

SITUACIÓN Y FUTURO DE LA MEJORA GENÉTICA DE ESPECIES FORESTALES EN PORTUGAL

Maria Helena Almeida

Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais. Tapada da Ajuda. 1349-017-LISBOA (Portugal). Correo electrónico: nica@isa.utl.pt

Resumen

Tras una breve caracterización de los bosques portugueses en la que se destaca su peso en la economía nacional, se mencionan los condicionantes para su sostenibilidad. Se describen los objetivos y el desarrollo de la mejora genética de *Pinus pinaster* y *Eucalyptus globulus*, contemplados como un componente clave de una selvicultura moderna que pretende crear poblaciones más eficientes en términos productivos y/o más robustas, favoreciendo la concentración de producción leñosa en plantaciones de alta productividad, las cuales permitan reducir el esfuerzo productor en otras zonas, facilitando de este modo la conservación de la biodiversidad. Las ganancias genéticas obtenidas mediante los programas de mejora establecidos son significativas y han justificado la continuidad de la inversión en este campo. Actualmente, y más allá del acceso a las herramientas que la genética cuantitativa y molecular ha puesto a disposición del mejorador para una gestión más eficiente de sus programas, es fundamental aumentar el impacto de éstos en los montes portugueses; hasta ahora, la proporción de plantas de alto valor genético empleadas en las repoblaciones es escasa. A esta situación debe asociarse el perfeccionamiento de las técnicas selvícolas y un esfuerzo continuado de gestión en relación a la distribución de planta mejorada, y a las técnicas de instalación y explotación.

Palabras clave: *Bosque portugués, Mejora genética, Reforestación, P. pinaster, E. globulus*

CARACTERIZACIÓN DEL BOSQUE PORTUGUÉS

El bosque portugués cubre actualmente cerca de 3,4 millones de ha en el continente, más 70.000 ha en las Azores y 55.000 en Madeira y Porto Santo, con porcentajes de 38%, 30% y 65% del área total, respectivamente. En la Región Autónoma de Madeira, las áreas forestales tienen un papel preponderante en el equilibrio hídrico y, por su papel ambiental y social, constituyen uno de los pilares de la economía regional, basada sobre todo en el turismo. El bosque autóctono de la isla de Madeira, la laurisilva (muy semejante a la canaria, n. del t.), cla-

sificada por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad, ocupa cerca del 22% de la superficie insular. En contraste, el bosque natural en Azores tiene un menor peso, correspondiendo al 8% del área total y localizándose casi exclusivamente en terrenos baldíos bajo la administración del Gobierno Regional; está constituida principalmente por fayales, formaciones lauroideas, acebedas, sabinars y brezales. La tasa media de cobertura forestal en las islas Azores es del 30%, y se basa sobre todo en especies exóticas con predominio de *Cryptomeria japonica* (58%), y en menor medida *Acacia melanoxylon* (25%), *Pinus pinaster* (6%) y *Eucalyptus globulus* (6%). En esta región, el componente productivo

del bosque tiene un peso del 65%; sin embargo, la naturaleza de los suelos, el clima y el relieve abrupto de las islas hacen que el bosque plantado desempeñe simultáneamente un importante papel protector.

En el Continente, el área forestal arbolada aumentó muy significativamente desde el último cuarto del siglo XIX, sobre todo con un objetivo productivo, mediante la expansión del alcornoque y pino negral hasta la década de los 70, y del eucalipto desde la década de los 50 del pasado siglo. Según el último inventario forestal nacional, las especies que predominan actualmente en el Continente son: *Quercus suber* y *Pinus pinaster* con áreas similares del 23% del área forestal, seguidos de *Eucalyptus globulus* con 21% y *Quercus rotundifolia* con 12%; a *Pinus pinea* y *Castanea sativa* corresponden el 3% y 1% respectivamente (DGRF, 2007).

El bosque portugués se contempla como una fuente de riqueza, generando anualmente alrededor de 1,2 millones de euros. El sector forestal contribuye con cerca del 2% del PIB, representando el 3% de Valor Añadido Bruto y generando del orden de 113.000 empleos directos (el 2% de la población activa). Las exportaciones de productos forestales suponen alrededor del 10% de las exportaciones nacionales. La contribución de los bosques para el bienestar público es superior en Portugal al de otros países Mediterráneos, por ejemplo 344 €.ha⁻¹.año⁻¹ en Portugal frente a 90 €.ha⁻¹.año⁻¹ en España (MERLO & CROITORU, 2005).

