



**2025 | 16-20**  
**GIJÓN | JUNIO**

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1655**

Actas del Noveno Congreso Forestal Español  
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**  
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





## Conservación, rejuvenecimiento y creación de bancos de germoplasma de coníferas alóctonas de interés forestal para el norte peninsular

MARTÍNEZ CHAMORRO, E. (1), FRADE CASTRO, S. (1), DÍAZ VÁZQUEZ, R. (1), FURONES PÉREZ, P. (1), MENÉNDEZ GUTÉRREZ, M. (1), PRADA OJEA, E. (1)

(1) Centro de Investigación Forestal de Lourizán. Xunta de Galicia.

### Resumen

El incremento de plagas y enfermedades como las bandas roja y marrón, así como el nematodo de la madera del pino, agravado por el cambio climático, representa una amenaza significativa para las coníferas del norte de España. En este contexto, los bancos de germoplasma de especies alóctonas como *Sequoia sempervirens*, *Cryptomeria japonica* y *Pseudotsuga menziesii*, establecidos en su día por el Centro de Investigación Forestal de Lourizán, adquieren gran relevancia.

Este trabajo se centra en la conservación y rejuvenecimiento de estos bancos mediante técnicas de reproducción vegetativa como el estaquillado y el acodo aéreo. Además, se aborda la creación de un nuevo banco de germoplasma con *Pinus taeda*, una especie con alto potencial de resistencia a estos patógenos.

### Palabras clave

Plagas, nematodo, bandas, especies alternativas, procedencias, reproducción vegetativa, resiliencia forestal.

#### 1. Introducción

Las enfermedades forestales emergentes, como la banda roja (*Dothistroma septosporum*), la banda marrón (*Lecanosticta acicola*) y el nematodo de la madera del pino (*Bursaphelenchus xylophilus*), han incrementado su incidencia en el norte de España, impactando gravemente especies como *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*. En este escenario, la conservación de los bancos de germoplasma de coníferas resistentes o tolerantes a estas enfermedades adquieren especial interés.

Desde la década de 1990, el CIF Lourizán ha desarrollado bancos de germoplasma con especies alóctonas, con gran potencial de crecimiento y calidad de madera. Actualmente, su conservación y propagación de estos resultan aún más relevantes, dado su posible uso como especies alternativas. Además, la creación de nuevos bancos, como el previsto para *Pinus taeda*, permitirá evaluar nuevas opciones forestales frente a los retos ambientales y sanitarios.

2. **Objetivos**I. Analizar la resistencia de coníferas alternativas frente a enfermedades emergentes con base en estudios previos y experimentación propia.II. Inventariar y caracterizar la diversidad genética de los bancos de germoplasma existentes, estudiando procedencias con mejor adaptabilidad.III. Evaluar la eficacia comparativa de distintas técnicas de propagación vegetativa para la conservación y rejuvenecimiento de los bancos, incluyendo mejoras en las metodologías aplicadas.

#### 3. Metodología

Para evaluar la resistencia de las especies de nuestros bancos de germoplasmas a las enfermedades en expansión de las bandas y el nematodo de la madera del pino,

se ha realizado una revisión bibliográfica, se han recopilado datos de estudios previos y observaciones de campo, contrastándolos con referencias científicas validadas y analizándolos en conjunto.

Las cuatro especies de coníferas consideradas como alternativas —*Sequoia sempervirens*, *Cryptomeria japonica*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus taeda*— muestran patrones diferenciados de resistencia frente a estos agentes:

- *Sequoia sempervirens*, *Cryptomeria japonica* y *Pseudotsuga menziesii* presentan resistencia frente a los tres patógenos EPPO (2025) e (Díaz *et al.*, 2022), lo que las posiciona como especies prometedoras para áreas afectadas por estas problemáticas.
- Por otro lado, *Pinus taeda*, resistente al nematodo de la madera del pino (Menéndez-Gutiérrez *et al.*, 2018), presenta una resistencia intermedia frente a la banda roja y la banda marrón (Bulman *et al.*, 2013).

