

CENTRO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS FORESTALES *PUERTA DE HIERRO*



INTRODUCCIÓN

Entre las competencias de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, figura la elaboración y desarrollo, conjuntamente con el resto de las administraciones Públicas, de los Planes de Mejora y Conservación Genética Forestal de carácter nacional. A través del Servicio de Material Genético se promueven y coordinan actuaciones y estudios dirigidos al conocimiento de los recursos genéticos forestales, tanto para su mejora como para su conservación.

Para la ejecución de los diferentes programas se creó a principios de los años ochenta la llamada Red de Centros de Mejora Genética Forestal, donde se centralizaban los trabajos y se situaban las principales plantaciones de mejora y conservación. La aprobación de la Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Genéticos Forestales (en adelante Estrategia) en el año 2006 ha supuesto un respaldo significativo a esta red, al reconocerlos como una herramienta fundamental para su desarrollo. Los centros ampliaron sus funciones y pasaron a denominarse Centros Nacionales de Recursos Genéticos Forestales. Actualmente la Red cuenta con cuatro Centros: *El Serranillo* (Guadalajara), *Valsaín* (Segovia), *Puerta de Hierro* (Madrid) y *Alaquàs* (Valencia).

Los centros permiten la realización de actividades dirigidas a la conservación y mejora de las especies incluidas en los distintos Programas Nacionales, así como otras actividades como la producción de semilla comercial para su empleo en repoblaciones, conservación *ex situ*, así como apoyo a trabajos de investigación en colaboración con otros organismos.

Para mejorar su eficacia y dependiendo de su localización y las infraestructuras de que disponen, estos centros se han especializado, centrandos su actividad en las diferentes líneas de trabajo desarrolladas en el marco de la Estrategia. El hecho de formar parte de una red aporta coherencia y coordinación al conjunto y hace que los diferentes centros se complementen unos a otros.

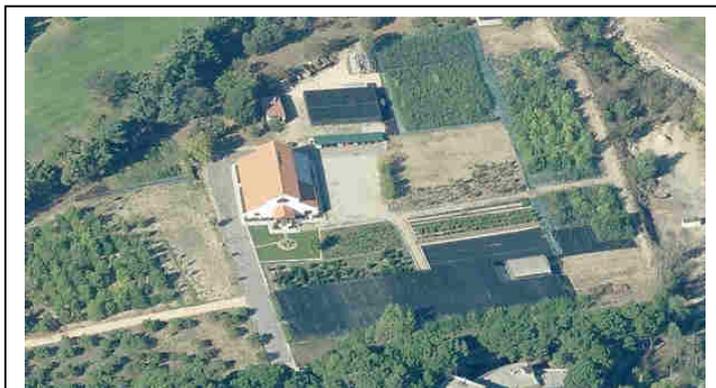
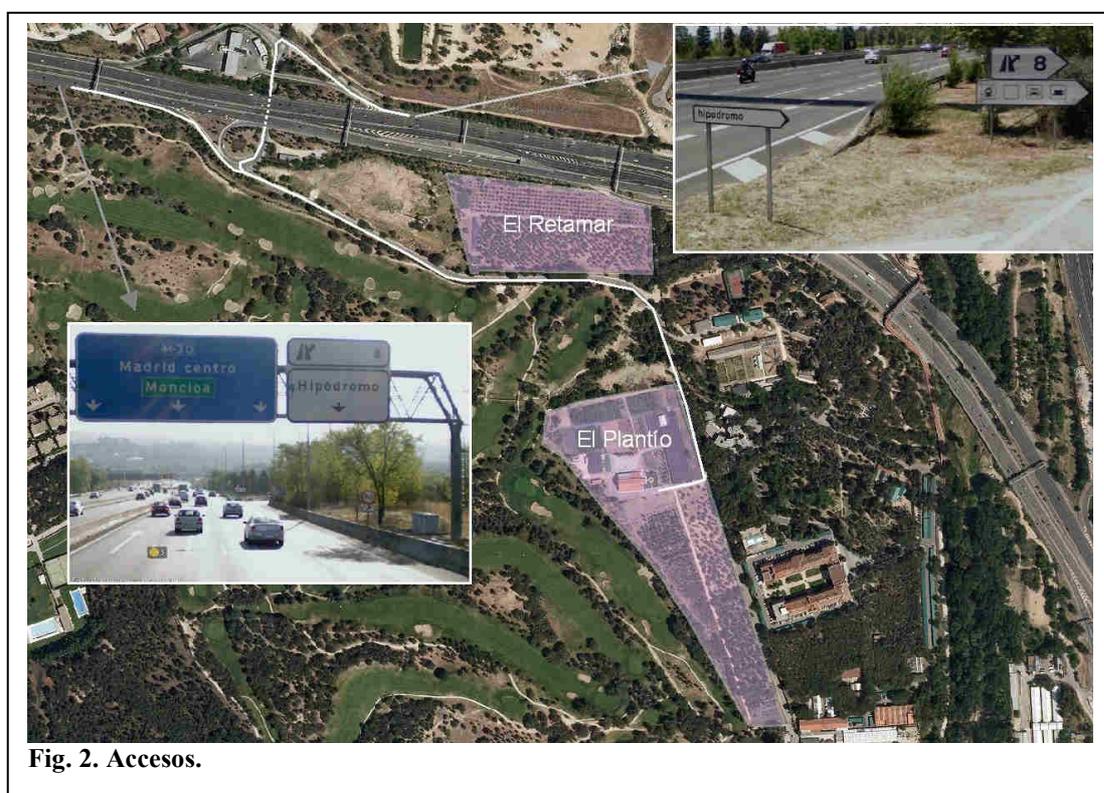


