

Nuevas perspectivas en los aprovechamientos del pino piñonero. Plantaciones con clones obtenidos en el programa de mejora genética forestal para la producción de piñón

Salustiano Iglesias ⁽¹⁾;
David León ⁽¹⁾,
Carlos Guadaño ⁽²⁾,
Javier Gordo ⁽³⁾,
Sven Mutke ^(4, 5),

(1) Dirección General de
Desarrollo Rural y Política
Forestal. MAGRAMA

(2) TRAGSA

(3) JUNTA DE
CASTILLA Y LEÓN

(4) INIA-CIFOR

(5) IU-GFS UVa NIA

Uno de los productos forestales no madereros más emblemáticos de nuestros montes es el piñón mediterráneo, semilla comestible del pino piñonero, con gran demanda en el mercado nacional e internacional por su fragante sabor y alto valor dietético. *Pinus pinea* se encuentra entre las diez especies de árboles productores de frutos secos más importantes del mundo. Árbol presente en todos los países mediterráneos y característico de la flora de esta área, es autóctono en España, donde forma los pinares de mayor extensión, casi medio millón de hectáreas, y donde su piñón ha sido consumido por el hombre desde tiempos del neandertal, en los últimos, al menos, 150.000 años (M. Cortes Sánchez, com. pers.). En España vegeta desde la orilla del mar hasta más de 1.000 m de altitud; es resistente a la sequía y sensible a las fuertes nevadas, siendo la meseta norte castellana donde vegeta en un clima continental más extremo. En cuanto a suelo, es una especie frugal, que prefiere suelos profundos, ligeros, neutros (aunque tolera un amplio intervalo de pH y caliza activa) y con buena

permeabilidad; soporta los pedregosos y se desarrolla peor sobre los compactos, arcillosos o margosos (Prada *et al.*, 1997).

Aparte del gran interés por su piñón, las masas de pino piñonero tienen un alto valor ecológico, paisajístico y de conservación, destacando su capacidad para colonizar terrenos arenosos, tanto en interior como en zonas de litoral, que le confiere un importante papel como estabilizador de suelos frente a la erosión. En la actualidad, este papel protector se compagina con un creciente uso recreativo del pinar abierto y luminoso.

Aunque la recogida de piña es el principal aprovechamiento comercial de los pinares de piñonero -por delante de su madera, que se destina sólo a uso industrial, embalaje (palés) o biomasa-, este aprovechamiento encuentra algunas dificultades en aquellos pinares que tradicionalmente mantienen espesuras excesivas para una especie de luz. El resultado de esta silvicultura son unas copas elevadas y de reducido tamaño, que producen pocas piñas. La recogida del fruto requiere profesionales especializados, debido a que la escalada del árbol para cosechar

las piñas es una operación difícil y peligrosa, razón por la que en los últimos años se está imponiendo por razones de seguridad laboral y costes la cosecha mecanizada con máquinas vibradoras. En otros pinares, la silvicultura de la especie ha cambiado conceptualmente en las últimas décadas, basándose en la investigación y experimentación científica, para lograr unas masas más abiertas desde las primeras edades, favoreciendo el desarrollo de copas amplias, soleadas y vigorosas, garantes de una buena producción de piña (Gordo *et al.*, 2009).

Aun así, la pronunciada vecería (irregularidad entre cosechas anuales) y la incidencia de plagas endémicas como *Pissodes validirostris* y *Dioryctria mendacella* y, en los últimos años, de la plaga invasora exótica *Leptoglossus occidentalis*, la chinche de la piña, limitan considerablemente la producción nacional de piñón mediterráneo, quedando en segundo lugar muy por detrás de Portugal, que ha aumentado sus exportaciones de piñón en los últimos años.

La razón de esta diferencia entre los países vecinos está en otra innovación destinada a dar solución a los problemas de producción limitada de piña: su aprovechamiento en sistemas agroforestales. Así, la especie está teniendo un auge espectacular en Portugal, donde en los últimos 40 años ha pasado de ocupar 40.000 a 175.000 ha debido al declive del pino marítimo por el nematodo, al que el piñonero parece ser resistente incluso en masas mixtas, y la excelente perspectiva económica que el precio cada vez más elevado -cuando no exorbitado- del piñón ofrece al propietario privado.

