

LA MEJORA GENÉTICA FORESTAL Y SU APLICACIÓN A LAS REPOBLACIONES

A. Padró

Servicio de Protección del Medio Natural. Gobierno de Aragón.

1. PANORAMA ACTUAL DE LAS REPOBLACIONES EN ESPAÑA

Una de las actividades más importantes y significativas que ha sido objeto preferencial de la política forestal española a lo largo de la segunda mitad de este siglo, han sido las repoblaciones en el marco de la lucha contra la erosión y la protección de los suelos. Sin embargo, a partir de la década de los 70, se ha asistido a un retroceso en la actividad repobladora. La insuficiente política forestal estatal y autonómica, la influencia del ecologismo, la falta de continuidad en las estructuras y los equipos, la reducción presupuestaria, la baja rentabilidad de las inversiones forestales, la insuficiente política de incentivos privados o la menor disponibilidad de terrenos, son algunos indicadores que podrían explicar dicho retroceso.

Sin embargo, en los últimos años se han producido dos factores de gran importancia que están influyendo en la evolución de la reforestación en nuestro país. Por una parte, la promulgación del *Reglamento (CEE) n.º 2080/92 del Consejo de 30 de Junio de 1992*, desarrollado para su aplicación en España por el *Real Decreto 378/1993, de 12 de Marzo, por el que se establece un régimen de ayudas para fomentar inversiones forestales en explotaciones agrarias y acciones de desarrollo y aprovechamiento de los bosques en las zonas rurales (derogado por el Real Decreto 152/1996 de 4 de Febrero de 1996)*, que ha determinado la puesta en marcha del denominado "Plan de

Forestación de Tierras Agrícolas", ha supuesto en términos generales y con la excepción de algunas especies forestales consideradas como de rápido crecimiento (*Populus* y *Eucalyptus* en particular), un verdadero impulso a la reforestación en España, en ámbitos culturales hasta ahora poco contemplados desde la ciencia forestal. Por otra parte, la puesta en marcha en nuestro país de una serie de "Proyectos de Forestación, lucha contra la erosión y la desertificación y regeneración de ecosistemas degradados por incendios forestales", con apoyo financiero de la Unión Europea a través de los denominados *Fondos de Cohesión (regulados por el Reglamento (CE) 1164/94, de 16 de Mayo de 1994)*, ha representado igualmente un impulso a las políticas de repoblación de los gobiernos autonómicos, como estrategia fundamental de lucha contra los procesos erosivos y la recuperación de la cubierta vegetal.

Como puede apreciarse en la Tabla 1, la tendencia a la baja en la evolución de la superficie repoblada en España desde comienzos de los años 70, se ha quebrado drásticamente en coincidencia con la puesta en marcha de ambos programas: *Reglamento 2080/92* y *Reglamento 1164/94*. Según datos recogidos en la Dirección General de Conservación de la Naturaleza del MAPA (antes ICONA), la previsión de repoblaciones en el marco de los Fondos de Cohesión correspondientes a 1995 se eleva a 27.992 has y para 1996 a 28.768 has.

Tabla 1. Evolución de la superficie repoblada en España (en Has/año)

AÑOS	REPOBLACIÓN (Has)	AÑOS	REPOBLACIÓN (Has)
1945-1949	44.850	1970-1974	101.474
1950-1954	76.230	1975-1979	94.284
1955-1959	127.250	1980-1984	79.637
1960-1964	97.540	1985-1989	49.722
1965-1969	115.190	1990-1994 (*)	71.282
(*) Provisional			

Nos encontramos, en consecuencia, en un momento crucial de la política de repoblación forestal, ante la cual es pertinente acentuar el rigor en la aplicación acertada de todos los conocimientos existentes y todas las posibilidades hoy accesibles a la técnica forestal para ejecutar con acierto todas y cada una de las operaciones que implica el desarrollo de cualquier repoblación en el contexto de la ejecución de una serie de proyectos de importancia estratégica para nuestro país.