La información obtenida podría tener, en el futuro, implicaciones directas para la selección de especies en programas de reforestación, mejora genética y manejo integrado de plagas (ver Tabla 1).

**Tabla 1. Patrones diferenciados de las coníferas alternativas. Resistencia frente a las bandas y al nematodo de la madera del pino.**

<i>Sequoia sempervirens</i>	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente	
<i>Cryptomeria japonica</i>	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente	
<i>Pinus taeda</i>	Resistencia	intermedia	Resistencia	intermedia	Resistente

El inventario de las procedencias en los bancos de germoplasma de estas especies se llevó a cabo mediante un análisis documental y una verificación sistemática en campo. Este proceso permitió confirmar y consolidar la información sobre el origen del material genético almacenado, obteniendo los siguientes resultados:

#### *Sequoia sempervirens*

- Procedencias identificadas: 97 localizaciones distintas en la franja costera del Pacífico en Estados Unidos.
- Fecha de importación: 1994, con posterior establecimiento del banco clonal en 1996.
- Cantidad de clones registrados: 155.
- Zonas de origen verificadas: Desde el *Redwood Regional Park* hasta *Big Basin State Park*, abarcando ecosistemas con importantes variabilidades en temperaturas medias anuales y precipitaciones.

#### *Cryptomeria japonica*

- Procedencias registradas: 16 localizaciones en Japón.
- Origen del material genético: Introducido desde el banco clonal del INRA (Francia).
- Fecha de establecimiento: 2002.
- Cantidad de clones comprobados: 37.
- Zonas de origen verificadas: Fukushima, Shizuoka y Nagano, regiones con diferencias significativas en temperatura y altitud.



### *Pseudotsuga menziesii*

- Procedencias documentadas: 42 localizaciones en la costa oeste de Norteamérica.
- Fecha de importación: 2000.
- Cantidad de clones registrados: 158
- Zonas de origen verificadas: los Estados Unidos, California, Oregón y Washington, y de Canadá la Columbia Británica.

### *Pinus taeda* (Banco en proceso de establecimiento)

En este caso adquiriendo semillas de:

#### a) Procedencias importadas de Francia

- Referencia documentada: PTA311 FACADE ATLANTIQUE.
- Zonas de origen verificadas: Norte del área natural de Delaware, Maryland y Virginia.
- Importación a Europa confirmada en: Décadas de 1990 y 2000.
- Origen de las semillas: Huertos semilleros de primera generación seleccionados en Estados Unidos por características de crecimiento, adaptabilidad y calidad de la madera.

#### c) Procedencias importadas de Estados Unidos

- Fecha de importación: 2024.
- Tipos de procedencia identificados: Piedmont: Adaptada a zonas más frías del interior y Coastal: Adecuada para regiones cálidas cercanas a la costa.
- Origen de las semillas: Huertos semilleros de tercera generación, con mejoras en vigor y resistencia a plagas.

Además, este nuevo banco se va a poder completar con semillas recogidas en 2024, procedentes del conjunto de ensayos de investigación de este Centro denominado RED LOU[1], en donde encontramos una parcela plantada en 1986 en Cuntis (Pontevedra). Esta parcela cuenta con una única procedencia de semillas provenientes de un huerto semillero en Sabie, Sudáfrica.

Para evaluar las técnicas de propagación vegetativa, durante los últimos cuatro años, se han implementado distintas estrategias de multiplicación, ajustadas a las especificidades de cada especie en los tres bancos de germoplasma establecidos en el CIF Lourizán.

Para *Sequoia sempervirens* y *Cryptomeria japonica*, se utilizó la técnica de estaquillado tradicional optimizada con aplicaciones de ácido indolbutírico (AIB) en concentraciones de 4 g/L. Estas especies presentan capacidad de rebrote de cepa, por lo que se establecieron protocolos de rejuvenecimiento con cortes sistemáticos que favorecen la emisión de brotes juveniles. La sincronización fenológica de estos cortes se ajusta según las condiciones climáticas locales, realizándose tras la finalización del periodo de heladas (febrero-marzo).

