



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1394

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

Organiza





Caracterización de abedulares en las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón (Región de Procedencia 20), y renovación del huerto semillero de *Betula pubescens* en el Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales de Valsaín.

NEMESIO GÓRRIZ, M. (1), ALEZA GIL, P. (2), CARDO GONZÁLEZ, C. (1), CLIMENT MALDONADO, J. (3), DURÁNTEZ JIMÉNEZ, P. (4), HERNÁNDEZ GARRIDO, M. (2), HERRERO SIERRA, N. (4), LEÓN CARBONERO, D. (4), MONDELO FALCÓN, R. (4), MORENO-ORTIZ NAVARRO, M.C. (5), MURILLO VEGUILAS, V. (1), NAYA HIDALGO, M. (1), PÉREZ GÓMEZ, E. (4), PÉREZ MARTÍN, F. (4), PRIETO ESTÉVEZ, L. (4), SÁNCHEZ LUENGO, M.A. (5) SASTRE CALLEJO, E. (4) Y ANEGÓN ESTEBAN, C. (4).

(1) Subdirección de Actuaciones Ambientales, Grupo Tragsa.

(2) Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

(3) Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA), Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

(4) Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

(5) Servicio de Citometría, Centro Nacional de Biotecnología (CNB), Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Resumen

Betula pubescens es una especie relíctica en el Sistema Central, donde su distribución está fragmentada y limitada, generalmente, a cursos de agua perennes por encima de los 1000 metros de altitud en zonas de umbría. El presente trabajo es un estudio de los abedulares en las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón. Muchas de estas poblaciones naturales están formadas por un número reducido de individuos y no presentan regeneración, situación que pone en peligro su supervivencia a largo plazo, y con ello, la conservación de esta especie en el área de estudio.

Existe un huerto semillero de *B. pubescens* en el CNRGF de Valsaín, el cual fue establecido entre los años 1994-96 y que hoy en día presenta una mortalidad cercana al 40%. Este trabajo incluye una caracterización química y citométrica de los componentes del huerto semillero y también de individuos de poblaciones naturales con los objetivos de detectar posibles componentes de *B. pendula* en el huerto semillero, identificar nuevos árboles madre para la renovación del mismo y validar el ensayo de Lundgren en materiales de *Betula* ibéricos.

Los principales resultados de este estudio son la detección de componentes de la especie *B. pendula* en el huerto semillero, la caracterización específica, geográfica y ecológica de 38 abedulares en la RP20 y la desestimación del ensayo de Lundgren como método diagnóstico en abedules ibéricos.

Palabras clave

Diversidad genética, citometría, materiales de base, recursos genéticos

Palabras clave

Diversidad genética, citometría, materiales de base, recursos genéticos.

1. Introducción

El abedul es un tipo de árbol que está representado por dos especies en la península ibérica, *Betula pendula* Roth. y *Betula pubescens* Ehrh. Estas dos especies se diferencian principalmente en su nivel de ploidía, siendo *B. pendula* diploide ($2n = 28$) y *B. pubescens* tetraploide ($4n = 56$) (Darlington & Wylie, 1955). Tanto *B. pendula* como *B. pubescens* presentan una gran variabilidad fenotípica, lo cual dificulta su diferenciación en base a caracteres morfológicos (ATKINSON, 1992, WANG *et al.*, 2014). En comparación con *B. pubescens*, se atribuye a *B. pendula* una corteza más blanca y lisa, y unas hojas con doble aserrado, un ápice pronunciado y un peciolo fino. Existen también diferencias en la morfología de la semilla y de los amentos. En cuanto a su ecología, *B. pendula* tiene una disposición más orófila y una distribución más limitada que *B. pubescens*, la cual tiene preferencia por suelos encharcados en zonas de umbría. Ambas especies presentan una historia evolutiva interrelacionada y una gran diversidad intraespecífica (PALME *et al.*, 2004), que hace del nivel de ploidía su principal diferencia (WANG *et al.*, 2016). La caracterización específica de muestras de abedul puede hacerse de diferentes maneras: mediante ensayo citométrico, ensayo químico (LUNDGREN *et al.*, 1995) o análisis genético (WESSELINK *et al.*, 2018). El ensayo de Lundgren (LUNDGREN *et al.*, 1995) es una manera fácil y rápida de diferenciar *B. pendula* de *B. pubescens* y puede realizarse todo el año, ya que no requiere muestras de hoja como la caracterización genética o citométrica. Sin embargo, el ensayo de Lundgren no ha sido validado en abedules ibéricos. Este trabajo aborda la validación de este ensayo químico mediante su comparación con un análisis citométrico.