Arriba: detalle de injerto en yema terminal con púa de ejemplar seleccionado
Debajo: fructificación en un ejemplar de poco más de un metro de altura en el banco clonal de Tordesillas (Valladolid)

Abajo: recogida de piñas mediante mecanización en el rodal selecto de Tordesillas

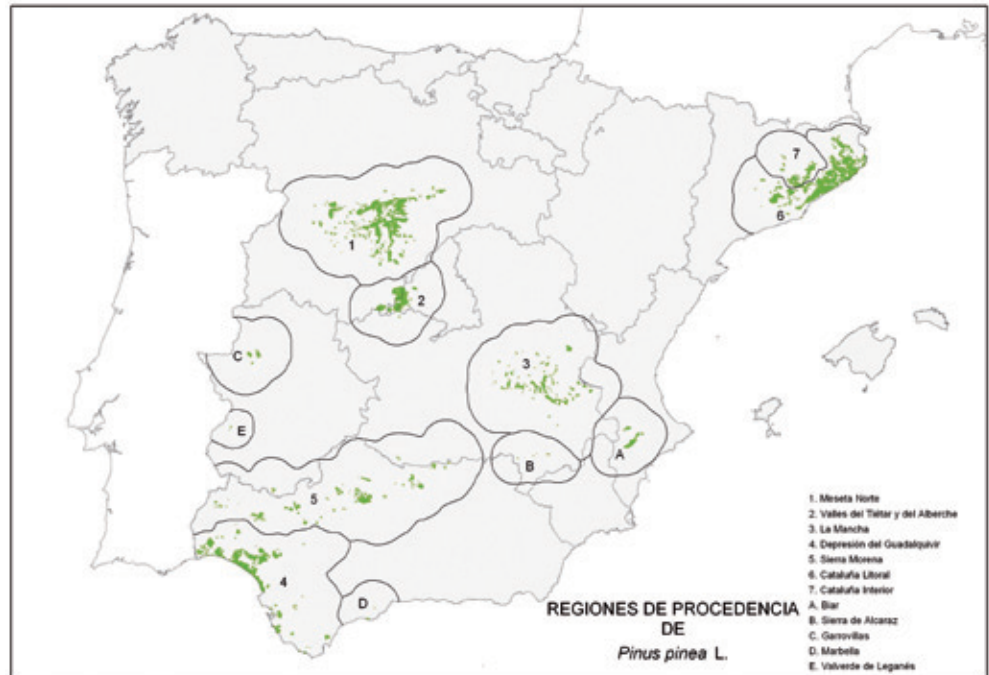


**PROGRAMA DE MEJORA
GENÉTICA DEL PIÑONERO.
NUEVAS PERSPECTIVAS
FRENTA A
LOS APROVECHAMIENTOS
TRADICIONALES**

El cultivo a densidades bajas, aplicando criterios de selección genética para la obtención de individuos altamente productivos mediante el injerto y el uso de técnicas de injertado masivo de jóvenes repoblaciones o del regenerado natural, permite adelantar considerablemente la entrada en producción de las nuevas masas a las 5-10 años. Además, la integración de la cadena de valor en Portugal retiene cada vez más plusvalía del procesamiento de una piña que hace pocos años todavía se vendía barata a las industrias piñeras españolas.

Por el interés económico en su producción de piña, el programa de mejora del pino piñonero centra como criterio de selección el incremento de este aspecto. Los trabajos de mejora remontan a finales de los ochenta, bajo la dirección de Gabriel Catalán Bachiller, mediante la colaboración de la actual Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal con la Universidad Politécnica de Madrid, con el objetivo fundamental de la obtención de individuos grandes productores de piñón (Iglesias, 1997). En paralelo, desde 1989 se firmaron también convenios complementarios entre la UPM y las comunidades autónoma de Castilla y León y Andalucía. El programa, al igual que los realizados en nuestro país para el resto de las especies de pinos, tiene como base inicial de las actuaciones el estudio de la variación genética intraespecífica, mediante la delimitación de Regiones de Procedencia. Estos trabajos culminan con la publicación de la monografía "Regiones de Procedencia. *Pinus pinea*" (Prada et al., 1997). Posteriormente, la Resolución de 27 de abril de 2000 de la Dirección General de Agricultura da valor legal a este trabajo publicando el Catálogo Nacional de las Regiones de Procedencia, que incluye once correspondientes a *Pinus pinea*, cuatro de ellas de área restringida.