El protocolo metodológico para estaquillados se estructuró en las siguientes fases:

1. Rejuvenecimiento de las cepas: realización de podas drásticas para estimular la emisión de brotes juveniles, priorizando aquellos con mayor vigor fisiológico.
2. Preparación del sustrato: composición de 80 % turba y 20 % perlita, la turba compuesta por un 60% rubia y 40 % negra, pH 5,5-6,0 y estructura 0-10 mm. Y perlita de 2- 6 mm. con control de humedad y esterilización previa.
3. Selección y recolección de estaquillas: obtención de segmentos apicales (5-



- 10 cm) con al menos dos pares de yemas activas, garantizando una relación equilibrada entre material fotosintéticamente activo y reservas energéticas.
4. Tratamiento de las estaquillas: inmersión en fungicida sistémico (Captan 2 % durante 10 min.), incisión basal longitudinal para favorecer la absorción de reguladores de crecimiento, y aplicación de AIB en concentración de 4 g/L mediante inmersión basal de 2 min. (LEAKEY, 2014).
  5. Plantación en sustrato y riego de establecimiento: colocación en bandejas de alvéolos de 130 cm<sup>3</sup> con control estricto de la humedad mediante sistema de nebulización automatizado (fog) con evaluación de la formación radicular a las 6 y 12 semanas.

En *Pseudotsuga menziesii*, se implementó la técnica de acodo aéreo, ajustando el tipo de incisión y la aplicación de reguladores de crecimiento para maximizar la inducción de raíces adventicias. El Protocolo metodológico fue el siguiente:

1. Selección de la rama: elección de brotes con fuerte dominancia apical y tejido vascular activo. Preparación de la zona de acodo: eliminación de hojas y ramas secundarias para favorecer la redistribución hormonal.
  2. Realización de incisión: tres técnicas diferenciadas e identificadas como “A” incisión longitudinal parcial (1/3 de la profundidad) con ramilla de soporte, “B” anillado completo retirando corteza y floema, y “C” corte profundo en caras opuestas con eliminación de peridermis.
  3. Aplicación de hormona de enraizamiento: formulación en polvo con 0,4 % AIB, 0,4 % naftaleno y 2 % Captan siguiendo protocolos que favorecen la diferenciación radicular en especies forestales (PIJUT *et al.*, 2011)
  4. Preparación del sustrato y embolsado: con mezcla de 50 % enmienda orgánica, 10 % corteza de pino fermentada, 10 % fibra de madera, 20 % turba rubia y 10 % fibra de coco, y aplicación de riego inicial y sellado hermético con bolsas plásticas negras y esferas de polietileno opacas.
  5. Marcado y seguimiento: identificación de cada acodo con su número de clon y tipo de tratamiento aplicado. Evaluación de callogénesis y diferenciación radicular a los 3 y 6 meses.
4. **Resultados**

#### 1. Propagación vegetativa por estaquillado en *Sequoia sempervirens* y *Cryptomeria japonica*

La propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* se realizó con éxito en un 64 % de las 125 estaquillas recolectadas en febrero de 2022, confirmando su capacidad de enraizamiento en condiciones controladas. Estos valores coinciden con los obtenidos en estudios previos sobre enraizamiento clonal en coníferas con crecimiento secundario activo (BRIDGEN, 2017). Sin embargo, se observó el fenómeno de topofisis (ZOBEL & TALBERT, 1988), particularmente en estaquillas obtenidas de ramas laterales, lo que generó un patrón de crecimiento oblicuo. Para mitigar este efecto, se han priorizado segmentos apicales en futuras colectas (PIJUT *et al.*, 2011). Se logró recuperar y multiplicar 17 clones en riesgo de desaparición, asegurando la conservación del acervo genético. Además, el aprovechamiento de brotes juveniles de árboles maduros de la parcela C230LOU89 de la RED LOU que permitió la propagación de 10 clones adicionales. Esta estrategia ha demostrado ser eficaz para preservar diversidad genética en bancos clonales de especies perennes (PARK, BONGA & MOON, 2016).

