x 4 m después del raleo (Figuras N° 6).

Al analizar la situación topográfica del área en que está instalado el ensayo, el profesional de la empresa indicó de inmediato la imposibilidad de ingresar la maquinaria de que ellos disponen, dada la inestabilidad que produciría el no contar con apoyo para todas las ruedas en forma simultánea debido al lomaje y la pendiente del sector.

Al continuar con la evaluación, se verificó también la dificultad de transitar por entre los árboles, dado el distanciamiento que existe, que aunque es considerable, no está exactamente en hileras, ya que se realizó un raleo diagonal (Figura N° 7).



Figura N° 6
VISTA GENERAL DEL ENSAYO CAHUIL



Figura N° 7
ANALIZANDO LAS CONDICIONES DEL ENSAYO QUE DIFICULTAN LA ENTRADA DE LA MAQUINARIA

No fue posible efectuar las pruebas de cosecha mecanizada debido a las condiciones del terreno y el espaciamiento entre árboles, sin embargo la empresa reitera su interés en realizarlas en plantaciones o huertos que lo permitan.

En el mismo sector INFOR tiene un ensayo de progenies, que fue establecido con un distanciamiento similar al ordenamiento que se persigue en huertos frutales, este fue visitado también con el profesional de la empresa quien indicó que en este caso no habría inconvenientes en la realización de las pruebas.

Sin embargo estos árboles aún no entran en la etapa de producción por lo que las pruebas se efectuarían más adelante, cuando estos tengan 14 a 15 años.

Empresa Aquitania Equipos

Esta empresa cuenta con instalaciones en distintas regiones, una de ellas en la Región de Valparaíso, localidad de Casablanca, y es representante y distribuidora en Chile de OMC (*Orchard Machinery Corporation*), una de los principales fabricantes de cosechadores mecanizados a nivel mundial. Sus máquinas se caracterizan por contar con el sistema FAST (*Fully Automated Shaker Technology*), que permite simplificar la operación reduciendo los tiempos de trabajo, disminuyendo el daño al árbol y haciendo un uso eficiente del combustible, elementos de importancia para la productividad de la faena (Figura N° 8).

Profesionales de INFOR, en compañía de un experto de la empresa, visitaron plantaciones adultas de la especie en el sector de Peñuelas y parcelas de procedencias en el sector de Casablanca. Las primeras corresponden a antiguas parcelas de introducción de especies de INFOR, ubicadas en la reserva Forestal Peñuelas, y las segundas a ensayos más recientes establecidos dentro de las líneas de investigación de INFOR sobre pino piñonero, en el sector La Vinilla, comuna de Casablanca.



Figura N° 8
COSECHADORES DISPONIBLES EN CHILE DISTRIBUIDAS POR AQUITANIA EQUIPOS

En la visita a las plantaciones de Peñuelas, que no han sido manejadas y presentan un espaciamiento medio actual de 4 x 3 m (Figura N° 9), quedó de inmediato en evidencia la imposibilidad de emplear la máquina; la falta de poda no permite apoyar la pinza en el tronco y el espaciamiento de la plantación no da el espacio necesario para los desplazamiento de la vibradora. Otro inconveniente señalado por el experto de la empresa está dado por el diámetro de los fustes, en algunos casos mayor a 80 cm, que es el diámetro máximo para la pinza. El sector es de lomajes suaves, por lo que desde el punto de vista topográfico no habría limitaciones.



Figura N° 9
VISITA GENERAL DE ENSAYO PEÑUELAS

El ensayo del sector de Casablanca en tanto, fue plantado a un espaciamiento de 2 x 3 m y posteriormente raleado y podado. El espaciamiento actual es de 4 x 4 m aproximadamente (Figura N° 10). En este caso el experto de la empresa indicó que no habría limitaciones dadas por la topografía y que la intervención de poda realizada era adecuada para la aplicación de las pinzas de la máquina, sin embargo el espaciamiento es aún muy estrecho y no permite el ingreso y desplazamiento de esta.



Figura N° 10
VISITA GENERAL DE ENSAYO CASABLANCA

COMENTARIOS FINALES

Está disponible en el país la tecnología para poder implementar la cosecha mecanizada de *Pinus pinea* en futuras plantaciones con fines comerciales.

Independientemente de la imposibilidad de realizar las pruebas en los ensayos existentes, hay un interés real de las empresas que comercializan y rentan este tipo de maquinaria, dado que les permitiría utilizarlas en una época distinta a la habitual y por lo tanto les permitiría optimizar su uso durante el año.

El sistema de cosecha manual presenta rendimientos muy bajos comparados con los registros de otros países, por lo que se hace evidente la necesidad de capacitar a algunos operarios, para los casos en que no exista otra alternativa para realizar la cosecha.

Las visitas de los expertos de las empresas, que pueden proveer las máquinas o prestar el servicio de estas, permitieron individualizar los requerimientos básicos de topografía y manejo silvícola a cumplir con las plantaciones para hacer posible la cosecha mecanizada.