En paralelo, se instalaron en España, a mitad de los años noventa, cuatro parcelas de un ensayo internacional de la especie auspiciado por la FAO, que compara procedencias de toda su distribución mundial desde Portugal hasta Turquía y



Líbano, y cuenta con réplicas en otros países. A su vez, en 1998 se instaló en la meseta Norte un ensayo comparativo con plantas obtenida de semilla selecta de los rodales registrados en Castilla y León. Casi veinte años después, estos ensayos han permitido comprender mejor la genética de poblaciones de la especie, revelando una muy baja diferenciación entre rodales, regiones e incluso entre países alejados. Muy al contrario, la alta plasticidad fenotípica de todo el material ensayado no ha manifestado ninguna inadaptación, con una diferenciación solo muy somera entre las procedencias más septentrionales o de interior y aquellas costeras del sur de España, Francia o Turquía.

Una vez determinadas las regiones, las actuaciones principales del mencionado programa e iniciativas similares a escala autonómica han sido las siguientes:

- Delimitación de fuentes semilleras y definición de rodales selectos en las regiones de procedencia de la especie para obtención de semilla y planta como material forestal de reproducción de categoría identificado y seleccionado, destinado a reforestaciones y regeneración artificial, con el objetivo de la silvicultura multifuncional propia de sus pinares.
- Selección en monte de árboles sobresalientes en producción de piña para su inclusión en una línea más intensiva de mejora buscando producir piña en plantaciones específicas injertadas.
- Propagación de los ejemplares seleccionados mediante in-

Ensayo de rodales en Tordesillas

CLON	UNIDAD DE ADMISIÓN	CATEGORÍA MFR	SITIOS DE ENSAYO	Valor medio de mejora (% producción de piña)
CONTROLADO				
1011	Portillo-11		2	26%
1012	Portillo-12		3	20%
1073	La Vega		2	15%
1123	Íscar		2	16%
1201	Valdegalindo		2	17%
CUALIFICADO				
2004	Hoyo de Pinares		1	19%
2048	Almorox		1	19%
2068	San Martín de Valdeiglesias		1	24%
3029	El Prosencio		1	31%
3048	Pozoamargo		1	21%
3057	Casas de Haro		1	23%
3063	El Picazo		1	22%
6010	Sta. Coloma de Farners		1	9%
6015	Llagostera		1	11%
6053	Dosrius		1	9%

Tabla resumen de los clones propuestos para su inclusión en el Registro Nacional de Materiales de Base*
En esta tabla no están incluidos los clones que se autorizarán como resultado del Programa de Mejora de pino piñonero en Andalucía (Castaño et al., 2004).

jerto en bancos clonales según diseños estadísticos que permitan segregar la componente genética de la ambiental a partir de réplicas (ramets) de los clones candidatos.

- Seguimiento durante una serie de años y evaluación genética de los clones en estos bancos para seleccionar clones genéticamente superiores con respecto al carácter seleccionado de producción de piña y piñón. Para mantener la ganancia genética deben usarse métodos de reproducción vegetativa vía injerto, produciendo réplicas clonales de estos genotipos sobresalientes, como si de una multivariedad frutal se tratase.

La evaluación de los clones se basó en la producción individual de piña y piñón de cada árbol hasta 2012, es decir, entre nueve y quince cosechas según el año de instalación de cada banco clonal. Para estimar el valor genético de cada clon fue necesario ponderar la producción de sus ramets según el tamaño del árbol y el efecto de microsítio, factores muy influyentes y heterogéneos que enmascararon su valor de mejora clonal.

Establecidos los modelos que permiten estimar el valor de mejora de cada clon, descontadas las fuentes de variación ambiental (Mutke et al., 2005, 2007), como resultado se ha propuesto para su inclusión en el Registro nacional de materiales de base una lista de clones, que han demostrado mediante experimentación en parcelas de injertos tener una producción de piña de un 9 a un 31 % por encima de la media de cada ensayo. Estos clones servirán como proveedores de púa para injertar y establecer plantaciones comerciales de la especie.