Fig. 1. Vista aérea.

El Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales *Puerta de Hierro* está especializado en conservación de recursos genéticos forestales de especies de alto interés y ejecución de programas de mejora genética forestal. Las especies sobre las que más se ha trabajado son olmos, pino piñonero, pino laricio, tejo, chopos y alcornoque.

LOCALIZACIÓN

El centro está situado en la zona de Puerta de Hierro del municipio de Madrid (Carretera de la Coruña Km 7,5, salida 8 de la A-6) en frente del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA). Tiene una superficie total de 7,44 hectáreas divididas en dos parcelas, denominadas “El Retamar” y “El Plantío de los Infantes”, en esta última está situado el edificio principal del centro.



INFRAESTRUCTURAS

El Centro cuenta con las siguientes infraestructuras:

- **Edificio principal:** Consta de oficina, laboratorio y cámara de polinización, sala de control de invernaderos, sala de reuniones, sala polivalente para exposiciones, actos y reuniones, almacenes y zonas de servicio para el personal.



- **Infraestructuras para el cultivo en condiciones controladas:** el Centro dispone de un invernadero, una cámara de propagación y cultivo adosada al edificio principal, dos umbráculos para aviveramiento y endurecimiento de planta.



- **Eras de cultivo y parcelas** para el establecimiento de plantaciones: ensayos, bancos de conservación y campos de cepas madre.
- **Otras infraestructuras:** pozos y depósitos.



LÍNEAS DE TRABAJO

➤ CONSERVACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS

Conservación de los Olmos Ibéricos

El olmo ha sido durante siglos una de las especies más emblemáticas de la Península Ibérica. Tras la introducción de la grafiosis (*Ophiostoma novo-ulmi*) en España a mediados del siglo XX y como respuesta a su impacto devastador en las olmedas, se inició en 1986 el Programa Español de Conservación y Mejora de los olmos ibéricos, que se viene desarrollando en colaboración con la E.T.S.I. de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid. Los programas de conservación, mejora y selección de individuos resistentes son la mejor alternativa a largo plazo para la supervivencia de los olmos.

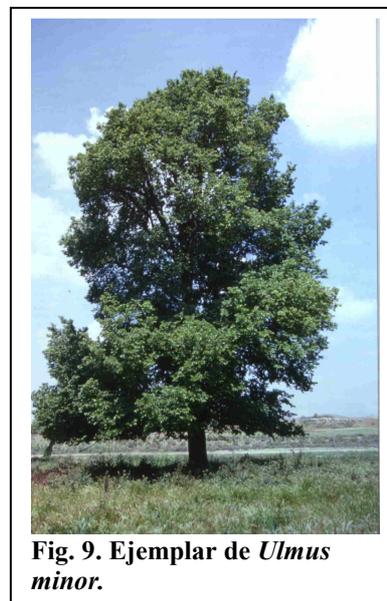


Fig. 9. Ejemplar de *Ulmus minor*.