2. EL PAPEL DEL MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCIÓN EN LAS REPOBLACIONES

Dentro del complejo conjunto de decisiones y operaciones que conlleva cualquier proyecto de repoblación (elección de especie, tipo y calidad del material vegetal, tratamiento de la vegetación preexistente, preparación del terreno, método de repoblación, cuidados posteriores,...), son quizá los aspectos genéticos del material forestal de reproducción (semillas y plantas) los que con frecuencia ha sido menos considerados.

Resulta curioso observar como siendo la semilla (o en su caso, la planta), el único elemento realmente imprescindible para cualquier trabajo de repoblación, habitualmente no se le ha dado suficiente importancia ni a su origen, ni a su calidad, que siguen siendo factores infravalorados de cara al éxito y aprovechamiento futuro de la re-

plación. Es evidente que la semilla constituye la base de la repoblación y es en ese sentido la forma más eficaz y tangible con que la mejora genética es capaz de incorporar a la silvicultura los progresos conseguidos.

Tradicionalmente la recogida de semillas de las especies forestales se ha venido realizando en cualquier masa forestal y mediante procedimientos contractuales de destajos. Esta práctica, que lamentablemente es hoy todavía relativamente frecuente, supone un grave error. En efecto, planificar una repoblación sobre la base del empleo de semillas obtenidas con criterios de cantidad y no de calidad, aprovechando orígenes de recogida económica, suele determinar habitualmente una pérdida de rendimiento y calidad en las futuras masas. En el mejor de los casos, operar de ese modo implica la pérdida de los beneficios que representa el aprovechamiento ordenado de la variabilidad genética de las especies forestales.

Desde un punto de vista amplio, la mejora genética forestal empieza desde un simple reconocimiento del origen de una semilla. ¿Cuántos fracasos no se habrán obtenido por utilizar semilla de origen inadecuado?, y ¿no es mayor fracaso si cabe el hecho de desconocer el origen de esa semilla, con lo que además se imposibilita la evitación de errores subsiguientes?

En los últimos años se vienen incorporando importantes mejoras tecnológicas en la práctica totalidad de los procesos que entran en juego en la repoblación: desde las técni-

cas de producción de planta en vivero, hasta el desarrollo de maquinaria específica de instalación de la planta en campo, pasando por la tecnología de la preparación del suelo. Sin embargo, se tiene la sensación de que no se asiste a una incorporación tecnológica en paralelo de los enormes avances de la ciencia y tecnología vinculada a la mejora del material vegetal de partida, siendo éste, como se ha dicho, la base sin la cual la repoblación no sería posible.

Al hilo de lo anterior, la primera conclusión es evidente: siendo imprescindible el papel que juega el material forestal de reproducción en cualquier proyecto de repoblación, en un contexto como el actual, caracterizado por la puesta en marcha a nivel nacional de una serie de Programas de Reforestación de gran importancia tanto espacial como estructural, es absolutamente imprescindible incorporar mecanismos que impulsen el empleo de un material forestal de reproducción ajustado a las necesidades de dichos Programas, y aseguren el origen, calidad genética y garantía sanitaria de dicho material.

3. CONTRIBUCIÓN DE LA MEJORA GENÉTICA A LA REPOBLACIÓN

Se dice con alguna frecuencia desde los ámbitos de la gestión que el empleo de un material forestal de reproducción "mejorado" supone un cierto encarecimiento en el proceso. Esta afirmación podría considerarse inicialmente cierta, si bien es preciso indicar que la elevación de costos que supone la obtención de semillas o plantas de calidad es mínimo dentro del contexto global de un plan de repoblación y se compensa sobradamente con un mejor resultado de la repoblación. Pensemos que la repercusión del costo de la semilla en un proyecto de repoblación oscila, para las especies forestales más frecuentes, entre el 0,05 y el 0,2 %. Un encarecimiento, pongamos, de cinco veces en el costo de la semilla implicaría una repercusión máxima del 1 % en el presupuesto del proyecto, lo cual sigue siendo irrisorio.

