

Recursos genéticos forestales para los bosques del futuro

Beatriz Cuenca Valera¹,
Francisco José Lario Leza²,
Luis Rodríguez Núñez³,
Laura María Luquero Ramos⁴,
Luis Ocaña Bueno⁵

¹ Dra. Ingeniera Agrónoma. Vivero de TRAGSA-Maceda.

² Ingeniero Técnico Forestal. Vivero de TRAGSA-Maceda.

³ Ingeniero de Montes. Vivero de TRAGSA-Maceda.

⁴ Ingeniera de Montes. TRAGSA-Subdirección de Soporte Técnico e Innovación.

⁵ Ingeniero Técnico Forestal. TRAGSA-Subdirección de Soporte Técnico e Innovación.

El sector forestal tiene una oportunidad con el desarrollo de la bioeconomía y la economía circular como fuente de materia prima para una economía baja en carbono, eficiente energéticamente, socialmente integradora y ambientalmente responsable. En España, su importancia es vital además para el desarrollo rural, evitando el despoblamiento y contribuyendo al control de los incendios forestales. Los recursos genéticos forestales son fundamentales para aprovechar esta oportunidad, dada su importancia para incrementar la producción y mejorar la calidad de los productos y la resistencia a enfermedades y plagas de los bosques, contribuyendo así a la sostenibilidad económica del monte y a incrementar el valor de las materias primas generadas para la transformación industrial. TRAGSA lleva casi 20 años trabajando en la selección y evaluación de árboles de los principales sistemas forestales y agroforestales españoles a fin de suministrar plantas de calidad a las repoblaciones. Se presentan los resultados de estos trabajos.

Palabras clave: Bioeconomía; biotecnología; economía circular; recursos genéticos forestales

BIOECONOMÍA, ECONOMÍA CIRCULAR Y SECTOR FORESTAL

Economía y medioambiente son realidades interdependientes. En el futuro, el bosque deberá ser una fuente de primera importancia en el suministro de materias primas para una economía que se pretende baja en carbono, eficiente energéticamente, socialmente integradora y ambientalmente responsable. En la actualidad, la sustitución de materias primas con alto impacto en su extracción y con gran demanda energética en su transformación por la madera y otros productos de base biológica tiene un gran futuro, ya que a las ventajas medioambientales y energéti-

cas se une la de constituir un interesante nicho de empleo que, en especial en nuestro país, tiene su actividad en las zonas más deprimidas y con mayores problemas de despoblamiento rural.

Las mayores necesidades de alimentos y bienes de consumo, consecuencia del incremento de la población y del nivel de vida, no pueden ser ya asumidas mediante la economía lineal, que supone la extracción de grandes volúmenes de materias primas no renovables y la generación de enormes cantidades de desechos contaminantes, con graves implicaciones para el mantenimiento de las capacidades y potencialidades de los sistemas na-