INCLUSIÓN EN EL REGISTRO NACIONAL DE MATERIALES DE BASE DE LOS CLONES SELECCIONADOS

Pinus pinea es una especie regulada por la Directiva 1999/105/CE (transpuesta por el R. D. 289/2003, sobre comercialización de material forestal de reproducción). Esto implica que la comercialización y producción de los materiales de reproducción que se utilicen con fines selvícolas (en este caso púas para injerto o planta ya injertada) deben estar sujetos a un sistema de control de rastreabilidad que garantice su origen y su calidad genética. Cualquier material de reproducción debe proceder de un material de base autorizado, en este caso tipo clon. **Por tanto, resulta ilegal la utilización de púas para injertar procedentes de materiales de base no autorizados.**

En el caso de los materiales clonales, la normativa establece que solo podrán ser autorizados clones para producción de material forestal de reproducción de las categorías cualificado y controlado, siempre y cuando se cumplan con una serie de requisitos establecidos. Estas categorías son las propias de materiales resultantes

de un programa de mejora con un objetivo y unos criterios de selección fijados, como es el caso. No se permiten, por tanto, clones en las categorías identificado ni seleccionado.

La diferencia fundamental para materiales clonales entre las categorías cualificado y controlado es que en el primer caso se requiere que el valor de los clones a autorizar se haya demostrado mediante una experimentación suficientemente prolongada (Anexo IV 3.b del R. D. 289/2003), aunque no es necesario que esta experimentación esté apoyada sobre lo que se conoce estrictamente como ensayos genéticos; además, los materiales se autorizan con una limitación temporal o en número máximo de réplicas producidas. En cambio, para el caso de la categoría controlado se exige que se demuestre la superioridad mediante ensayos genéticos diseñados a la medida con procedimientos reconocidos internacionalmente (Anexo V del R. D. 289/2003). Dependiendo del tipo de ensayo genético establecido será necesario localizarlos en uno, dos o más ambientes para obtener resultados concluyentes. Para esta categoría, la autorización es permanente y sin limitación.

En el caso que nos ocupa, todos los genotipos seleccionados son componentes de ensayos genéticos (en sentido estricto) y, dependiendo del caso, se han ensayado en uno o en varios ambientes. La solución que se ha adoptado es la siguiente:

- para los casos de clones ensayados en dos o más ambientes se solicitará su autorización como material **controlado** con carácter permanente
- en cambio, con el objeto de actuar con prudencia, para los clones ensayados en un único ambiente la solicitud

se plantea como materiales **cualesificados** con un periodo de permanencia de diez años. Se considera que este periodo es suficiente para que se puedan evaluar los ensayos ya establecidos en segundos y terceros ambientes para pasar estos clones a la categoría de controlado en un futuro próximo.

Otro de los requisitos importantes que establece la normativa (Anexo IV 3.a del R. D. 289/2003) es que “los clones deben ser **identificables** por caracteres distintivos” para poder contrastar en caso de duda, posible error o fraude durante cualquier fase de la producción o comercialización. En nuestro caso se ha optado por basar este requisito de identificación en la caracterización genética molecular, ya que es la única que da suficientes garantías en especies de coníferas como esta, cuya caracterización morfológica distintiva es muy difícil, por no decir imposible.

Utilizando seis marcadores de microsatélites nucleares descritos en el protocolo establecido por Pinzauti *et al.* (2012) se ha obtenido el perfil molecular de los clones candidatos sobresalientes. *Pinus pinea* es una especie con una variabilidad genética escasa, lo que provoca que existan una serie de perfiles moleculares muy comunes. Por esta razón y una vez obtenidos estos perfiles, se han tenido que descartar otros candidatos que no poseen un perfil molecular único que permitiera su identificación *a posteriori*, aunque hayan demostrado ser buenos productores de piña.

Para apoyar la rastreabilidad en las fases de producción y comercialización se han establecido plantaciones en los Centros nacionales de recursos genéticos forestales gestionados por el MAGRAMA, para que sirvan como colecciones de referencia de estos clones, en cumplimiento, a su vez, del artículo 7.3 del R. D. 289/2003.