La propiedad forestal es mayoritariamente privada y, de modo general, fragmentada. En el Norte y Centro del Continente predomina el minifundio con un área media de 5 ha; en el Sur, sobre todo en la zona del *montado* (dehesas), prevalece el latifundio. En el Continente, el monte público (*matas nacionais*) ocupa sólo el 3% del área forestal, estando el área restante distribuida del siguiente modo: 73% de propietarios privados; 10% de grandes empresas industriales y exportadoras; y 14% comunitario –3% perteneciente a entidades diversas Ayuntamientos, Concejos (*Juntas de freguesias*), Asociaciones, Iglesias, etc. y, por último, el 11% corresponde a baldíos–.

BAPTISTA & SANTOS (2005), basados en un trabajo desarrollado en 27 concejos (*freguesias*), distribuidas por diferentes regiones del

Continente, con encuestas a 2.406 propietarios forestales, concluyeron que la mayor parte del área de bosque que pertenece a este grupo no está abandonada: en el 49% del área se trabaja y se invierte; en el 12% se trabaja pero no se invierte, en el 5% se invierte pero no se trabaja y solo en el 7% ni se invierte ni trabaja. Estos autores admitieron que el Estado cuida las *matas nacionais* y que lo mismo hacen las empresas industriales y exportadoras en sus propiedades; concluyeron que al menos tres cuartos del área forestal está cuidada y en seis décimos, además de trabajo hay inversión. Hay que destacar, sin embargo, que no se dispone de información referente a las zonas comunitarias.

CONDICIONANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL BOSQUE PORTUGÉS

A lo largo del siglo XX, el sector forestal pasó por dos fases: la primera consistió en la expansión del área forestal, es decir en la creación del recurso *bosque*; la segunda fase correspondió a la expansión industrial, con un aumento de la utilización de este recurso. En la tercera fase, en la que nos encontramos, tendremos necesariamente que atender a la mejora de la calidad, de la efectividad y del valor añadido del sector en áreas específicas (DGRF, 2007).

En el mundo actual, las cuestiones ambientales han ganado un protagonismo creciente y la sostenibilidad productiva y ambiental de los bosques esta cada vez más íntimamente ligada a su gestión. Uno de los retos a los que se enfrenta la silvicultura actual es el de conciliar la conservación de los bosques naturales y su gestión, con fines de recreo o de protección contra agentes físicos y garantizar el suministro de materias primas industriales de origen forestal. Este reto surge en un contexto en el que se pretende un equilibrio entre la calidad de los productos y/o servicios proporcionados por los bosques y su coste económico y ambiental.

El contexto en el que opera el sector forestal portugués ha experimentado cambios significativos en los últimos 30 años –sea por la alteración de los actores del bosque, con un papel cada vez más preponderante de las organizacio-

nes de productores forestales, sea por los riesgos procedentes de la inestabilidad climática con los problemas asociados de incendios, plagas y enfermedades, a lo que se suma la despoblación humana del medio rural- más allá de los condicionantes surgidos de los convenios y acuerdos internacionales a los que Portugal se ha adherido en esta área, y la necesidad de una ordenación territorial a la que el sector forestal no puede ser ajeno. Por tanto, la sostenibilidad económica, social y ambiental impone mejorar la calidad de los productos forestales para los usuarios finales, con precios competitivos frente a los productos alternativos. Sin embargo, la mayor conciencia social en cuestiones ambientales apunta a la necesidad de adecuar el uso múltiple de los bosques a su actividad productiva, y facilita el control del impacto humano en los ecosistemas forestales.

Los fuegos forestales son una realidad que no puede subestimarse. De hecho, cada verano, el área ardida va dejando un rastro de destrucción, acentuado por el hecho de que Portugal tiene cuatro veces más probabilidades de que haya un incendio forestal que los demás países del sur de Europa, con costes por hectárea superiores en un 50% a los de esos países (DGRF, 2007). Los costes anuales sobrepasan los 100 millones de euros, casi un 10% del valor de la producción anual del sector.

Las alteraciones del clima son una realidad a tener en cuenta. Desde la década de los 70, las temperaturas máximas y mínimas aumentaron en Portugal continental cerca de 0,5°C/década, lo cual corresponde a un aumento dos veces superior a la media mundial (DGRF, 2007). Paralelamente, en el periodo 1976-2001 se registró una tendencia a la disminución de la precipitación anual; además, el aumento del periodo sin lluvias y la reducción de la precipitación de primavera fueron evidentes a lo largo de las últimas décadas del siglo XX. Por otra parte, los inviernos han sido más suaves, lo cual ha originado un claro adelanto del inicio del periodo vegetativo en primavera. Según los escenarios previstos por los modelos de simulación del cambio climático, la adaptabilidad y la distribución de las especies forestales se verán afectadas. Por ejemplo, las regiones del sur y del interior de Portugal, podrán volverse inhóspitas