En el Sistema Central, los abedules aparecen, generalmente, en poblaciones aisladas junto a cursos de agua por encima de los 1000 m de altitud en zonas de umbría y fondos de valle. Los abedulares en el Sistema Central tienen un carácter relictico. En muchos casos, sus poblaciones han quedado reducidas a un pequeño número de individuos que no presentan signos de regeneración. Pese a que el abedul fue un componente mayoritario en los bosques del Sistema Central (GÓMEZ GONZÁLEZ *et al.*, 2009), su situación de declive actual es debida a dos factores. Por un lado, la mejoría climática del área subatlántica (GÓMEZ GONZÁLEZ *et al.*, 2009), que ha limitado progresivamente la superficie que reúne las condiciones que permiten la presencia y crecimiento de abedules. Por otra parte, la acción del hombre, en concreto actividades como el pastoreo, la saca de leña, el carboneo, la ganadería o la reforestación con otras especies (MORALES DEL MOLINO *et al.*, 2017).

Pese a su situación actual, el abedul sigue siendo un árbol relativamente frecuente en las zonas montañosas del Sistema Central. En la Región de Procedencia 20 (RD 289/2003, Art 2.f.), la cual ocupa las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón en las provincias de Guadalajara, Madrid y Segovia, se da una amplia presencia de abedulares (ALLUÉ, 1997; BAONZA Y MARTÍNEZ, 2013; CARRASCO *et al.* 1997; PEINADO Y MORENO, 1989). Algunos de estos abedulares tienen una gran relevancia, como es el caso del abedular de Canencia o el de la Tejera Negra. El abedul ha tenido muchos usos en el pasado; principalmente se ha obtenido de ellos leña, madera y alquitrán, de su corteza. Algunos abedulares de la RP20 muestran signos de haber sido trasmochados (La Hiruela, Somosierra, Aldeanueva de Atienza) en zonas adhesionadas, de manera similar a las fresnedas en cotas más bajas de la RP20 (GÓMEZ MEDIAVILLA, 2020). Actualmente el abedul no tiene usos en la RP20 y se utiliza, de manera puntual, en reforestaciones en el Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara, así como en algunas zonas de la Sierra de



Guadarrama. Los dos principales problemas que se encuentran a la hora de utilizar el abedul para tareas de reforestación son la falta de planta de procedencia local y la incompleta caracterización específica de los abedulares de la RP20. Este trabajo persigue caracterizar las especies de abedul presentes en los diferentes abedulares de la RP20 y catalogar el huerto semillero de *B. pubescens* en el Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales de Valsáin (MITECO) que permita suministrar semilla local de esta especie. Este huerto semillero de brinzales fue establecido entre los años 1994-96 y su diseño integra 112 componentes pertenecientes a 20 familias cuyos árboles madre fueron muestreados en 5 abedulares de la RP20 (Bustarviejo, Canencia, La Hiruela, Montejo de la Sierra y Rascafría) y uno en la RP16 (Cuéllar).

2. Objetivos

Este trabajo persigue los objetivos de caracterizar los abedulares de la RP20 y plantear la renovación del huerto semillero de *B. pubescens* en el CNRGF de Valsáin para su catalogación. Para alcanzar estos objetivos se definen las siguientes tareas:

- Caracterización específica de los componentes del huerto semillero de *B. pubescens* de Valsáin.
- Identificación y caracterización de los principales abedulares de la RP20.
- Caracterización de nuevos árboles madre procedentes de abedulares no representados en el huerto semillero.
- Validación del ensayo de Lundgren como método para diferenciar *B. pendula* y *B. pubescens* ibéricos.

3. Metodología

Identificación y caracterización de abedules

Abedulares en la RP20 fueron identificados en base a bibliografía y comunicaciones personales. En cada abedular, fueron seleccionados una media de 4 abedules representativos de su entorno. Para cada uno de estos abedules se tomaron muestras de hoja, ramas jóvenes y semillas. A su vez, se anotaron datos de su ubicación, ecología y dendrometría (Anexo I). La toma de datos se hizo en base a las fichas de árboles madre que fueron preparadas durante el establecimiento del huerto semillero.