En *Cryptomeria japonica*, en los dos ensayos de estaquillado realizados en marzo y noviembre de 2023 evidenciaron tasas de enraizamiento similares (46 % y 50 %, respectivamente).



respectivamente). No obstante, se observó que las estaquillas que recibieron doble incisión basal en superficie, desarrollaron más raíces que las que tuvieron doble incisión basal lineal, por lo que parece que el primer caso beneficia la proliferación de raíces, en consonancia con las experiencias realizadas con otras coníferas (MATEO *et al.*, 1998). Sin embargo, previamente tras el trasplante a maceta, se produjo una elevada mortalidad en el segundo experimento, cuya causa aún se investiga. Estos resultados concuerdan con estudios previos que indican la sensibilidad de esta especie a cambios ambientales post-trasplante (LEAKY, 2014).

La eficiencia del proceso de propagación mejoró cuantitativamente a través de la optimización del tratamiento con fungicidas y la sistematización del etiquetado. En el primer ensayo, el rendimiento de dos operarios era de 125 estaquillas por jornada; sin embargo, al aumentar el número de recipientes y procesar múltiples lotes de clones simultáneamente, la productividad se triplicó.

En septiembre de 2024, se realizó la propagación de 996 estaquillas de *S. sempervirens*, correspondientes a 166 clones (seis copias por clon), utilizando una concentración reducida de ácido indolbutírico (AIB) de 2 g/L, dado que el recepe realizado en marzo de 2024 generó brotes excesivamente tiernos.

## 2. Propagación por acodo aéreo en *Pseudotsuga menziesii*

Entre abril y mayo de 2024, se establecieron 400 acodos aéreos en *Pseudotsuga menziesii* para evaluar la eficiencia de tres tipos de incisión y comparar el uso de esferas de polietileno frente a bolsas convencionales. Estudios previos sugieren que el acodo en coníferas presenta ventajas en el desarrollo radicular en comparación con el estaquillado, ya que permite obtener plántulas con mayor vigor inicial (HARRINGTON & HOWELL, 1998).

La evaluación del enraizamiento de estos acodos está programada para febrero de 2025. Se espera que los cambios fisiológicos producidos por los tratamientos físicos aplicados influyan en la tasa de éxito, especialmente con la incisión realizada sobre el tejido vegetal (PIJUT *et al.*, 2011). El uso de acodos en combinación con técnicas hormonales permitirá mejorar la producción de raíces adventicias y reducir el tiempo de establecimiento

## 5. Discusión

El restablecimiento del manejo de las cepas en los bancos de germoplasma para la propagación vegetativa ha supuesto un reto debido a la falta de información reciente sobre los procedimientos. Tras más de una década sin realizar estas prácticas, fue necesario recurrir a la experiencia del personal del CIF Lourizán y a referencias previas, como los protocolos de enraizamiento de esquejes de *Sequoia sempervirens* (TOVAL y PUERTO, 1982) y las metodologías aplicadas en la reproducción vegetativa del castaño en el mismo centro.

Inicialmente, se empleó una dosis de AIB basada en estos precedentes, ajustándola progresivamente en función de los resultados obtenidos. Las pruebas realizadas con estaquillado en *Sequoia sempervirens* y *Cryptomeria japonica* permitieron recuperar clones en riesgo de desaparición, consolidando la estrategia de rejuvenecimiento mediante podas sistemáticas y estimulación de brotes juveniles. En *Pseudotsuga menziesii*, la técnica de acodo aéreo podría ser una alternativa viable, en estos bancos, para inducir el desarrollo radicular sin comprometer la estructura de los ejemplares madre.

Los resultados obtenidos subrayan la importancia rejuvenecer los bancos de germoplasma como herramienta para la conservación de especies forestales de



interés. La optimización de los métodos de propagación vegetativa ha permitido mejorar la eficiencia y garantizar la continuidad de genotipos con alta resistencia a plagas y enfermedades emergentes. Además, la creación de un nuevo banco de germoplasma de *Pinus taeda* ofrece una oportunidad para diversificar las opciones de reforestación en el norte peninsular, considerando su resistencia al nematodo de la madera del pino y su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales.