para el alcornoque y el pino negral (PEREIRA et al., 2006). La mejora genética, como componente clave de una selvicultura moderna, podrá contribuir a la identificación/creación de poblaciones productivas y/o más robustas, favoreciendo la concentración de la producción leñosa en plantaciones de alta productividad (lignocultivos), que permitirán reducir el esfuerzo productor de otras regiones, haciendo viable la gestión con objetivos de recreo y/o de conservación de la biodiversidad a diferentes niveles. La utilización de las ganancias obtenidas por la mejora genética exige una mayor inversión inicial global, pero a cambio, el retorno esperado es también superior.

LAS ACTIVIDADES DE MEJORA GENÉTICA

Ya en el año 1934, Vieira Natividade propuso la realización de “una labor de selección y mejora” como forma de aumentar la producción de corcho, tanto en cantidad como en calidad, clasificando esta labor como “indispensable y urgente”. Sin embargo, solo al final de la década de 90 del siglo pasado se estableció una red internacional de ensayos genéticos de *Quercus suber* para evaluar la variabilidad genética disponible para la selección y el control genético de la calidad del corcho. Los resultados preliminares de estos ensayos muestran diferencias significativas a nivel inter e intra poblacional, así como la importancia del origen de la semilla en futuras repoblaciones (LOURENÇO et al., 2005).

Hasta los años 60 del siglo pasado no se iniciaron en Portugal las primeras labores con el objetivo de mejorar las especies forestales. *Pinus pinaster* y *Eucalyptus globulus* fueron las primeras especies en beneficiarse de una selección dirigida a aumentar la producción en volumen leñoso y mejorar la forma de los árboles. De forma semejante a lo que ocurrió con otros programas de mejora en otros puntos del globo, la selección masal fue posteriormente complementada por ensayos de progenies y/o clonales para confirmar el valor reproductivo de los individuos seleccionados y también por ensayos de procedencias para evaluar la variabilidad genética disponible.

Actualmente, el programa de mejora de *Pinus pinaster* tiene como objetivos no solo el aumento de la productividad y calidad de la madera, si no también la creación de condiciones para el suministro abundante y regular de material forestal de reproducción de calidad genética controlada. En el periodo de 2000-2006, se produjo una media de 60 kg.año⁻¹ de semilla cualificada (semilla cuya calidad genética se encuentra en evaluación), con una ganancia genética estimada del 10% en volumen y del 17% en rectitud del fuste – esta cantidad de semilla corresponde a un 6% aproximadamente de las necesidades anuales de semilla. La selección combinada es la estrategia utilizada en la selección de los progenitores de la siguiente generación. Actualmente este programa, que esta empezando la tercera generación, gestiona un total de 60 ha de huertos semilleros de brinzales, 10 ha de huertos semilleros clonales, 25 ha de ensayos de progenies y 25 ha de ensayos de procedencias. La previsión del área a repoblar con semilla mejorada obtenida en este programa se presenta en la tabla 1.

Los objetivos de los programas de mejora de eucalipto han evolucionado a lo largo de los años y, en el área de influencia de las empresas, persiguen el aumento de la productividad y de la adaptabilidad del bosque, asociado a una reducción de los costes operativos y de trabajo de las fabricas, garantizando el mantenimiento o aumento de la diversidad genética para las generaciones futuras. Las estrategias de mejora utilizadas por las empresas de celulosa son el *Rolling-Front* y el *Nucleous Breeding*, asociados respectivamente a la propagación vegetativa y por semilla de la población de producción. En la actualidad las empresas de celulosa utilizan en sus planes de

replacación mayoritariamente (cerca del 94%) material mejorado (cualificado o controlado) procedente de sus programas de mejora.

Las ganancias obtenidas mediante los programas de mejora existentes son significativas y justifican que se siga invirtiendo en este área (AGUIAR et al., 2003; ARAÚJO et al., 2004). Más recientemente, especies como *Castanea sativa*, *Pinus pinea*, *Quercus suber* y *Cryptomeria japonica* están siendo objeto de estudio con vista a la selección de individuos mejor adaptados y más productivos. Asimismo, se están considerando actividades que en el futuro apoyen la conservación de recursos genéticos en otras especies, como *Quercus ilex* y *Quercus robur*, comenzando por la caracterización de su variabilidad genética.