Diversos estudios han complementado los trabajos de conservación. Se ha evidenciado el origen clonal e italiano del llamado olmo inglés (*Ulmus procera*), ampliamente difundido por los romanos hace 2.000 años, y el carácter autóctono del negrillo (*U. laevis*). Se ha profundizado, entre otros, en el conocimiento de la diversidad genética del patógeno, la ecología del vector y los factores implicados en la resistencia a la enfermedad

.La conservación de los recursos genéticos de los olmos ibéricos se realiza mediante la propagación (sexual y vegetativa) de los ejemplares seleccionados en campo y su posterior plantación en **bancos de conservación**. Además de la conservación de la variabilidad genética de la especie, estas plantaciones permiten el estudio de otros aspectos biológicos y ecológicos. Se trata de bancos de conservación ex situ en los que están representados ejemplares de todo el ámbito de distribución de la especie en España, con la intención de no perder diversidad genética de los olmos ibéricos. El banco de conservación de Puerta de Hierro comenzó a plantarse en 1992 y actualmente tiene una superficie de 7.000 m² repartida en tres sectores. El material vegetal actualmente está constituido por 416 ejemplares de 235 genotipos diferentes.



Fig. 10. Banco de conservación.

Para el mantenimiento de esta colección se realizan cuidados culturales (podas, desbroces y tratamientos fitosanitarios) con el objetivo de evitar la pérdida de ejemplares por grafiosis, otras enfermedades o plagas. Además, se van introduciendo nuevos genotipos sustituyendo las marras que se producen.

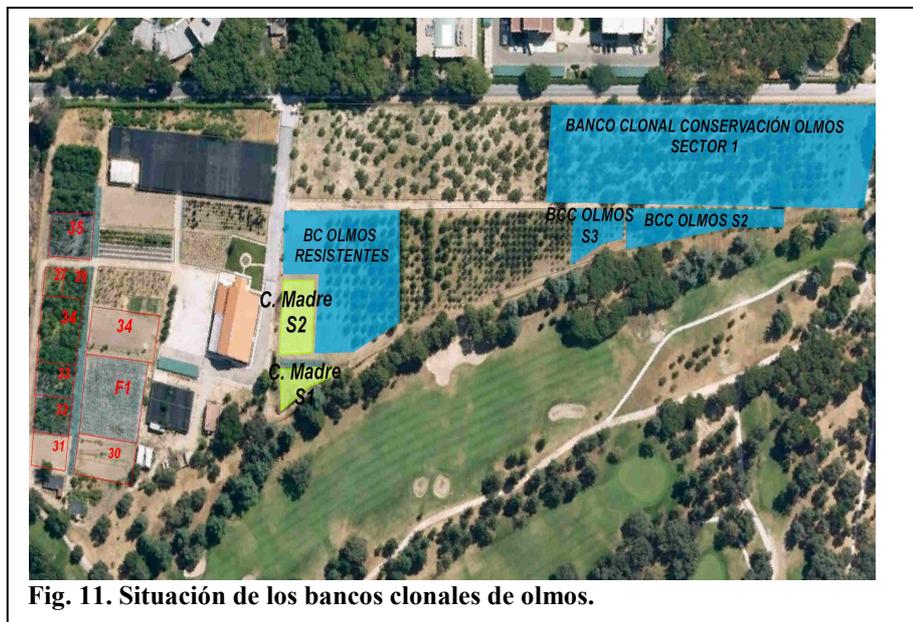


Fig. 11. Situación de los bancos clonales de olmos.

Conservación de recursos genéticos de *Taxus baccata* L.

El tejo (*Taxus baccata* L.) es una conífera de la familia Taxaceae propia de zonas montañosas, con ambientes frescos y húmedos. Puede alcanzar un porte de hasta 20 metros de altura y diámetros de 1,5 metros. Es una especie muy longeva que puede superar los 1.500 años, cualidad que probablemente le confirió el carácter de árbol sagrado en los pueblos celtas que usaban el tejo en sus rituales, como símbolo de la inmortalidad o como vínculo con los antepasados y la tierra.

En nuestro país el tejo se distribuye por casi todas las cadenas montañosas de la Península y Baleares (Mallorca), siendo más frecuente en la mitad norte y ausente en el cuadrante suroccidental y Canarias. Raramente forma

tejas en sentido estricto, siendo más común encontrar ejemplares aislados o formando rodales dentro de otros bosques, como hayedos, robledales, abetales o pinares de media montaña.