Ensayo de Lundgren

El ensayo de Lundgren se realizó siguiendo las indicaciones de LUNDGREN *et al.* (1995). Se preparó una solución de 0.4 g de 2,4-dinitrofenihidracina en 100 ml de ácido clorhídrico 2M. Alícuotas de 1.5 ml de esta solución fueron vertidos en tubos de 2 ml, donde se añadieron 100-200 mg de pequeños trozos de la parte interna de la corteza de las muestras de rama de abedul. Las muestras se dejaron 2 h a temperatura ambiente, tras lo cual se observó la ausencia o aparición de turbidez en los tubos.

Ensayos citométricos

Para las muestras de hoja procedentes del huerto semillero, estas muestras junto con muestras de hoja de guisante (*Pisum sativum*, usado como estándar interno) fueron cortadas con una cuchilla de afeitar (técnica de chopping) en presencia de un tampón de aislamiento de núcleos (GALBRAITH *et al.*, 1983). Realizado el chopping, se pasó el tampón con la muestra cortada por un filtro de nylon de 35- μm y se añadió yoduro de propidio y RNAasa II a una concentración final de 50 $\mu\text{g/ml}$ para su posterior adquisición en un citómetro CytoFLEX de Beckman Coulter.

Las muestras de hoja procedentes de abedulares fueron cortadas con una cuchilla de afeitar en presencia de un tampón de aislamiento de núcleos (GALBRAITH *et al.*, 1983). Una vez procesada, la muestra se pasó por un filtro específico para citómetro y se inyectó el eluyente en un citómetro Partec Cyflow D-48161.

Análisis de datos

Los datos de ecología y dendrometría procedentes del muestreo de abedulares en la RP20 fueron procesados para la elaboración de mapas, gráficos y promedios utilizando Microsoft Excel.

4. Resultados

Caracterización específica de componentes en el huerto semillero

De los 112 componentes iniciales del huerto semillero, 68 estaban vivos en 2024 (mortalidad 39%). Los 68 componentes vivos del huerto semillero fueron caracterizados mediante el ensayo de Lundgren y citometría. El ensayo de Lundgren indicó que siete de los 68 componentes del huerto pertenecían a la especie *B. pendula*, mientras que el resto de las muestras pertenecían a la especie *B. pubescens*. A su vez, el análisis citométrico identificó como diploides cinco de las siete muestras que reveló el ensayo de Lundgren como *B. pendula*, mientras que el resto fueron identificadas como tetraploides (*B. pubescens*). Los cinco componentes pertenecientes a la especie *B. pendula* pertenecen a cinco familias diferentes. En cuatro de los cinco casos, estos componentes tienen hermanos caracterizados como *B. pubescens* en este trabajo.

Caracterización de los abedulares de la RP20

Durante el muestreo se identificaron 38 abedulares. 36 de los 38 abedulares están ubicados en la RP20, uno en la RP16 (Cuéllar) y uno en la RP17 (Lastras de Cuéllar). 18 de los abedulares se ubican en la provincia de Guadalajara, 12 en la provincia de Madrid y 8 en la provincia de Segovia. A su vez, 13 de los abedulares se ubican en la cuenca del río Jarama, 6 en la del río Sorbe, 5 en la del río Lozoya, 4 en la del río Cega, 3 en la del río Manzanares, 2 en la de los ríos Madarquillos y Serrano y 1 en la de los ríos Bornova, Moros y Ríaza. En cuanto al tamaño poblacional de estos abedulares, 15 se clasificaron como grandes (>50 individuos), 13 como medianos (11-49 individuos) y 10 como pequeños (>10 individuos).