En las Azores, se pretende que la domesticación de especies autóctonas constituya una forma de promover y hacer viable la conservación de sus recursos genéticos. *Juniperus brevifolia* es la primera especie que se beneficiará de esta estrategia; está prevista la revitalización de los ecosistemas forestales autóctonos de esta especie mediante el desarrollo de métodos de propagación vegetativa y sexual y la evaluación de la diversidad genética de sus poblaciones por medio de marcadores moleculares y de caracteres adaptativos.

La genética molecular es actualmente un componente importante de los programas de mejora genética, sobre todo en la evaluación de la diversidad genética, la determinación del nivel de contaminación de los huertos semilleros, la planificación de cruces controlados, la identificación de material mejorado y la detección de errores de etiquetado en los trabajos de mejora.

Área productora de semilla mejorada	Ganancia Genética	2009 ha/año	2010 ha/año	2011 ha/año	2012 ha/año	2013 ha/año	2014 ha/año
Huerto semillero clonal (generación 1,5)	21% en volumen; 17% forma fuste	1000	1000	1000	1000	2500	2500
Huerto semillero de brinzales I	?				2500	2500	2500
Huerto semillero de brinzales II	12% altura; 21% diámetro normal			1200	1200	1200	2500
Total		1000	1000	2200	4700	6200	7500

Tabla 1. Área prevista para repoblar con semilla mejorada de *P. pinaster*

LA CONTRIBUCIÓN DE LA MEJORA GENÉTICA AL BOSQUE

La ganancia genética de una característica concreta por unidad de tiempo depende de la duración del ciclo de mejora, de la intensidad de la selección, de la variabilidad existente en la población en la que se selecciona (población de base), del control genético de esa característica y de la proporción de la variabilidad que se capta en la propagación. El modo de multiplicación de los propágulos en la población de reproducción también condiciona la ganancia genética obtenida. De esta forma, dentro de una misma generación de mejora, la ganancia genética obtenida por la propagación vegetativa puede ser superior a la obtenida en propagación por semilla, ya que permite captar simultáneamente la variancia genética aditiva y no aditiva. Sin embargo, la baja capacidad de enraizamiento, como ocurre en el caso de *E. globulus*, es una restricción a esta estrategia de mejora. Por otra parte, el impacto de los programas de mejora en el bosque depende del valor genético de las plantas usadas en las repoblaciones, de la proporción de la planta mejorada frente al total del área arborizada y de su comportamiento en condiciones de campo. A pesar del esfuerzo realizado en la mejora genética de *P. pinaster* y *E. globulus* en los últimos 40 años, la proporción de plantas de alto valor genético empleadas es en general escasa, pero muy especialmente (casi insignificante) en los bosques de titularidad privada.

Los valores presentados en la tabla 1 apuntan a un aumento, en los próximos años, de la contribución de la población de producción en las repoblaciones con pino negral; sin embargo, la cantidad de semilla mejorada disponible es muy inferior a las necesidades, por lo que será necesario aumentar dicha población, ya sea ampliando el área de huertos semilleros o mediante propagación vegetativa. Para cumplir este objetivo se necesitará una inversión continua en este programa.

En Portugal se producen anualmente 12 millones de plantas de eucalipto, de los cuales cerca de 3,5 millones son plantas mejoradas, 630.000 de las cuales son adquiridas por propietarios forestales privados (94% de éstas corresponden a material clonal). Pese a que el coste por planta del material

mejorado es superior al del material no mejorado en un 25% en el caso de las plantas originadas por semilla y en un 100% en las plantas de propagación vegetativa, el coste añadido total de la repoblación con estas plantas varía entre el 2 y el 4% (brinzales) y entre el 8 y el 16% (propágulos vegetativos), según el modelo de selvicultura considerado. Sin embargo, incluso cuando las ganancias asociadas a la utilización de planta mejorada son muy superiores (20 – 60%), los propietarios particulares siguen siendo reacios a utilizar estos materiales. De hecho, el carácter extensivo de la gestión forestal explica que tradicionalmente, el medio forestal sea poco dinámico, y poco receptivo a adoptar nuevas técnicas o a introducir nuevos productos. En este caso, esta tendencia general se agrava, no sólo por la escasez en el mercado de material de reproducción mejorado (semillas o plantas) y la falta de marketing de estos productos, sino principalmente por la frecuencia con que las actividades de reforestación se llevan a cabo por agentes económicos intermediarios.

PERSPECTIVAS FUTURAS

El capital de conocimiento existente en Portugal respecto de las especies en cuestión hace posible el aumento de las ganancias en productividad y en adaptabilidad a medio y largo plazo, mediante la acción conjunta de la mejora genética y de las prácticas selvícolas, planificadas por una gestión con objetivos claros. La situación actual del bosque obliga a un cambio de rumbo y a buscar la conciliación de propuestas técnicas con la lógica de los propietarios, sean privados o comunitarios, de pequeña o grande dimensión, con o sin renta forestal regular, con mucho o poco peso en la economía del propietario. No hay bosque separado de sus propietarios y no se puede ignorar la diversidad de sus lógicas de gestión (BAPTISTA & SANTOS, 2005).