Otra aseveración que se oye con frecuencia es que los Programas de Mejora Genética Forestal no incorporan resultados tangibles a corto plazo. Esta afirmación puede considerarse radicalmente falsa. Una simple pero cuidadosa selección de buenos fenotipos dentro del contexto de una masa forestal puede incorporar importantes mejoras inmediatas en los resultados de las masas que surjan de las semillas recogidas de dichos árboles y, obviamente, el incremento de tiempo y costos vinculados a una recogida de semillas de esas características es insignificante en el contexto del Proyecto de repoblación, como quedó dicho antes.

En el caso de la mayoría de las especies forestales españolas, la aportación más importante que puede ofrecer la mejora genética es el incremento de la capacidad de adaptación al medio. Sin embargo, en un contexto global, se puede decir que las aportaciones de los materiales forestales de reproducción, sean seleccionados o controlados según el caso, al conjunto del proceso repoblador, se enmarcan sintéticamente en tres campos de gran importancia económica y ecológica:

- I) Incremento de los rendimientos respecto de caracteres de producción (diámetro, altura, área basimétrica, volumen, supervivencia,...)
- II) Mejora de las capacidades de adaptación al medio (falta de nutrientes, sequía, heladas, enfermedades, plagas,...)
- III) Valorización tecnológica de la producción final (densidad de la madera, tamaño y grosor de la fibra, forma del fuste, ramosidad,...)

Existen numerosísimos ejemplos que demuestran la importante contribución de la mejora genética forestal a las repoblaciones, en todos los aspectos señalados anteriormente. Veamos algunos de ellos:

- I) Las especies forestales consideradas como de rápido crecimiento (*Populus*, *Eucalyptus*, determinadas especies de *Pinus*, *Pseudotsuga*,...), son las que han concentrado los mayores esfuerzos de mejora genética

Tabla 2. Ganancias Genéticas esperables (en %) para las variables altura y diámetro normal (Dn), para *Pinus sylvestris*, según diferentes procedimientos de mejora. Adaptado de KRUSCHE & al. (1980).

Sistema de Mejora	Altura (%)	Dn (%)	Tiempo (años)
Selección Masal	7,4	8,4	a = 1
Rodales Selectos	15	17	a + e = 3
Huertos Semilleros de Brinzales	13	15	a + d = 21
Huertos Semilleros Clonales	14	17	a + b + c = 18

vinculada a caracteres de crecimiento y producción. Son numerosos los programas de mejora que actualmente se vienen desarrollando para este tipo de especies a nivel mundial. Para la cuantificación de las aportaciones de la mejora respecto de los caracteres de producción, suele emplearse el concepto de *ganancia genética*¹. A título de ejemplo, en el Tabla 2, adaptada de KRUSCHE & al. (1980)², se presentan las ganancias genéticas esperables en términos de porcentaje para los caracteres de crecimiento en altura y en diámetro normal para el *Pinus sylvestris*, según alguno de los procedimientos de mejora clásicos y los tiempos mínimos imprescindibles para llegar a tales ganancias genéticas.

Los datos de ganancias genéticas que se ofrecen en esa Tabla 2 están estimados para valores de intensidad de selección aproximados de $i = 1/1000$, y en la estimación del tiempo necesario para conseguir tales ganán-

cias se toma en cuenta lo siguiente:

- a) Selección en masas naturales: 1 año
- b) Realización de los injertos: 2 años
- c) Obtención de semilla en Huertos Semilleros clonales: 15 años
- d) Obtención de semilla en Huertos Semilleros de brinzales: 20 años
- e) Tiempo desde la polinización hasta la recogida de semillas: 2 años

