

Gestión Forestal de Vanguardia: inspiración sueca para bosques productivos y resilientes

Ainhoa Calleja-Rodríguez

(Genetista cuantitativa y mejoradora forestal.
Actualmente: ICIFOR – INIA, CSIC)

En un contexto marcado por el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y una creciente demanda de recursos naturales, la gestión forestal enfrenta el reto de obtener productos forestales de forma más sostenible, resiliente y rentable. La mejora genética forestal emerge como una herramienta poderosa, aunque a menudo infrautilizada, para alcanzar estos objetivos. La experiencia de Suecia, ejemplifica cómo la selección y el uso de material genético mejorado puede contribuir significativamente a los objetivos de la gestión forestal moderna. El Suecia, el uso sistemático de material mejorado evidencia el potencial de alcanzar aumentos de hasta un 35 % en productividad y 15 % en supervivencia en comparación con materiales no mejorados, favoreciendo además la resiliencia ante nuevos estreses bióticos y climáticos.

¿QUÉ ES LA MEJORA GENÉTICA Y POR QUÉ ES RELEVANTE?

La mejora genética forestal identifica y selecciona árboles con características superiores (supervivencia, resistencia a enfermedades, calidad de la madera, etc.) de modo que esos rasgos deseables se hereden y potencien en su descendencia. Este proceso se apoya en la genética cuantitativa, que permiten trabajar simultáneamente con múltiples rasgos complejos, cada uno influido por numerosos genes y factores ambientales. El fenotipo (características observables) es el resultado del genotipo (carga genética) y el ambiente (Figura 1). La genética cuantitativa desglosa cada uno de los componentes de

esta ecuación (fenotipo = genotipo + ambiente), permitiendo seleccionar progenitores superiores, establecer ensayos y producir plantas que optimicen el rendimiento y la adaptación a las condiciones ambientales locales.

EL MODELO SUECO: UNA EXPERIENCIA COLABORATIVA Y A LARGO PLAZO

Suecia posee un programa de mejora genética de casi 90 años, uno de los más avanzados globalmente. Skogforsk, el Instituto de Investigación Forestal de Suecia, coordina estos programas con financiación pública y privada (viveros, asociaciones de grandes y pequeños propietarios, empresas foresta-



Fenotipo = genotipo + ambiente



Fig. 1. Ecuación fenotipo = genotipo + ambiente, base fundamental de la genética cuantitativa y por tanto de la mejora genética.

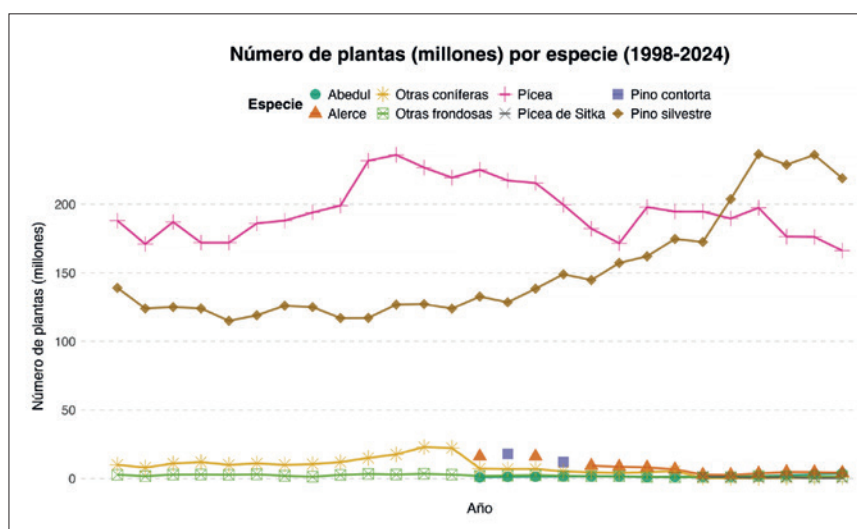


Fig. 2. Producción de planta mejorada (cualificada y controlada) por especie en Suecia, durante el periodo 1998 – 2024. Datos extraídos de los informes estadísticos de Skogstyrelsen (Swedish Forest Agency – <https://www.skogstyrelsen.se>)

les, etc.). Desde 1936, ha dirigido la mejora de especies clave como *Pinus sylvestris* y *Picea abies* (Figura 2).