Además de recurrir a las herramientas que la genética cuantitativa y molecular han puesto a disposición del mejorador para una gestión más eficiente de los programas, es fundamental aumentar el impacto de éstos en el bosque portugués, a la vista de la baja proporción de planta mejorada usada en la actualidad en las repoblaciones. El desarrollo de las técnicas de

propagación de material mejorado a precios competitivos podrá condicionar el impacto de la mejora genética en el bosque. Además, este desarrollo debe asociarse a un perfeccionamiento de las técnicas selvícolas y a un esfuerzo continuado de gestión relativo a la distribución de las plantas mejoradas, a las técnicas de plantación y a la gestión y explotación de las masas. Con demasiada frecuencia, los agentes económicos valoran el lucro inmediato, haciendo inviable la utilización de material mejorado, aun cuando la planta usada condiciona la producción final. De ahí que una tarea prioritaria sea la divulgación a la sociedad en general y a los agentes económicos en particular, de los beneficios de la utilización de material mejorado en las repoblaciones, en especial cuando se complementa con una selvicultura adecuada. En este contexto, la ganancia genética podría beneficiarse grandemente de su divulgación mediante parcelas de demostración, en las que se compare el material mejorado y el corrientemente utilizado en las repoblaciones.

Agradecimientos

Al grupo de Mejora Genética Forestal de la SECF agradezco la invitación para participar en estas jornadas, particularmente a R. Zas por todo el apoyo prestado en las distintas etapas de este trabajo y a J. Climent por su invitación. Agradezco a M.R. Chambel y a J. Climent no sólo la traducción del texto al español, sino también las sugerencias aportadas para mejorarlo. A los compañeros que me cedieron datos y me apoyaron en la preparación de este trabajo: A. Aguiar, I. Carrasquinho, R. Costa, C. Varela, C. Araújo, I. Neves, J.A. Araújo, V. Paiva, D. Ribeiro, G. Pinto, J. Belerique, A. Nunes, C. Faria, F. Costa e Silva, M.J. Lourenço, M.R. Chambel y T. Sampaio; a los proyectos POCTI/41359/AGG/2001; proyecto nº 2005 09

002239 2 “Importância do controlo genético na sustentabilidade dos sistemas florestais e agro-florestais de sobreiro em Portugal”.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIAR, A.; ALMEIDA, M.H. & BORRALHO, N.; 2003. Genetic Control of Growth, Wood Density and Stem Characteristics of Pinus pinaster in Portugal. *Silva Lusitana* 11(2): 131- 139.
- ARAÚJO, C.; LENCART, P. & COTTERILL, P.P.; 2004. Celbi's advanced-generation Eucalyptus globulus project D95 and 3D: Objectives, Strategy and Achievements. In: *Proc. IUFRO Conference: Eucalyptus in a Changing World*: 153-154. Aveiro, Portugal.
- BAPTISTA, F.O. & SANTOS, R.T.; 2005. *Os proprietários Florestais: Resultado de Um inquérito*. Celta Ed. Oeiras.
- DGRF, 2007. *Estratégia Nacional para as Florestas*. Resolução do Conselho de Ministros nº 114/2006 de 15 de Setembro, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, Lisboa.
- LOURENÇO, M.J.; NUNES, A.M.; SAMPAIO, T.; VARELA, M.C.; CHAMBEL, M.R.; FARIA, C.; PEREIRA, J.S. & ALMEIDA, M.H.; 2005. Ensaio de Proveniências de Sobreiro (*Quercus suber*) – Resultado aos 5 anos. In: *5º Congresso Florestal “A Floresta e as gentes”*, CDROM. Instituto Politécnico. Viseu.
- MERLO, M. & CROITORU, L.; 2005. *Valuing Mediterranean Forests, Towards Total Economic Value*. CABI Publishing, CAB International. Wallingford, Oxfordshire.
- PEREIRA, J.S.; CORREIA, A.V.; CORREIA, A.C.; FERREIRA, M.T.; ONOFRE, N.; FREITAS, H. & GODINHO, F.; 2006. Florestas e Biodiversidade. In: F.D. Santos & P. Miranda (eds.), *Alterações Climáticas em Portugal. Cenário, Impactos e medidas de adaptação*, Projecto SIAM II: 305- 339. Gradiva. Lisboa.