Analizando la Tabla 2, se revela que una simple *Selección Masal* (eligiendo los mejores fenotipos de una determinada masa con las intensidades de selección indicadas), puede representar ganancias del 7,4% en el crecimiento en altura y del 8,4% en el crecimiento en diámetro normal, dedicando en esta actividad tan solo un año. En el caso de los *Rodales Selectos*, las ganancias esperables ascienden a valores del 15% en altura y 17% en diámetro, precisándose unos tres años para la consecución de la semilla capaz de dar esos valores. Para los casos de los *Huertos Semilleros*, obviamente las ganancias esperadas para los caracteres de producción considerados son similares al caso de los *Rodales Selectos*, toda vez que se trata de Huertos Semilleros de 1ª Generación. Partiendo de éstos y prosiguiendo con estrategias de eliminación de los peores clones mediante los correspondientes tests de progenies y practicando una correcta política de incorporación de nuevos genotipos (con lo que se elimina la posibilidad de reducción excesiva de la base genética de la especie), pueden conseguirse con Huertos Semilleros de 1ª Generación Depurados primero y con

¹ **Ganancia genética:** Es uno de los parámetros que mejor concretan la cuantificación (productiva y/o económica) de los beneficios que incorporan las diferentes estrategias de mejora. Se define como la diferencia entre el valor medio de la población mejorada y el valor medio de la población inicial para un determinado carácter. Se expresa como $G = h^2 \cdot S$, donde h^2 es la heredabilidad del carácter y S el diferencial de selección. A su vez, $S = i \cdot \sigma$, siendo i la intensidad de selección y σ la desviación fenotípica poblacional, por lo que $G = h^2 \cdot i \cdot \sigma$.

² KRUSCHE, D., DAS B.L. & B.R. STEPHAN; 1980. Results of a progeny test with *Pinus sylvestris* and estimation of genetic gains from different selection methods. *Silvae Genetica*. 29(3-4): 122-129.

Huertos Semilleros de 2ª Generación después, ganancias genéticas del 25 % en los caracteres antes considerados.

II) El incremento de la capacidad de adaptación al medio de la mayoría de las especies forestales españolas es quizá la aportación más realista y, a su vez, más importante que puede ofrecer la mejora genética forestal. Una selección adecuada de procedencias de *Pinus halepensis*, *P. pinaster* o *P. nigra*, puede ser determinante para el éxito final de la repoblación. En este sentido, son numerosos los programas de selección de genotipos mejor adaptados al medio en sentido amplio, los que se han venido desarrollando desde antiguo. Pueden citarse, por ejemplo, las clásicas líneas varietales de *Ulmus pumila* resistentes a la grafiosis o las distintas generaciones de clones de *Populus deltoides* resistentes a *Marsonnina brunnea*.

Otra de las estrategias frecuentemente empleada para la obtención de materiales forestales capaces de mejorar su adaptación al medio, han sido las hibridaciones controladas. Con independencia del fenómeno de heterosis, muy frecuente en el híbrido, normalmente con las hibridaciones se pretende incorporar a la progenie algunos caracteres propios de los parentales que pudieran resultar de interés.

Hay muchos ejemplos de híbridos artificiales realizados con especies forestales para conseguir distintos objetivos: *Pinus attenuata* (*P. radiata* x *P. attenuata*) incorporaba la resistencia a las heladas del *P. attenuata* con un razonable mantenimiento de la capacidad productiva del *P. radiata*. Los híbridos de castaño combinan el carácter de resistencia a la tinta, propia de *Castanea crenata*, con un porte y crecimiento adecuados para un aprovechamiento maderable, propios de *C. sativa*. La mayoría de los clones de *Populus* que se comercializan actualmente son híbridos de distintas especies, sobre todo de *P. deltoides* y *P. nigra* (*Populus* x *euramericana*), obtenidos no solo con criterios de incremento de producción sino de resistencia a las enfermedades foliares (*Marsonnina brunnea*) o de la madera (*Dothichiza populea*).