El factor más crítico en las plantaciones visitadas fue el espaciamiento entre árboles, no obstante que la topografía también lo fue en uno de los casos. Otros factores importantes a considerar son los diámetros máximos de los árboles, la necesidad de poda del fuste y la extracción de material residual de raleos y podas para permitir un expedito desplazamiento de la máquina.

Los protocolos de establecimiento y manejo de las plantaciones, así como de la selección del sitio, deberán considerar estos factores que condicionan la posibilidad de efectuar cosechas en forma mecanizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayuntamiento Pedrajas de San Esteban, 2008. Tradición Piñonera. [En línea] www.pedrajas.org [Consulta: 21-12-2010].

Barriguiha, A.; Pinheiro, A.; Gonçalves, A.; Dias, S.; Ribeiro, N.; Vacas De Carvalho, M. y 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].

Blanco, R. G.; Castro, G. S. and Gil, R. J., 2011. Effects of Vibration Duration and Repetitions on Efficiency and Tree Damage of Mechanical Harvesting for *Pinus pinea* L. Agropine International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 Noviembre 2011.

Castaño, J.; Estirado, M.; Abellanas, B.; Butler, I.; Cosano, I.; Luengo, J.; García, J. y 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.

Castro, S.; Blanco, G. and Gil, J., 2010. 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. 88.

Castro, S.; Blanco, G. and Gil, J., 2011. Frequency Response of *Pinus pinea* L. for Selective Cone Harvesting by Vibration. *Trees* 25: 801-808.

Castro, S.; Blanco, G. and Gil, J., 2012. Vibrational and Operational Parameters in Mechanical Cone Harvesting of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) *Biosystems Engineering* 112: 352-358.

Centre de la Propietat Forestal, 2009. Silvicultura del Pi Pinyer per a Produccio de Fusta i Pinya. 20 p.

García, M.; Torres, M. J.; Gordo, J.; Finat, L. y Martínez, P., 2009. Daños sobre la Regeneración de *Pinus*

pinæ L. Provocados por el Aprovechamiento Mecanizado de Piña en Montes Públicos de la Provincia de Valladolid. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.

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.

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.

Loewe, V. y Delard, C., 2012. (Eds.) Un Nuevo Cultivo para Chile, el Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). Instituto Forestal, Chile. 361 pp.

Loewe, V. y Delard, C., 2013. Informe sobre Actividades Realizadas en Gira Técnica sobre el Piñón del Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) a Turquía e Israel. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 59p.

Loewe, M. V. y 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).

Márquez, D., 1992. Pervivencia de los Viejos Oficios de Doñana: Los Piñeros. Huelva en su Historia v.4: 391-403.

Martínez-Zurimendi, P. y Sierra De Grado, R., 2006. Posibilidades del Aprovechamiento Mecanizado de Piña. Universidad de Valladolid. ETSIA. Dpto. Producción Vegetal y Recursos Forestales. VII Jornadas de Selvicultura de PROFOR, Valladolid. "Gestión de Masas Naturales de Piñonero para Fruto y Técnicas de Cultivo". 7 p.

Martínez-Zurimendi, P.; Moreno, H.; Pando, V.; Domínguez, M.; Ambrosio, Y. and 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. y 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.

Muñoz, M. M., s/f. Proceso de Elaboración del Piñón Castellano. Piñones Import-Export'97 S.L., Pedrajas de San Esteban (Valladolid).

Mutke, S., Diaz, B. L. y Gordo, J., 2000. 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.; Calama, R.; Gordo, J.; Alvarez, D. and Gil, L., 2007. Stone Pine Orchards for Nuts Production: Which, Where, How? Nucis Newsletter 14: 22-25.

Ovando, P.; Campos, P.; Calama, R. y 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.

Peruzzi, A.; Cherubini, P.; Gorreri, L. y 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.

Pinheiro, A., 2007. Colheita Mecânica de Pinha do Pinheiro Manso (*Pinus pinea* L.). Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Departamento de Engenharia Rural. [En línea]. <http://www.alentejolitral.pt/Downloads/Ambiente/Colheita%20mecanica%20da%20pinha%20do%20pinheiro%20manso.pdf> [Consulta: 13-4-2009] 3 p.

Pinheiro, A. C.; Peca, J. O. y Reynolds, D., 2003a. Concepcao e Utilizacao de um Vibrador 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. S.; Barriguiha, A. F.; Reynolds de Souza, D. y Diaz, A. B., 2003b. Utilizacao de um Vibrador Multidireccional na Colheita Mecânica de Pinha (*Pinus pinea* L.). I Simposio Nacional de Engenharia

Rural. Lisboa, Portugal.

Rosas, F., 2011. Situación Actual en Chile y el Mundo de la Cosecha Mecanizada de Frutos Secos. Exponut 2011. 04 junio. Santiago, Chile.

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.

Torres, M. J.; García, M.; Finat, L.; Gordo, J. y Martínez, P., 2009. 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 Leon.