Fig. 12. Ejemplar singular de tejo (Asturias) propagado dentro del programa.

Aunque el tejo no esté incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, si goza de protección en algunas CCAA que lo han incluido en sus respectivos catálogos regionales. Además, el tejo se encuentra entre las especies consideradas como prioritarias en la Estrategia Española para la Conservación y Uso sostenible de los recursos genéticos forestales (ERGF), lo que implica su inclusión en alguno de los Planes Nacionales que se establezcan y la determinación de medidas de conservación para de la especie.

Teniendo en cuenta la situación de esta especie y su vulnerabilidad, se inició en el año 1992 un programa para la conservación de los recursos genéticos del tejo. Los objetivos del Plan de Conservación de *Taxus baccata* L. incluyen:

- Inventario de las tejas existentes
- Caracterización ecológica
- Selección y recolección de material de propagación
- Propagación vegetativa
- Establecimiento de bancos de conservación ex situ
- Manejo de los bancos. Obtención de plantas para ser reintroducidas con garantía de origen en las tejas originales.

En la Red de Centros Nacionales de Recursos genéticos Forestales se realizan las labores relacionadas con los tres últimos puntos anteriores. En la actualidad el programa cuenta con una colección de más de 300 genotipos clonados mediante propagación vegetativa procedentes de tejas ubicadas en las siguientes Comunidades Autónomas: Andalucía, Aragón, Asturias, Castilla la Mancha, Castilla y León, Cataluña. Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia, La Rioja, Madrid, Navarra y País Vasco.

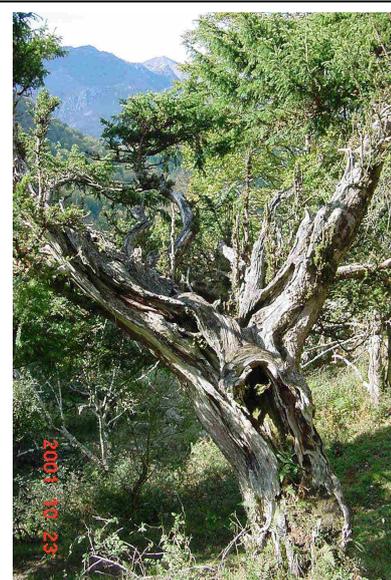


Fig. 13. Ejemplar de tejo en mal estado



Fig. 14. Recogida de estaquillas



Fig. 15. Banco de conservación de Tejo

Con este material se han creado tres bancos clonales de conservación ubicados en Puerta de Hierro (Madrid), Valsaín (Segovia) y Lourizán (Pontevedra), lo que supone una garantía de conservación de una buena parte de la biodiversidad de la especie en nuestro país y cuyo objetivo último es la obtención de material para ampliar el número de efectivos en las tejas con ejemplares del mismo origen.

En concreto, en el CNRGF *Puerta de Hierro* se conservan 133 genotipos, con al menos 5 repeticiones por genotipo. La colección es conservada principalmente en parcelas de cultivo aunque también se mantienen ejemplares en envase. Además, todos los años se realizan campañas de estaquillado con el objetivo de ampliar la colección y de reposición de marras.



Fig. 16. Preparación e estaquillas



Fig. 17. Estaquillado

Conservación de recursos genéticos de *Quercus suber*.

Se trata de un ensayo internacional de procedencias de alcornoque (*Quercus suber*) con el objetivo de obtener un mejor conocimiento de los aspectos adaptativos de la especie. Se trata de una red de ensayos instalada en todos los países suberícolas. El programa cuenta con tres plantaciones en España: una en Monfragüe (Cáceres), otra en Selladores (Jaén) y la última en el propio Centro de Puerta de Hierro.



Fig. 18. Ensayo de procedencias de *Quercus suber*

Los objetivos generales del programa fueron:

- Establecer los patrones de variación de rasgos fenotípicos con valor adaptativo. Estudiar la variabilidad de distintas procedencias de *Quercus suber* L. en fases juveniles con especial atención a sus adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento frente a la sequía y el frío
- Establecer los niveles y la estructuración geográfica de la variación molecular, tanto nuclear como citoplasmática, en las especies esclerófilas del género *Quercus*.
- Establecer los principios que deben orientar los planes de manejo y conservación de las especies, basados en el conocimiento de la variabilidad existente y los procesos que la han configurado
- Establecer la variación citoplasmática de las especies esclerófilas (*Q. ilex*, *Q. suber*, *Q. coccifera*) y la extensión de la introgresión entre ellas.