PERSPECTIVAS FUTURAS. DOMESTICAR EL PINO DOMÉSTICO

Una vez incluido en el Registro nacional de materiales de base los clones élite de la especie, el siguiente paso es dar de alta a aquellas parcelas con réplicas de estos clones

como **campos de planta madre** donante de púas para su uso comercial. De hecho, los primeros campos de planta madre van a ser los mismos bancos clonales que han servido para evaluar los clones grandes productores de piña.

A corto plazo, estos campos de cepas madre de organismos públicos proveerán la púa para injertar a viveros forestales privados para que estos produzcan la planta injertada de pino piñonero que el sector forestal de hecho está demandando desde hace años, con especial interés entre los propietarios forestales de las comarcas centrales de Castilla y León y del litoral catalán. A medio plazo, y según el desarrollo comercial que vaya teniendo este nuevo cultivo frutal, deberá plantearse pasar el testigo al sector privado, siendo los propios viveristas quienes a partir de púa o plantón injertado de calidad, facilitado por los centros públicos autorizados, establezcan y den de alta campos de cepas madre propios para abastecer la demanda, ofreciendo al consumidor una planta injertada de calidad.

Una labor fundamental tras la disponibilidad de estos materiales es la de transmitir los conocimientos adquiridos desde el ámbito académico al sector a través de la extensión forestal, misión que deberán realizar los centros públicos y administraciones que han trabajado en el programa de mejora, de modo que haciendo esta transferencia permita poner los resultados del I+D+i de financiación pública a disposición de la economía productiva. Como nuevas líneas quedan por desarrollar estudios de fruticultura específica encaminados a optimizar el manejo de las plantaciones injertadas de piñonero (manejo de injertos en vivero, densidad, podas, riego, fertilización, manejo integral de plagas, integración en sistemas agroforestales, calidad del piñón, etc.), posiblemente en colaboración con los propios actores del sector como primeros interesados en este desarrollo, propietarios y asociaciones forestales, viveristas, industria procesadora, etc.

En las plantaciones experimentales injertadas existentes se han obtenido producciones de piña cerrada por encima de 1.000 kg/ha a partir de los diez años, entre dos y cinco veces superior a la producción de una repoblación convencional de más del triple de edad, aunque con la incertidumbre



Rodal seleccionado en Hinojos (Huelva)



Fructificación en planta injertada

del escenario actual de pérdidas de rendimiento en piñón en blanco por el síndrome de la seca de la piña (Calama *et al.*, 2014). Si además partimos del dato de que los mejores pinos injertados de los ensayos han rendido en años de buena cosecha 12-15 kg de piña antes de alcanzar los diez años tras injerto, se podría extrapolar cosechas de 3-4 t/ha si con la selección clonal correspondiente y una fruticultura adecuada se lograra igualar la media de la plantación a estos individuos sobresalientes. Los marcos de plantación deberán permitir la mecanización -al menos 6 m entre calles- y las densidades orientativas entre 150 y 275 árboles/ha.

Otro aspecto que todavía requiere más investigación es la interacción genotipo-ambiente, es decir, el hecho de que no en todas las regiones o comarcas agroclimáticas resultan ser los mismos clones los más productivos, en similitud con cultivares de especies agrícolas. En los ensayos analizados algunos clones han destacado por su producción en el sitio de ensayo más continental (casi 900 m de altitud en el este de Valladolid), pero no se diferenciaban significativamente del promedio del ensayo más mediterráneo (600 m de altitud al sur del Sistema Central en un clima mediterráneo genuino), y viceversa, ocupando una posición intermedia en la parcela de Tordesillas (geográficamente más cercana a la primera, pero a solo 670 m de altitud) (Mutke *et al.*, 2007). Este intervalo de los valores clonales entre las tres parcelas parece expresar cierto gradiente climático continental-mediterráneo, igual que se observa cierta diferenciación entre clones para dos ensayos clonales situados en las llanuras costeras andaluzas (Huelva y Cádiz) frente a otros dos en Sierra Morena (Huelva y Córdoba).