III) Las actividades de mejora genética forestal vinculadas a caracteres tecnológicos suelen concentrarse en especies de rápido crecimiento. En la valorización tecnológica de la producción final, nos encontramos con dos grupos de aspectos que influyen poderosamente en la calidad tecnológica del producto:

- Por una parte, se encuentran una serie de caracteres externos (forma del fuste, ramosidad, ángulo de inserción de las ramas,...), que tienen en general un fuerte control genético en términos de heredabilidad, con lo que se producen muchos avances en la selección para estos caracteres. Ejemplos en *Populus* (clones de ramosidad poco verticilada y ortogonal al fuste), *Pinus radiata* (reducción de ramosidad y por tanto de nudos, lo que incrementa sus posibilidades de utilización para sierra) y *Eucalyptus* son muy frecuentes.

- Por otra parte, se encuentran caracteres de enorme importancia para la calidad tecnológica de la madera (densidad específica, tamaño y grosor de la fibra, características físico-mecánicas, ...), pero que en general tienen baja heredabilidad y en consecuencia son menos predecibles al requerir un mayor control ambiental. En *Eucalyptus* son muy importantes los logros conseguidos mediante técnicas de transformación genética en la reducción de lignina en las células, lo cual contribuye a un incremento de los rendimientos en celulosa.

Pero la Mejora Genética no se limita a contribuir al ámbito de las repoblaciones mediante aportaciones de carácter productivo o adaptativo. Hay otros aspectos de gran importancia:

Uno de ellos es el papel de la Mejora Genética respecto de las exigencias legales en la cualificación de los materiales forestales de reproducción. De acuerdo con la legislación vigente [*Orden del MAPA de 21 de Enero de 1989 por la que se regula la comercialización de los materiales forestales de reproducción (BOE, nº 33, 8 de Febrero de 1989)*], la clasificación de un material de reproducción forestal como seleccionado

requiere tan solo que *parezcan adecuados para su reproducción, y que no hagan presumir la existencia de caracteres desfavorables para la selvicultura* (Art. 5). Sin embargo, *unicamente los materiales de base de los que procedan materiales de reproducción que posean un valor de utilización mejorado*, podrán ser admitidos para la producción de materiales de reproducción *controlados* (Art. 7). Obviamente, la constatación de ese valor de utilización mejorado implica la realización de una serie de ensayos comparativos de acuerdo con un protocolo definido en la propia legislación. Y es aquí donde también aparece la mejora genética: a título de ejemplo se puede decir que los Huertos Semilleros de 1ª Generación producen material de reproducción seleccionado. Sin embargo los Huertos Semilleros de 2ª Generación contruidos sobre la base de una serie de genotipos (clones) que hubieran demostrado su superioridad a través de los correspondientes ensayos de progenie, proporcionan material de reproducción controlado.

Al hilo de este planteamiento, es interesante recordar aquí la necesidad de culminar el desarrollo normativo que regule la comercialización de los materiales forestales de reproducción de aquellas especies forestales de gran importancia para nuestro país y que no están contempladas en la *Orden del 21 de Enero de 1989*, como pueden ser el pino carrasco o las quercíneas mediterráneas. No se acaba de comprender la tardanza en la promulgación de una normativa en la que se viene trabajando desde hace varios años y que está reconocida como muy importante desde todos los sectores.

Otro aspecto interesante de la mejora genética forestal en su relación con la reforestación es su versatilidad para la creación de materiales "a la carta". Resulta difícil adivinar aquí el futuro de técnicas como la selvicultura clonal en un buen número de especies forestales de reproducción germinativa, o la contribución de la transformación genética en la obtención de materiales resistentes a determinadas enfermedades o para su utilización en espacios hasta ahora inimaginables para la técnica forestal.

Reconocidos los beneficios que desde la mejora genética se pueden incorporar a la gestión en los diferentes aspectos de la repoblación es pertinente analizar los mecanismos concretos que deberían tenerse en cuenta para el impulso de los Programas de Mejora y su continuidad.

4. ESTRATEGIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA MEJORA Y LA GESTIÓN FORESTAL

Partiendo del hecho constatable de la necesidad de integración (basada en una dependencia mutua), entre la gestión forestal en sus aspectos vinculados al ámbito de la repoblación y la mejora genética forestal como contribuyente principal a la optimización de los materiales forestales de reproducción, parece oportuno trazar algunas ideas que pudieran aproximar ambos planos, aproximación que sin duda debe generar efectos sinérgicos.

Impulso de Programas de Mejora Genética desde el ámbito de la gestión forestal:

No tiene sentido pensar que un Programa de Mejora Genética Forestal sea una responsabilidad exclusiva de la investigación forestal, aunque con alguna frecuencia, se han puesto en marcha Programas impulsados exclusivamente desde la investigación sin la necesaria integración con la gestión. Dos grandes grupos de razones avalan tal afirmación:

I) Por una parte, la necesidad de utilización de infraestructuras adecuadas (disponibilidad de terrenos forestales para la instalación de parcelas de ensayo, disponibilidad de superficies con infraestructuras mínimas de vivero forestal para el establecimiento de huertos semilleros, ...), y el alto costo de mantenimiento cultural y experimental de las instalaciones propias de la mejora (huertos semilleros, ensayos de progenies, ...), al menos desde una óptica de la investigación forestal, imposibilita dejar en manos exclusivas de ésta el mantenimiento de los Programas.

II) Por otra parte, la responsabilidad primordial de la investigación forestal respecto de la puesta en marcha de un Programa de Mejora, no puede ser los aspectos meramente productivos asociados a las instalaciones productoras de material vegetal, sino que debe ser precisamente el impulso y desarrollo de toda una serie de investigaciones asociadas a la mejora, entre las que se pueden destacar:

- Caracterización de la variabilidad genética de las especies forestales.
- Caracterización ecológica y ecofisiología.
- Biología reproductiva de las especies forestales.
- Estudio básico de los caracteres de la mejora.
- Resistencia a las adversidades.
- Dinámica de poblaciones.

B) Establecimiento de mecanismos que garanticen la continuidad de los Programas de Mejora Forestal:

Uno de los problemas más importantes que la actividad forestal tiene en este país es la enorme dificultad de dar continuidad a los trabajos forestales en general y a los de mejora genética en particular, siendo estos últimos si cabe en los que la continuidad es un activo aún más imprescindible. Por otra parte, la descentralización de la gestión forestal a las Comunidades Autónomas ha determinado cierta desubicación de los trabajos de mejora, habitualmente de rango eminentemente suprarregional o nacional, con lo que es preciso involucrar a los Gobiernos Autonómicos en las actividades de mejora. Para conseguir esa necesaria

continuidad pueden sugerirse algunos mecanismos:

I) Establecimiento de Convenios entre organismos nacionales de gestión y de investigación: Un buen ejemplo de esto lo constituyó el Convenio marco entre el antiguo ICONA (hoy Dirección General de Conservación de la Naturaleza) y el INIA, que propició la puesta en marcha de nuevos Programas de Mejora (es el caso por ejemplo del Programa de *Populus* en el SIA-DGA), y el impulso de numerosas actividades de mejora genética forestal.

II) Establecimiento de Acuerdos entre organismos autonómicos de gestión y de investigación: Con frecuencia, la gestión e investigación forestal autonómica se encuadra en los mismos Departamentos o Consejerías, lo cual permite mediante mecanismos de Acuerdo entre Direcciones Generales asumir compromisos conjuntos de responsabilidad económica y técnica sobre las actividades de investigación forestal en general y de mejora genética forestal en particular.

III) Proyectos de Demostración: Son un buen mecanismo para el desarrollo de instalaciones vinculadas a trabajos de mejora, máxime si se coparticipa con la iniciativa privada.

IV) Contratos con empresas viverísticas de carácter privado: Esto pudiera parecer un tanto ilusorio en el contexto actual, pero no es menos cierto que cada vez se despierta un mayor interés desde el ámbito privado en la producción de material forestal de reproducción. Una decisiva valoración económica del material genético implicaría una participación decisiva de la iniciativa privada en su obtención.