Este modelo colaborativo entre industria y fondos públicos, combina investigación (propia y con universidades) con la producción y aplicación práctica, avanzando por medio de ciclos de mejora y producción sucesivos (Figura 3). El proceso se divide en:

1. **Ciclo de mejora (desarrollado por Skogforsk):** iniciado en los años 40 con la selección de árboles fenotípicamente sobresalientes en el bosque. A continuación se establecen ensayos de progenies para evaluar su valor genético y, mediante la genética cuantitativa se seleccionan los individuos superiores para realizar cruces controlados, los cuales dan lugar a una nueva generación y comienzo a un nuevo ciclo de mejora (Figura 3).
1. **Ciclo de producción (propiedad de empresas productoras):** con el material de élite seleccionado en el ciclo de mejora, Skogforsk establece huertos semilleros, propiedad de las empresas que los gestionan para producir semilla y planta mejorada de calidad superior (Figuras 3 y 4). Actualmente

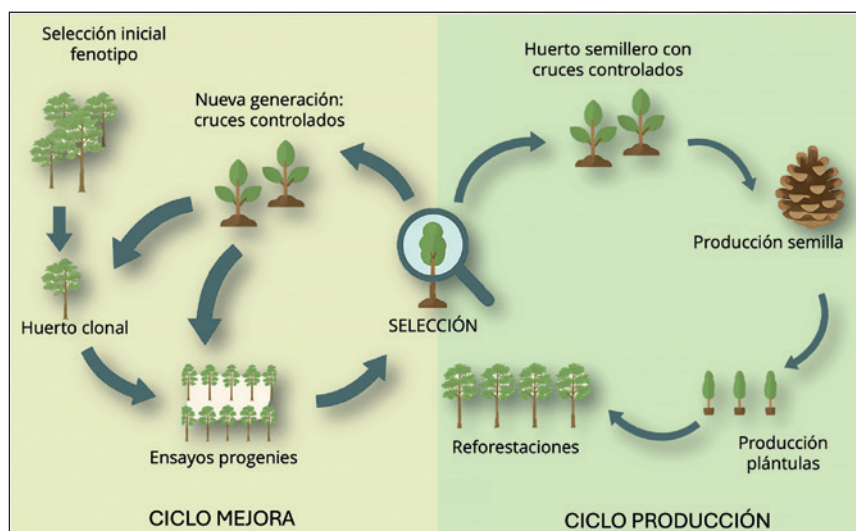


Fig. 3. Esquema general de un ciclo de mejor y de producción.



Fig. 4. Huerto semillero de primera generación establecido en 1957 y aún en uso. Material cualificado de pino silvestre. Dömsjö (Suecia).

se está estableciendo la cuarta generación de huertos semilleros, ofreciendo material con mejoras del 35% en crecimiento y forma, y del 15% en supervivencia, comparado con los materiales no mejorados (identificado). La cuarta generación de huertos semilleros es resultado de cruces controlados y sustituye a la segunda generación de material cualificado (Ulfstand Wennström, comunicación personal)

RESULTADOS TANGIBLES EN CAMPO

La efectividad de la mejora genética en Suecia es un hecho demostrable: los árboles de semilla mejorada muestran mayor supervivencia, mejor adaptación y crecimiento más

rápido. Además de la productividad, la resiliencia es crucial. Por ejemplo, el cambio climático ha provocado el aumento de las afecciones de *Cronartium pini* en pino silvestre. La resistencia a este hongo se está abordando eficazmente mediante la selección de individuos más tolerantes, con una alta heredabilidad que permite implementar con éxito las estrategias de selección. Esto ha dado lugar a la construcción de un centro de detección y selección de planta mejorada frente a patógenos fúngicos.

Estos avances no serían posibles sin una integración estratégica entre mejora genética, silvicultura y planificación. La elección del sitio, el diseño de plantaciones y el manejo silvícola adecuado son esenciales

para maximizar el potencial genético del material utilizado. Esta sinergia es una de las claves del éxito sueco y una lección valiosa para otros contextos.

¿QUÉ PASA EN ESPAÑA?

España ha avanzado con el Plan Nacional de Mejora Genética Forestal (2024 – 2033). Sin embargo, el uso de material “controlado” (la más alta calidad genética) es limitado. La producción se concentra en categorías inferiores (“identificado” o “seleccionado”), desaprovechando el potencial de las categorías “cualificado”, pero sobre todo “controlado”. Este último no está plenamente integrado en la gestión forestal habitual, en parte por su disponibilidad históricamente limitada y porque la información sobre sus beneficios no siempre ha sido accesible o adaptada a los gestores.