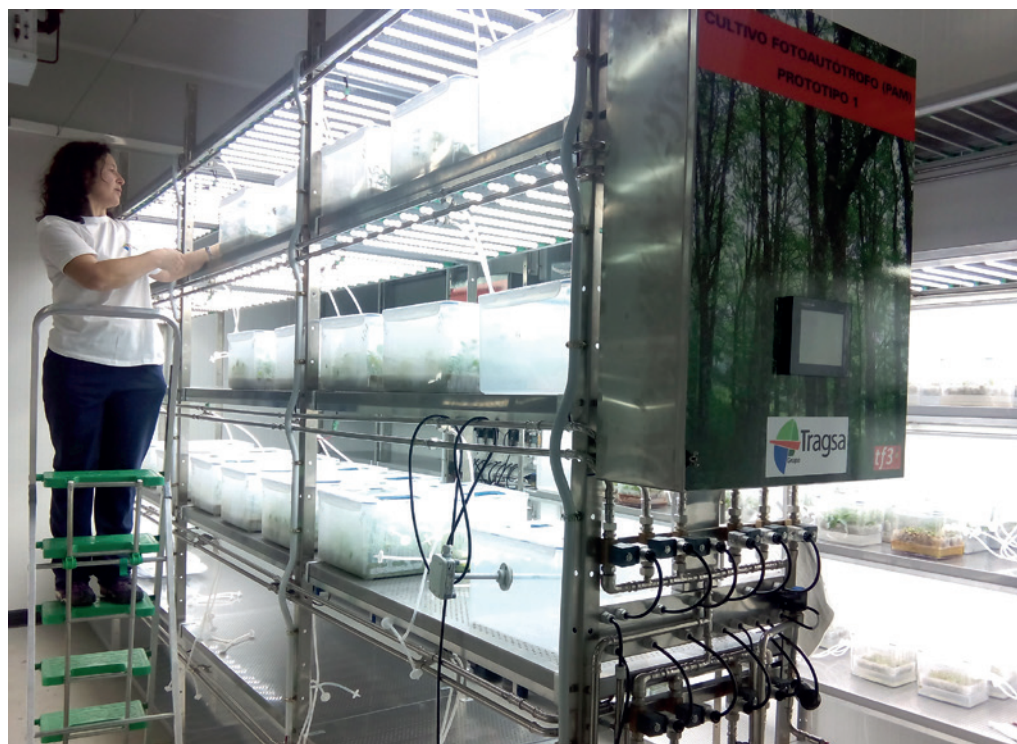
turales. Es necesario desarrollar la economía basándose en materiales renovables, que puedan ser reciclables y empleados sucesivamente en cascada, hasta que al final puedan ser quemados para recuperar su energía.

Nuestro país tiene un alto potencial de desarrollo de su producción de materias primas de origen forestal para la bioeconomía: buena parte del crecimiento de nuestros montes no se utiliza; existen importantes superficies, incluso en zonas muy productivas, sin utilizar, y es muy mejorable el rendimiento y la resiliencia de las zonas en la actualidad en uso, tanto en lo referente a la cantidad de producto como en calidad del mismo para usos de más alto valor, y, en un aspecto de gran importancia en las actuales condiciones de cambio global, en capacidad de adaptación a las nuevas enfermedades y plagas.

Es necesario promocionar la utilización del conocimiento existente, para incorporar las superficies forestales a la bioeconomía y la economía circular, tecnificando la gestión e incrementando la movilización de los recursos del monte. Entre los aspectos más importantes están los recursos genéticos forestales, con un gran potencial incentivador para la mejora de toda la cadena de valor.

NUEVOS MATERIALES PARA UNA NUEVA SELVICULTURA: SISTEMAS AGROFORESTALES, DEHESAS Y PINARES

Desde hace ya casi 20 años, TRAGSA viene desarrollando conjuntamente entre el vivero de Maceda y la unidad de I+D+i, una serie de proyectos orientados a poner a disposición de administraciones y usuarios privados materiales forestales de reproducción (MFR) de alta calidad genética, que permitan mejorar los rendimientos de nuestros bosques y sistemas agroforestales en tres de los principales ámbitos productivos del sector forestal nacional: los cultivos agroforestales; los montes de encinas y alcornoques, especialmente las dehesas, y los pinares para madera. Se ha trabajado con tres grupos de especies: los híbridos de *Castanea sativa* con castaños asiáticos resistentes a la tinta; *Quercus suber* y *Quercus ilex*,



Cultivo por micropropagación fotoautotrófica (PAM)

principales componentes arbóreos de las dehesas; y los pinos productores de madera, principalmente *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*.