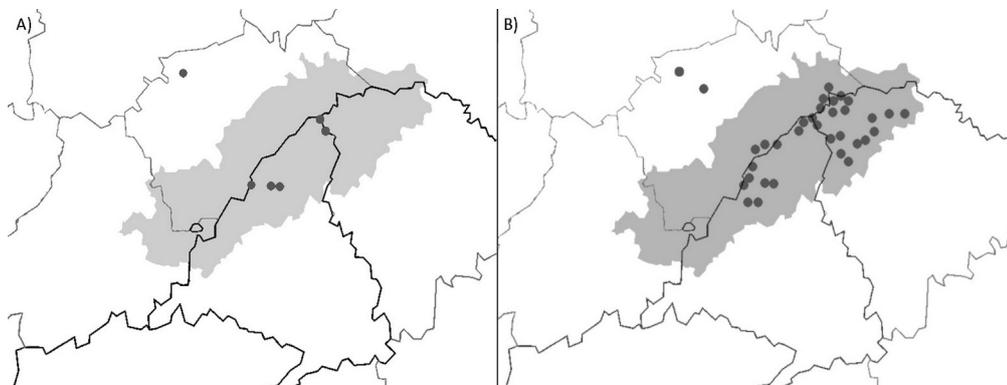


Figura 1. Abedulares originarios de las madres del huerto semillero de *B. pubescens* en el CRGF de Valsain (A) y del muestreo de abedulares realizado en 2024 (B). El espacio sombreado en el mapa indica la extensión de la RP20. Las líneas negras son

fronteras autonómicas y las líneas grises son fronteras provinciales.

Tabla 1. Información general de los abedulares muestreados en este trabajo.

Abedular	Provincia	Altitud	Latitud	Longitud	Tamaño	Cuenca	Especie
Almiruete	Guadalajara	1150	41.05	-3.22	<10	Sorbe	<i>pubescens</i>
Alto Jaramilla	Guadalajara	1700	41.20	-3.40	>50	Jarama	mixta
Arroyo del Espinar	Guadalajara	1350	41.11	-3.47	11 - 49	Jarama	<i>pendula</i>
Arroyo del Pajar	Guadalajara	1500	41.05	-3.42	11 - 49	Jarama	mixta
Bajo Jarama	Guadalajara	1050	41.04	-3.23	>50	Jarama	<i>pubescens</i>
Balagares	Guadalajara	1150	41.06	-3.37	<10	Jarama	<i>pubescens</i>
Barranco de Valdesotillos	Guadalajara	1250	40.99	-3.37	>50	Jarama	mixta
Jarama Medio	Guadalajara	1100	41.08	-3.40	11 - 49	Jarama	<i>pubescens</i>
Prádena de Atienza	Guadalajara	1200	41.16	-3.00	11 - 49	Bornova	<i>pubescens</i>
Río Berbellido	Guadalajara	1250	41.12	-3.40	>50	Jarama	<i>pendula</i>
Río Cristóbal	Guadalajara	1350	41.17	-3.09	>50	Sorbe	mixta
Río Ermito	Guadalajara	1550	41.13	-3.49	11 - 49	Jarama	<i>pendula</i>
Río Sonsaz	Guadalajara	975	41.07	-3.18	>50	Sorbe	mixta
Río Sorbe	Guadalajara	1050	41.07	-3.18	11 - 49	Sorbe	<i>pubescens</i>
Río Veguillas	Guadalajara	1300	41.18	-3.41	>50	Jarama	<i>pubescens</i>
Río Zarzas	Guadalajara	1500	41.22	-3.37	>50	Sorbe	mixta
Umbralejo	Guadalajara	1150	41.14	-3.19	11 - 49	Sorbe	<i>pubescens</i>
Valdesotos	Guadalajara	850	40.95	-3.32	<10	Jarama	<i>pendula</i>
Alto Jarama	Guadalajara - Madrid	1400	41.12	-3.50	>50	Jarama	mixta
Arroyo de la Saúca	Madrid	1300	40.93	-3.87	11 - 49	Lozoya	mixta
Arroyo de la Ventana	Madrid	1500	40.78	-3.88	>50	Manzanares	<i>pendula</i>
Arroyo de Matasanos	Madrid	1400	40.79	-3.85	<10	Manzanares	<i>pendula</i>
Arroyo de Santillana	Madrid	1150	40.77	-3.84	<10	Manzanares	<i>pendula</i>
Arroyo de Somosierra	Madrid	1450	41.12	-3.57	>50	Madarquillos	mixta