La plantación establecida en el Centro se mantiene como parcela de conservación de recursos genéticos y cuenta con una colección compuesta por 19 orígenes geográficos (12 españolas, 2 italianas, 2 marroquíes y 3 portuguesa) y tiene una superficie de 576 m²

Conservación de recursos genéticos de *Populus* spp

En el ámbito de este programa, que se lleva a cabo en colaboración con el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), el Centro cuenta con una colección de híbridos de *Populus*, conservada en envase con el objetivo de propagarlo para establecer nuevas parcelas de estudio y con un ensayo clonal de híbridos *Populus alba* x *Populus deltoides* para estudios de producción y resistencia a ambientes adversos.



Fig. 19. Ejemplares de *Populus* híbridos en contenedor

➤ MEJORA GENÉTICA FORESTAL

Programa de mejora genética de los olmos ibéricos para la obtención de clones resistentes a la grafiosis.

En sus comienzos, el Programa se centró en incrementar la resistencia del olmo común (*Ulmus minor*) mediante su cruzamiento con olmos asiáticos resistentes a la enfermedad. Tras observarse que, si bien muy escasos, ciertos individuos autóctonos mostraban resistencia, el programa priorizó la mejora de olmos ibéricos con el fin de formar una base genética suficiente para devolver el olmo a aquellas zonas riparias en las que antaño dominaba. Tras 25 años de mejora en los que se han evaluado varios miles de genotipos, los primeros olmos ibéricos resistentes están en proceso de inclusión en el Catálogo Nacional de Materiales de Base, lo que permitirá su reintroducción en los bosques ibéricos.

Fases del Programa:

Periodo	Objetivo
1986-1989	Toma de contacto con los principales agentes implicados en el complejo grafiosis (olmo, vector y patógenos).
1990	Conservar los recursos genéticos existentes de los olmos ibéricos.
1993	Obtener olmos resistentes mediante ciclos de mejora genética utilizando olmos asiáticos como fuente de genes de resistencia.
1996-2001	Colaborar con 14 instituciones europeas a través de un proyecto coordinado para la conservación de los recursos genéticos de los olmos europeos.
1998	Identificar la variabilidad genética, procedencia y ecología de los olmos ibéricos y obtener genotipos ibéricos resistentes.
2003	Estudiar los caracteres implicados en la resistencia de los olmos ibéricos y su heredabilidad
2009	Catalogar los olmos ibéricos resistentes como materiales de base para la producción de material forestal de reproducción certificado.

El ciclo de mejora comienza con la recolección de material vegetal, procedente de ejemplares en campo, de gran porte y que no muestran síntomas de afección de la enfermedad. Bien sea mediante propagación vegetativa o sexual, el material recogido se cultiva en las instalaciones del Centro y transcurrido el tiempo necesario se planta en **parcelas de ensayo**.

En estos ensayos se pretende comprobar el nivel de tolerancia mediante la inoculación artificial de la enfermedad y su posterior evaluación del nivel de marchitamiento mostrado. Tras dos ciclos

de inoculación consecutivos, los ejemplares que superan los requisitos establecidos son incorporados al Programa de Mejora.

La superficie disponible para este tipo de parcelas en el Centro es de más de 2.500 m². y actualmente el número total de ensayos realizados asciende a 36.

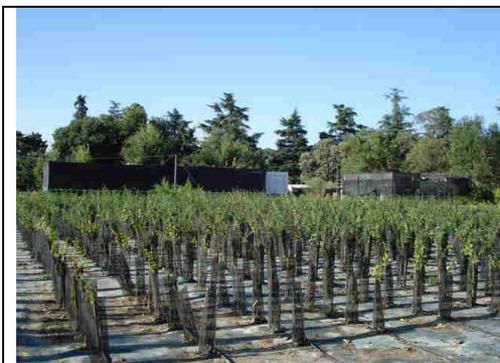


Fig. 20. Parcela de ensayo



Fig. 21. Detalle de inoculación

Los ejemplares que han demostrado un alto grado de tolerancia tras la inoculación de la enfermedad, se propagan y se plantan en el **Banco clonal de individuos resistentes**. Estos individuos son conservados para posibilitar la realización de diferentes ensayos y operaciones incluidas en el ciclo de mejora, como por ejemplo: cruces controlados (generaciones de mejora F1), estudios de heredabilidad, caracterización (morfológica, estética, genética, etc...), y propagación.