Una diferencia clave con el modelo sueco es la complejidad inherente del sistema forestal español. Suecia se enfoca en unas 17 especies, con 2 claramente sobresaliendo (Figura 5), España trabaja con más de 65, en un territorio con enorme diversidad climática, edáfica y ecológica. Esta riqueza biológica exige estrategias de mejora más diversas, específicas y descentralizadas.

Otra diferencia es la disponibilidad de genetistas cuantitativos y mejoradores forestales. En Suecia hay una mayor densidad de estos perfiles en todos los niveles, apoyada por iniciativas como los programas de doctorado industrial específicos para su formación. En España, aunque el talento es incuestionable, todavía no se concentra este tipo de perfiles en la misma medida, lo que representa una valiosa oportunidad para seguir fortaleciendo su formación e incorporación al sector.

Esta situación, con sus desafíos intrínsecos y comparativos representa una clara oportunidad. Para capitalizarla, es crucial mejorar la transferencia de conocimiento entre investigación, viveros y gestores; fomentar experiencias demostrativas y reforzar la confianza en el material genético de alta calidad. Incorporar decididamente el componente genético en las

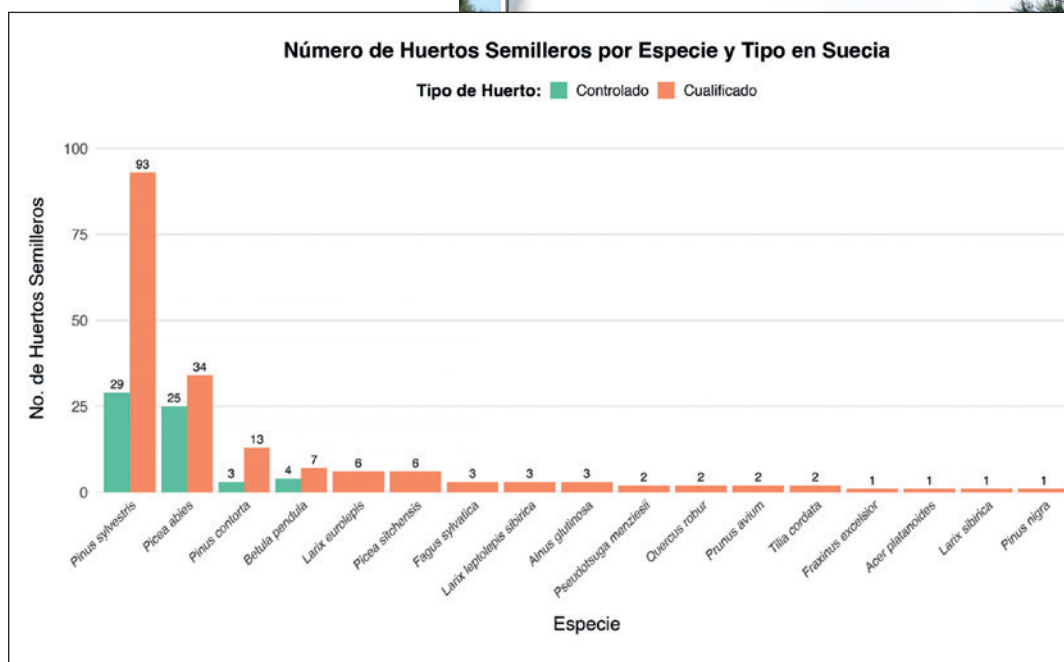


Fig. 5. Especies con programas de mejora y número de huertos semilleros (de primera, segunda y tercera generación) por especie y tipo de material forestal de reproducción, en Suecia.

decisiones silvícolas puede aportar ganancias significativas en productividad, adaptación y rentabilidad, especialmente si se combina con una planificación y manejo adecuados.

¿QUÉ PUEDO HACER YO COMO GESTOR FORESTAL?

El mensaje es claro: la mejora genética funciona. Como gestores, tenemos la responsabilidad de informarnos sobre el origen del material vegetal que utilizamos y tomar decisiones conscientes que integren el componente genético en nuestras planificaciones.

Elegir semillas de origen controlado o cualificado no es solo una cuestión técnica, sino una decisión estratégica que puede marcar la diferencia entre una plantación mediocre y un bosque productivo, sano y resiliente.

La selección inteligente es, hoy más que nunca, fundamental para construir los bosques del mañana: bosques que no solo produzcan más madera, sino que sobrevivan y resistan mejor a enfermedades, incendios y condiciones climáticas extremas, respondiendo con eficacia a los desafíos de un mundo cambiante.

AGRADECIMIENTOS

Ricardo Alía Miranda, Jose Climent Maldonado, Ulfstand Wennström y 9º Congreso Forestal Español.



Ismael Muñoz