Bustarviejo	Madrid	1250	40.86	-3.74	>50	Lozoya	<i>pubescens</i>
Canencia	Madrid	1500	40.86	-3.78	>50	Lozoya	<i>pubescens</i>
Dehesa de la Hiruela	Madrid	1250	41.07	-3.44	11 - 49	Jarama	mixta
Rascafría	Madrid	1400	40.84	-3.91	>50	Lozoya	<i>pubescens</i>
Río Madarquillos	Madrid	1250	41.10	-3.60	>50	Madarquillos	mixta
Villavieja de Lozoya	Madrid	1250	41.03	-3.73	11 - 49	Lozoya	<i>pubescens</i>
Cuéllar	Segovia	800	41.36	-4.27	11 - 49	Cega	<i>pubescens</i>
Dehesa de Morcillo	Segovia	1400	41.04	-3.79	<10	Cega	<i>pubescens</i>
Dehesa del Alcalde	Segovia	1350	41.22	-3.46	11 - 49	Serrano	<i>pendula</i>
Ermita de Hontanares	Segovia	1200	41.29	-3.43	<10	Riaza	<i>pubescens</i>
Lastras de Cuéllar	Segovia	850	41.28	-4.14	<10	Cega	<i>pubescens</i>
Majaelcarro	Segovia	1450	41.02	-3.84	<10	Cega	<i>pubescens</i>
Pedriz de la Vaqueriza	Segovia	1700	40.77	-4.10	<10	Moros	<i>pendula</i>
Pinilla	Segovia	1550	41.20	-3.47	11 - 49	Serrano	<i>pubescens</i>

Un total de 125 abedules fueron muestreados y caracterizados. El muestreo comprendió altitudes entre 768 y 1730 metros sobre el nivel del mar, latitudes entre 40.77°N y 41.36°N y longitudes entre 2.99°O y 4.47°O (Figura 2).

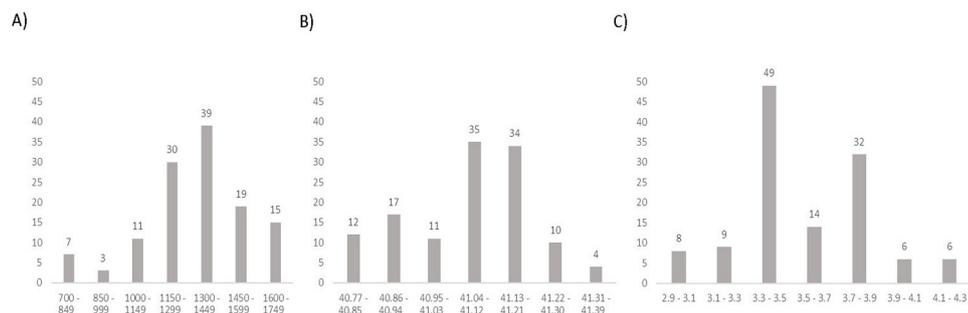


Figura 2. Distribución de los abedules muestreados en la RP20 en base a altitud (A), latitud (B) y longitud (C).

En cuanto a su ecología (Figura 3), se encontró una mayor prevalencia de abedules en orientación norte y noreste, que doblaron en número de individuos (27 y 22 individuos, respectivamente) al resto de orientaciones (10-15 individuos). Se

identificaron abedules en suelos de tipo gneiss (39), granito (37), pizarra (21), cuarcita (20) y arena (7). A su vez, 112 de los abedules se encontraban en pendientes intermedias (suave, media y alta) y sólo una pequeña parte se encontraban en zonas de llano (6) o pendiente muy alta (7).

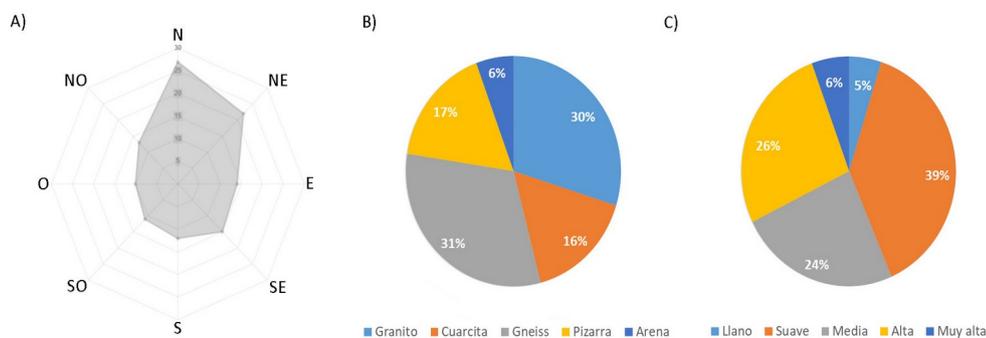


Figura 3. Clasificación de los 125 abedules muestreados en 38 abedulares en función de su orientación (A), tipo de suelo (B) y pendiente (C).