En conjunto, estos avances refuerzan la necesidad de continuar investigando técnicas de conservación y mejora genética en coníferas, asegurando la disponibilidad de material vegetal de calidad para enfrentar los retos derivados del cambio climático y la proliferación de enfermedades forestales.

## 6. Conclusión

Los bancos de germoplasma del CIF Lourizán son fundamentales para la conservación y adaptación de las coníferas frente a las amenazas sanitarias actuales. La propagación vegetativa optimizada permite preservar material genético valioso y facilita la selección de especies resilientes. Dado que la edad ontológica influye en el éxito de estos métodos, es clave el rejuvenecimiento de las cepas envejecidas, considerando técnicas como el acodo aéreo. Se recomienda fortalecer la diversidad genética mediante la creación de nuevos bancos de germoplasma para aumentar la resiliencia del sector forestal en el norte peninsular.

## 7. Bibliografía

- BULMAN, L. S.; DICK, M. A.; GANLEY, R. J.; McDOUGAL, R.; SCHWELM, A.; BRADSHAW, R. E.; 2013. Dothistroma needle blight. *Infectious Forest Diseases*, 436-457. <https://doi.org/10.1079/9781780640402.0436>
- BRIDGEN, M. P. (2017). *Clonal Propagation of Woody Plants: Principles and Practices*. Springer.
- DÍAZ, R; PRADA, E.; ALONSO SANTOS, VILLAR CAAMAÑO; TORRES-SÁNCHEZ; FRADE; MENÉNDEZ-GUTIÉRREZ, M.(2022). Resistencia al nematodo del pino. La investigación produce conocimiento y resultados reales. EPPO (2025)EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int> [Acceso 4 abril 2025]
- HARRINGTON, C. A., & HOWELL, R. S. (1998). Effects of Indolebutyric Acid on Adventitious Rooting in Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(9), 1326–1333.
- LEAKEY, R.R.B. (2014). "Plant Cloning: Macro-propagation". En N. van Alfen et al. (Eds.), *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, Vol. 4, pp. 349-359. Elsevier Publishers, San Diego, USA.
- MATEO SÁNCHEZ, JOSÉ JUSTO.; VARGAS HERNÁNDEZ, J. JESÚS; LÓPEZ PERALTA, MA. CRISTINA; JASSO MATA, JESÚS (1998). Enraizado de estacas juveniles en cinco especies de coníferas ornamentales: efecto del ácido indolbutírico AIB y de la temperatura. *Revista Ciencia Forestal en México*. VOL. 23 Núm. 54: 29 – 38.
- MENÉNDEZ-GUTIÉRREZ, M.; ALONSO, M.; JIMÉNEZ, E.; TOVAL, G.; MANSILLA, P.; ABELLEIRA, A., ABELLEIRA-SANMARTÍN, A.; DÍAZ, R. (2018). Interspecific variation of constitutive chemical compounds in *Pinus* spp. xylem and susceptibility to pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Eur. J. Plant Pathol.* 150 939–953 <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1334-2>
- PARK, Y. S., BONGA, J. M., & MOON, H. K. (2016). Tissue Culture and Micropropagation for Tree Improvement. *Forestry Reviews*, 47, 205–234.



PIJUT, P.M., WOESTE, K., & MICHLER, C.H. (2011). "Understanding the Basis of Adventitious Root Formation in Trees for Propagation: The Role of Auxin and Other Hormones". *Plant Science*, 180(5), 722-731.

TOVAL, G.; PUERTO, G.; 1982. Enraizamiento de esquejes de *Sequoia sempervirens*. Reunión técnica: principios de introducción de especies INIA – CRIDA.

ZOBEL, B., & TALBERT, J. (1988). *Applied Forest Tree Improvement*. Wiley.

[1] Red de parcelas de investigación del CIF Lourizán