Castanea sativa y sus híbridos

El objetivo de los trabajos fue la selección de ejemplares de *Castanea sativa* tolerantes a la tinta y su multiplicación para ponerlos en el mercado, incorporándose al Catálogo Nacional de Materiales de Base (CNMB) en 2013 siete nuevos clones de castaño como materiales cualificados. Estos materiales se seleccionaron como castaños del país con el objetivo de aportar al mercado materiales que se adaptaran mejor a las condiciones edafoclimáticas nacionales y respondieran mejor al injerto que los híbridos euroasiáticos. Para obtener estos materiales se prospectaron poblaciones naturales gallegas, más de 500 teselas del Inventario Forestal Nacional donde el castaño aparecía como primera o segunda especie y estaban afectadas por daños bióticos. En estas áreas se seleccionaron árboles adultos asintomáticos, de los que se recogió material para establecer in vitro, propagarlo vegetativamente y obtener múltiples copias para evaluar su resistencia y comportamiento en campo. Se ob-

tuvieron siete clones de elevada tolerancia a *Phytophthora cinnamomi*, buena compatibilidad al injerto con las variedades de fruto y vigor medio-alto, si bien su huella genética (*fingerprint*) revela que todos poseen algún alelo de las especies asiáticas, lo que pone de manifiesto la elevada introgresión genética asiática en las poblaciones naturales de castaño de Galicia, y ha determinado que tuvieran que ser catalogados como híbridos artificiales. En cualquier caso, estos siete clones se recomiendan como portainjertos en huertos de castaño, ya que son genéticamente más próximos a los del país. Los prendimientos medios obtenidos en 2017 sobre 111, 7521 y 2671, los portainjertos híbridos más habituales, fueron del 55, 50 y 57 % respectivamente, frente al 73 % de prendimiento conseguido con el clon Maceda-P011.

Quercus suber y Quercus ilex

En la línea de desarrollo de materiales para sistemas agroforestales, desde el año 2002 al 2009 se seleccionaron árboles de alcornoque en Extremadura por producción de corcho de calidad, con la ayuda de CI-CYTEX-IPROCOR. Estos árboles fueron clonados mediante embriogénesis somática, biotecnología que permitió

la producción de miles de plantas que sirvieron para el establecimiento de parcelas de ensayo. Las progenies han sido criopreservadas en nitrógeno líquido hasta la actualidad, cuando se ha dado por concluida la selección de árboles y se están preparando las fichas para la catalogación de los mejores genotipos y progenies productoras de corcho como materiales cualificados. La selección ha tenido en cuenta, además de la calidad del corcho, el vigor (crecimiento en altura y diámetro), la rectitud y la dominancia apical, buscando como objetivo que la plancha de corcho producida sea de las mayores dimensiones posibles.

En el contexto de la selección por tolerancia a enfermedades, TRAGSA trabaja en dos frentes. Por una parte, en saber cuáles de los genotipos multiplicados son tolerantes a la enfermedad de la seca. Para ello, se está procediendo a la descongelación de los mejores genotipos para evaluar su resistencia a *Phytophthora cinnamomi*, patógeno causante de la enfermedad. Esta evaluación permitirá recomendar el uso de esos genotipos, en concreto como portainjertos para la producción de variedades interesantes pero sensibles tanto de alcornoque como de encina. Por otra parte, en 2015 se hizo un muestreo en focos de seca extremeños, seleccionando árboles tanto de alcornoques como de encinas asintomáticos, de los que se tomó semilla para evaluar la resistencia a *Phytophthora cinnamomi* en las plántulas germinadas. Se evaluaron 7.500 genotipos de los que finalmente 179, correspondientes a 44 progenies (seis de alcornoque y 38 de encina) han sobrevivido a dos años de

inoculación con *Phytophthora*, y 44, correspondientes a 38 progenies (cinco de alcornoque y 33 de encina), a la combinación del patógeno y la sequía. Estos materiales se están propagando vegetativamente para establecer poblaciones de mejora y campos de ensayo que permitan disponer de datos suficientes para su propuesta al CNMB. Hasta disponer de más datos de crecimiento, vigor y fructificación, la recomendación es su empleo como portainjertos de genotipos valiosos por su corcho (alcornoque) o por su bellota (encina) o para reforestación en dehesas afectadas por la enfermedad de la seca, donde la regeneración natural es inexistente, y la inversión en reforestación elevada. La disponibilidad de estos materiales hará más eficaces estas reforestaciones de la dehesa, amortizando más rápidamente la inversión en protectores y repelentes de herbívoros.