Los datos dendrométricos incluyen información de los árboles muestreados, incluyendo caracteres de forma (verticalidad, bifurcación, rectitud y ángulo de las ramas), así como referentes a las dimensiones de los árboles muestreados (altura, diámetro, altura de copa, espesor de corteza y edad) y a su capacidad reproductiva (abundancia de semilla e índice de rebrote). Estos datos se presentan en el Anexo I de este trabajo. Los valores de estas medidas son: verticalidad 1.58 ± 0.65 (escala 1-4), bifurcación 2.21 ± 1.34 (escala 1-4) rectitud 1.56 ± 0.92 , ángulo de ramas 1.30 ± 0.54 (escala 1-4), altura 15.4 ± 4.13 m, diámetro 45.62 ± 19.27 cm, altura de la copa 9.17 ± 3.78 m, espesor de la corteza 20.67 ± 6.71 mm, edad 90.37 ± 43.77 años, abundancia de frutos 2.33 ± 0.72 (escala 1-4) e índice de rebrote 1.34 ± 0.72 (escala 0-2). El modelo de ficha para cada uno de los árboles seleccionados, los datos dendrométricos y las guías de evaluación se pueden consultar en el Anexo I de este trabajo.

Validación del ensayo de Lundgren

Los resultados del ensayo de Lundgren se compararon con los análisis citométricos de las muestras en los 68 componentes del huerto semillero y los 125 árboles muestreados en campo. En el caso de los componentes del huerto semillero, el ensayo de Lundgren indicó que 7 de los 68 componentes pertenecían a la especie *B. pendula*, mientras que la citometría solamente validó 5 de estos 7 componentes como diploides, es decir, pertenecientes a la especie *B. pendula*.

Los resultados de las muestras recogidas en campo fueron más variables. Para estas muestras solamente se pudo llevar a cabo el análisis citométrico en 106 de las 125 muestras, debido al carácter senescente de las últimas hojas muestreadas en el otoño de 2024, que impidió que tuvieran la suficiente calidad para el análisis. Para las 106 muestras que fueron analizadas mediante los dos métodos, el ensayo de Lundgren solamente fue consistente con el análisis citométrico en 74 casos (69.8% del total). De los 32 casos en los que no coincidían los resultados 20 fueron muestras diploides que el ensayo de Lundgren determinó como *B. pubescens* y 12 fueron muestras tetraploides que el ensayo de Lundgren determinó como *B.*



pendula.

5. Discusión

El presente trabajo presenta una caracterización de la mayor parte de los abedulares de las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón (Figura 1) hasta un total de 36. Adicionalmente se añaden dos abedulares ubicados en el río Cega dentro de la RP16 y la RP17, los cuales se encuentran aislados de otros abedulares en sus mismas regiones de procedencia. El muestreo ha abarcado una gran amplitud de altitudes, latitudes y longitudes dentro de la RP20. Muchos de estos abedulares ya habían sido descritos en el pasado (ALLUÉ, 1997; BAONZA Y MARTÍNEZ, 2013; CARRASCO et al. 1997; PEINADO Y MORENO, 1989). Sin embargo, es la primera vez que se clasifican estos abedulares en función de las especies de abedul determinadas en base análisis citométricos. Los caracteres morfológicos no son suficientemente informativos para distinguir *B. pendula* de *B. pubescens* de una forma completamente fiable (WANG *et al.*, 2014), lo cual puede llevar a errores. Este trabajo aporta información fiable de cara a la gestión de estos recursos naturales, ayudando a crear un perfil geográfico para cada una de las especies de abedul dentro de la zona de muestreo, que puede ser de utilidad para tareas de gestión de espacios naturales. Por último, se tiene constancia de las ubicaciones de 9 abedulares más dentro de la zona de muestreo. Éstos no pudieron ser visitados dentro de la ventana de tiempo que permitía el muestreo realizado en este trabajo, pero podrían ampliar el área geográfica que ocupan los abedules en la RP20.