Fig. 22. Brinzales de *Ulmus sp.*

Actualmente está constituido por cien genotipos, pero este banco se va ampliando progresivamente según se van obteniendo olmos resistentes en ciclos de mejora. Aquellos clones que se consideren de especial interés para la recuperación de las olmedas pueden ser autorizados como material de base e incluidos en el Registro Nacional de Materiales de Base. De esta manera podrán ser reproducidos y reintroducidos en sus hábitats naturales para ayudar a la recuperación de la especie. Actualmente siete de estos clones están en proceso de autorización.



Fig. 23. Olmos en el umbráculo

Mejora Genética del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.)

El pino piñonero es una especie típica del bosque mediterráneo. Su área de distribución abarca desde Portugal a Siria y desde la Provenza hasta el norte de África. Aunque es difícil determinar el carácter espontáneo de las distintas masas, los datos arqueológicos e históricos demuestran el carácter autóctono de la especie en la Península Ibérica, donde se encuentran las masas naturales de mayor extensión de toda su área de distribución.

La rusticidad del pino piñonero, la gran variabilidad geográfica y ambiental que muestran sus masas, junto con la demanda creciente de piñón y la importancia económica de este aprovechamiento en nuestro territorio motivaron el desarrollo del Programa de Mejora Genética del Pino piñonero en España. Esta especie típicamente forestal puede llegar a utilizarse como cultivo frutal, cuyo interés económico tiene evidentes repercusiones sociales, proporcionando una alta rentabilidad en los montes poblados por esta especie.



Fig. 24. Injertando pino piñonero.

El carácter básico que se pretende mejorar se centra en la producción de fruto, tratando de conseguir individuos con alto rendimiento en piñón. El esquema de actuaciones del programa se resume en las siguientes etapas:

- Delimitación de las **regiones de procedencia**, con el fin de caracterizar las poblaciones que intervienen en la mejora de la especie. En España se han definido 12 Regiones de Procedencia.
- Establecimientos de **bancos clonales**. Se escogen individuos seleccionados en campo por su alto nivel de fructificación y se propagan vía injerto.
- Selección de **clones productivos**. El objetivo es seleccionar dentro de los bancos clonales los genotipos más productivos en condiciones de cultivo homogéneas y descartar aquellos menos productivos o con gran variación intraclonal.



Fig. 25. Banco clonal de *Pinus pinea*

Los bancos clonales establecidos en el CNRGF *Puerta de Hierro* ocupan un total de 26.367 m² son los siguientes:

- Banco clonal de la región de procedencia **Cataluña Litoral** (90 genotipos).
- Banco clonal de la región de procedencia **Valles del Tietar y del Alberche** (90 genotipos).
- Banco clonal de la región de procedencia **La Mancha** (78 genotipos).
- Banco clonal de la región de procedencia **Meseta Norte** (73 genotipos).

Estos bancos clonales se mantienen mediante cuidados culturales y sirven a modo de parcelas de ensayo para estudios fenológicos (floración y fructificación) y, sobre todo, para la evaluación de la producción de piñón de cada genotipo mediante el conteo y pesaje de las piñas, extracción y pesaje de piñones. En la actualidad ya se han seleccionado varios de estos genotipos y están en proceso de autorización como clones en el Registro Nacional de Materiales de Base.



Fig. 26. Bancos clonales de *Pinus pinea* en la parcela de El Retamar

En los últimos años en los bancos clonales se está realizando un seguimiento de las poblaciones presentes y los daños ocasionados por la **chinche perforadora de las piñas** (*Leptoglossus occidentalis*, hemiptero de la familia *Coreidae*), que se alimenta succionando jugos vegetales en todo tipo de piñas de coníferas. Este insecto, proveniente de Norteamérica y que se ha extendido por toda Europa, está suscitando mucha preocupación, sobre todo en el sector productor de piñón por la merma que pueda ocasionar en las cosechas.