Pinus pinaster* y *Pinus radiata

Estas especies son vitales para la mayor parte de la importante industria nacional de la madera de sierra. En las zonas más productivas de la cornisa cantábrica se está produciendo una considerable disminución de las plantaciones por la competencia del eucalipto. En este contexto, TRAGSA afrontó desde 2016 la selección y catalogación de nuevos materiales de base de *Pinus pinaster* con especiales aptitudes tecnológicas para la fabricación de productos de madera sólida. La selección se hizo por caracteres de producción (altura), calidad de fuste (rectitud) y calidad de madera (módulo de elasticidad dinámico), este último buscando que sus futuras progenies

presenten mayor estabilidad dinámica y resistencia a la rotura. La identificación de los caracteres tecnológicos se hizo de acuerdo a los requerimientos necesarios para la elaboración de frisos, tarimas y paneles aislantes, indicados por industriales y selvicultores. Estos caracteres se exploraron en una red de ocho parcelas de ensayo de veinticinco lotes comerciales de pino resinero en el oriente gallego. Finalmente, a inicios de 2018 se identificaron diez genotipos adecuados para los objetivos marcados que se pretenden proponer al CNMB para su utilización como progenitores de familias. La disponibilidad en cantidades operativas de las progenies mejoradas se conseguirá a través de multiplicaciones vegetativas ulteriores. Se está trabajando, también, en colaboración con NEIKER, en la aclimatación de plantas de *Pinus radiata* producidas mediante embriogénesis somática.

LA PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LOS NUEVOS RECURSOS GENÉTICOS

Los procesos de selección y mejora aplicados en el vivero de TRAGSA buscan el desarrollo de una silvicultura multivarietal (*multivarietal forestry*, MVF), que busca el establecimiento de clones de árboles selectivamente mejorados para ciertos atributos y cuyo valor ha sido evaluado en campo.

En este proceso, la biotecnología ha sido una herramienta fundamental, aportando técnicas como la micropropagación en inmersión temporal, embriogénesis somática, criopreservación, evaluación de la estabilidad genética y reconstrucción del pedigrí usando marcadores moleculares.



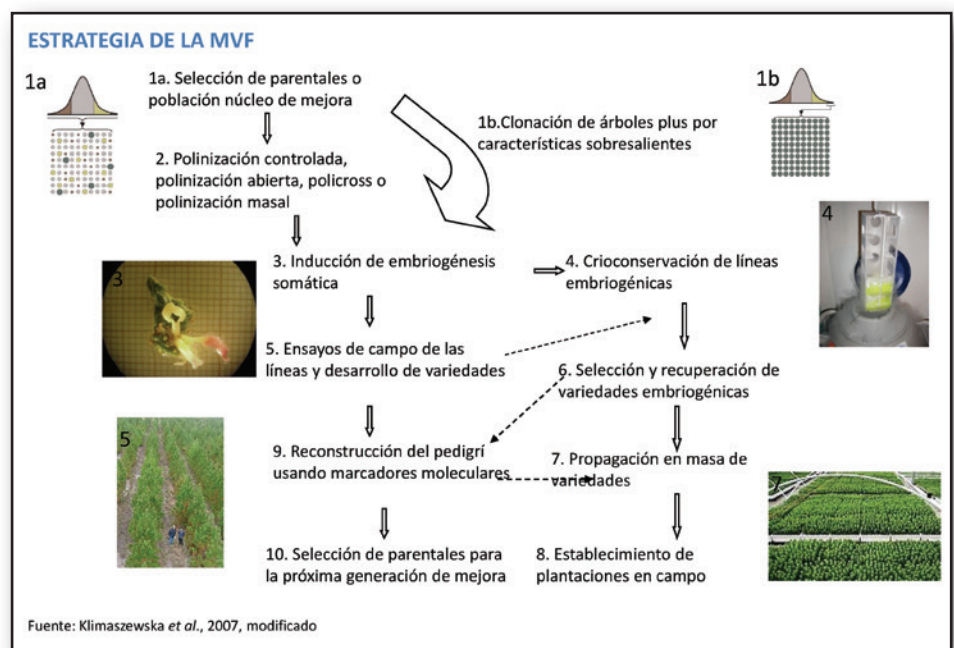
Ensayo de campo de progenies de encinas y alcornoques para evaluar su tolerancia a la seca