Por ello, los clones españoles propuestos en 2014 para su autorización como materiales de base de categoría controlado comprenden solamente aquellos que hayan estado claramente por encima de la media en todos los ensayos en los que fueron evaluados. Pero ni parece lo suficientemente amplio el intervalo de condiciones ensayadas dentro del área potencial de la especie ni conocemos esta interacción para aquellos otros clones que se autorizarán ahora dentro de la categoría cualificado, justamente por contar solamente

con un sitio de ensayo evaluado. Parece claro que a falta de mejor información deberían probarse siempre toda la gama de clones disponibles a la hora de establecer una plantación injertada, conservando por documentación/croquis o etiquetado la identidad genética de cada árbol, para que sea la propia experiencia del fruticultor la que le permita avanzar en la caracterización empírica del material genético.

En definitiva, poner a disposición de propietarios forestales o agricultores materiales de base de pino piñonero legalmente admitidos para el uso de la especie en plantaciones injertadas ha sido el primer paso necesario e imprescindible, pero debe enmarcarse en el desarrollo tecnológico de este cultivo para permitir su optimización.

Finalmente, el Reglamento (UE) 1305/2013 relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) plantea entre sus medidas algunas que pueden ser susceptibles de incorporar estas actuaciones. En particular el At.º 26 Inversiones en tecnologías forestales y en la transformación, movilización y comercialización de productos forestales. En este contexto se podrían plantear como inversiones en equipamientos y operaciones que incrementen el valor económico de los recursos y garanticen la rentabilidad de los productos y la estabilidad de los mercados, lo que puede suponer un fuerte impulso a la puesta en marcha de este nuevo tipo de cultivo forestal. **F**



Extracción de piñón en sequero solar para producción de material de reproducción

Referencias

- CALAMA R., GORDO J. (coord.), CONDE M., MADRIGAL G., MUTKE S., PARDOS M., GARRIGA E., MONTERO G., FINAT L., MARTÍN R., CUBERO D., 2014. Pérdidas de rendimiento de piña y piñón en las masas de *Pinus pinea*. Jornada presentación proyecto PROPINEA, Pedrajas de San Esteban, 21 noviembre de 2014.
- CASTAÑO J.R., OLIET M.E., ABELLANAS B., BUTLER I., COSANO I., LUENGO J., GARCÍA J., CANDELA J.A., 2004. Puesta en valor de los recursos forestales mediterráneos: el injerto de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Manuales de restauración forestal 9, Junta de Andalucía, Sevilla, 248 pp.
- GORDO J., CALAMA R., ROJO LI., MADRIGAL G., ÁLVAREZ-MUÑOZ D., MUTKE S., MONTERO G., FINAT L. (2009). Experiencias de claros en masas de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte. 5.º Congreso Forestal Español 'Montes y Sociedad: Saber qué hacer', Ávila, 21-25 de septiembre de 2009. Actas: 5CFE01-172.
- IGLESIAS S. (1997), Programa de mejora genética de *Pinus pinea*. Cuadernos de la S. E. C. F., N.º 5, marzo 1997, pp. 217-224
- MUTKE S., GORDO J., GIL L. (2005). Cone yield characterization of a Stone pine (*Pinus pinea* L.) clone bank. *Silvae Genetica* 54(4/5): 189-197
- MUTKE S., IGLESIAS S., GIL L. (2007). Selección de clones de pino piñonero sobresalientes en la producción de piña. *Invest. Agr.: Sist. y Recur. For.* 16(1): 39-51.
- PINZAUTI F., SEBASTIANI F., BUDDÉ K.B., FADY B., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., VENDRAMIN G.G., 2012. Nuclear microsatellites for *Pinus pinea* (Pinaceae), a genetically depauperate tree, and their transferability to *P. halepensis*. *Am. J. Bot.*: e362–e365.
- 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. OA Parques Nacionales, Madrid [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/Pinus_pinea_tcm7-22954.pdf]

Foresta



Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales. N.º 62

*Emisión de CO₂
de troncos de varias
especies arbóreas*

*Reducción de vulnerabilidad
y adaptación
al cambio climático*

*Persistencia a largo plazo
de las dehesas*

*El Jardín botánico de Madrid:
un calendario natural II*

Especial

**Aprovechamientos
forestales
no maderables**