Fig. 27. Adulto de *Leptoglossus occidentalis* alimentándose.

Mejora genética de *Pinus pinaster* para producción de resina

El Centro cuenta con una pequeña plantación con ejemplares de *Pinus pinaster* establecida para un estudio del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Está constituida por 3 progenies obtenidas por cruces controlados de ejemplares de gran producción de resina de origen Coca (Segovia). La plantación se utiliza como ensayo para dos estudios distintos: la evaluación de la producción de resina, por un lado, y por otro, el estudio de la genómica comparativa de la especie, ya que aporta información de la estructura y variabilidad genética de las masas del centro de España.

Asimismo, se encuentran en el Centro unas copias de los progenitores del cruce controlado entre los clones “Galicia 1056” y “Oria6”. Estos ejemplares se emplean como progenie de referencia para estudios de caracteres adaptativos. Además, el clon “Oria 6” es el árbol cuyo genoma está siendo secuenciado en el marco de diversos proyectos nacionales e internacionales.



Fig. 28. Banco clonal de *Pinus pinaster*.

Los árboles han sido podados y mantenidos para su estudio. Estas progenies están siendo objeto de estudio en el proyecto nacional MAPINSEQ, en el proyecto SUSTAINPINE de cooperación transnacional entre Alemania, España, Francia y Portugal, y en el proyecto NOVELTREE. Asimismo, su estudio forma parte del proyecto europeo ProCoGen, del que el INIA es coordinador científico. Además, la colección está siendo objeto de estudio y trabajo para el desarrollo de una tesis doctoral.

Mejora genética de *Pinus nigra* para producción de madera.

El centro dispone de un huerto semillero de *Pinus nigra* compuesto por varias réplicas de 53 genotipos procedentes de la Sierra de Cazorla y Segura seleccionados en su día como “árboles plus” para producción de madera. Algunos de estos genotipos se perdieron posteriormente en origen debido a incendios forestales acaecidos en la Sierra de Cazorla. Por tanto, la conservación de estos recursos, es de enorme interés para el fomento de la producción maderera.

Actualmente existe una colaboración con la Junta de Andalucía para el establecimiento de un huerto semillero en la propia Sierra de Cazorla con material clonado mediante injerto de los

genotipos existentes en el Centro. Este huerto está en proceso de establecimiento y aún no está en producción. Durante el año 2012 la plantación andaluza ha sufrido marras y será necesario reponerlas para completar el elenco de genotipos existentes.

Las tareas que se realizan en el centro consisten en el mantenimiento de la plantación y la replicación mediante injerto de los genotipos que se han perdido por marras en el huerto semillero establecido en Andalucía. Una vez que la plantación esté completamente duplicada se podrá eliminar la plantación en Puerta de Hierro para poder aprovechar el terreno para otros programas de interés.

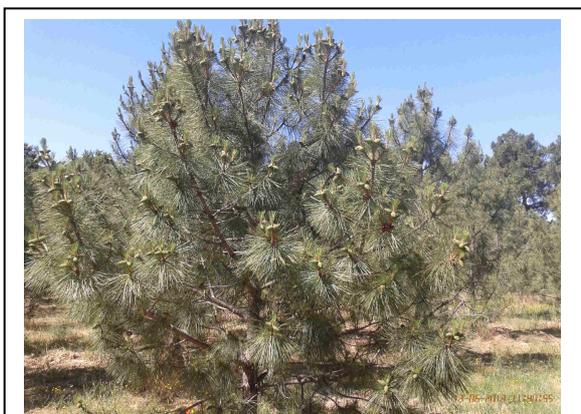


Fig. 29. Huerto semillero de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*



Fig. 30. Piñas de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*

COLABORACIONES CON OTROS CENTROS, ORGANISMOS E INSTITUCIONES

El CNRGF colabora estrechamente con otros centros y organismos, tanto a nivel técnico y de investigación, como a nivel educativo y de divulgación. En este sentido el centro es objeto de múltiples visitas de instituciones y organismos, tanto nacionales como internacionales. Las instituciones con las que existe una colaboración más estrecha son las siguientes:

- Centro de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA-CIFOR).
- Centro de Formación y Experimentación Agroforestal de Lourizán (Pontevedra). Xunta de Galicia.
- Escuela Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA).
- Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y las Villas. Junta de Andalucía.