Ensayo de procedencias de *Pinus pinaster*, utilizado para la selección de genotipos de alta producción y calidad de madera

Además, la disponibilidad de los materiales resistentes o seleccionados por otros atributos permite identificar genes candidatos que podrán usarse en el futuro como marcadores de selección. Estos genes han sido parcialmente identificados por colaboradores de TRAGSA para la tolerancia a *Phytophthora cinnamomi* en castaño y *Quercus*, y para el crecimiento en altura en *Pinus pinaster*.

Inicialmente las técnicas clásicas de micropropagación nos permitieron la clonación en nuestro laboratorio de más de 130 genotipos de castaño seleccionados en campo. La técnica, con la colaboración del IAG-CSIC, se ha ido perfeccionando hasta llegar al cultivo en medio líquido en inmersión temporal (TIS) y en condiciones de micropropagación fotoautotrófica (PAM). La embriogénesis somática se está empleando para la clonación de los genotipos seleccionados por calidad de corcho en alcornoque y por crecimiento y rectitud en pino resinero, y actualmente se trabaja en el desarrollo de técnicas de micropropagación para encina. La crioconservación ha permitido el almacenamiento de los genotipos seleccionados de castaño y alcornoque en condiciones de estabilidad genética (sin acumular errores por embriogénesis o micropropagación recurrente) durante más de una década, permitiendo el rescate de los genotipos interesantes una vez evaluados en campo. Y los marcadores tipo SSR y AFLP nos han permitido corroborar esta estabilidad, tanto genética como epigenética. Por otra parte, marcadores tipo SSR han permitido en castaño determinar la ascendencia de los ge-



notipos seleccionados, adscribiéndolos como castaños del país o como híbridos y determinando su porcentaje de hibridación.

La combinación de la micropropagación para crear campos de pies madre y el estaquillado está permitiendo poner en el mercado plantas de castaño para portainjertos a un precio competitivo. Estos desarrollos estarán disponibles próximamente también para pinos, encinas y alcornoques. Los materiales desarrollados están siendo ampliamente demandados en el caso del castaño, cuyo cultivo ha experimentado una gran expansión en los últimos años. Nuestros clones tienen demanda no solo en España, sino también en Portugal, Francia e Italia.

La demanda para alcornoque y encina comienza a crecer, puesto que

el cambio climático ha disparado el problema de la seca, siendo urgente disponer de materiales tolerantes que permitan mantener el sistema de la dehesa. Al mismo tiempo, comienzan a tomar forma iniciativas de silvicultura intensiva, donde el objetivo es la producción de bellota para alimentación animal, lo que también supone una demanda de nuestros materiales.

La demanda de material genético de coníferas con aptitudes industriales para productos de madera sólida aumentará en breve, por las demandas de la bioeconomía, comenzándose a registrar iniciativas nacionales del sector industrial y selvícola en este sentido, buscando favorecer la disponibilidad de madera nacional frente a la importada, esta última mucho más presente en nuestras industrias en estos momentos.