Cabe destacar que 23 de los 38 abedulares muestreados estaban formados por menos de 50 árboles. La mayor parte de estos abedulares no presentan regeneración y su persistencia se debe a su capacidad de rebrote de los pies que los conforman. Es difícil determinar la causa de la falta de renovación en estos casos (GIMINGHAM, 1984). Tanto las acciones antropogénicas como la inaptitud del clima actual juegan un papel clave en la falta de renovación de estos abedulares. Las especies forestales se enfrentan a una gran cantidad de situaciones adversas. La diversidad genética en sus poblaciones es imprescindible para poder adaptarse a los cambios que ocurren en su entorno (RAMÍREZ-VALIENTE *et al.*, 2022). En términos generales, se espera que una población con pocos individuos que además están emparentados sea menos capaz de adaptarse a cambios en el entorno que otra con un mayor tamaño poblacional. Un huerto semillero común para toda la RP20 permitiría el cruzamiento genético de sus diferentes poblaciones, dando lugar a un material de reproducción con una mayor capacidad adaptativa que, junto con acciones de repoblación, podría revertir el estado de declive de muchos de estos abedulares. De cara a la selección de madres, el diseño del futuro huerto semillero debería tener en cuenta una estrategia que permita maximizar la diversidad genética (KELBREROVÁ *et al.*, 2022).

El ensayo de Lundgren fue validado en un gran número de muestras antes de su publicación (LUNDGREN *et al.*, 1995). Sin embargo, esta es la primera vez que se ha utilizado en muestras de abedul ibéricas. En este estudio, el ensayo de Lundgren solamente pudo identificar un 70% de las muestras de campo correctamente, valor insuficiente para considerarlo un método válido de diagnóstico. El ensayo de Lundgren se basa en la mayor presencia del compuesto platyphyllosido en la corteza de *B. pendula* comparado con *B. pubescens*. El metabolismo secundario de los árboles es enormemente adaptativo (RODRIGUES & ANTÓNIO, 2024). Dada una presión de selección concreta, los niveles de cualquier metabolito ligado a dicha



presión de selección están sujetos a variar de forma adaptativa (ZHANG *et al*, 2021). El platyphyllosido es un compuesto que inhibe la digestibilidad en rumiantes (SUNNERHEIM *et al.*, 1988). En un entorno donde la herbivoría causa una fuerte presión de selección como es el caso de los abedulares de la RP20, cabe la posibilidad de que los niveles de este compuesto en abedules se vean afectados. También es posible que la característica en la que se basa el ensayo de Lundgren no esté fijada a nivel especie en las especies ibéricas del género *Betula*. Una comprobación de los niveles de platyphyllosido en los abedules que no fueron correctamente identificados por el ensayo de Lundgren podría ayudar a resolver esta cuestión.

Finalmente, este trabajo identificó 5 componentes pertenecientes a la especie *B. pendula* en el huerto semillero de *B. pubescens* (7.35% del total). En 4 de los 5 casos, los árboles identificados como *B. pendula* pertenecían a familias donde el resto de los componentes pertenecían a la especie *B. pubescens*. Una de las causas que podría haber dado lugar a la presencia de estos componentes en el huerto semillero podría ser falta de trazabilidad de la semilla junto a la identificación errónea de alguno de los árboles madre. Esta situación pone en evidencia la dificultad a la hora de identificar correctamente las dos especies. La interpretación de estos resultados de cara a la renovación del huerto semillero es compleja. Será necesaria una caracterización genética de los componentes del huerto semillero para validar su identidad. Dado el pequeño tamaño de la semilla de abedul, serán también necesarias medidas que permitan trazar la identidad de los nuevos componentes del huerto semillero. La elaboración de un perfil genético para los nuevos componentes podría garantizar su identidad a la vez que optimizar la diversidad genética del futuro huerto semillero.

6. Conclusiones

En este trabajo se ha llevado a cabo la caracterización más completa de abedulares en la RP20 hasta la fecha. Un total de 36 abedulares fueron caracterizados en esta región de procedencia. Además, fueron añadidos al muestreo un abedul en la RP16 y otro en la RP17, ambos en la cuenca del río Cega, dada su proximidad geográfica y ecológica a los abedulares de la RP20. Además, se tiene constancia de 9 ubicaciones adicionales donde podría haber abedulares, que serán visitados en las próximas campañas.

Como resultado del muestreo, se obtuvieron 86 nuevos árboles madre para abordar la renovación del huerto semillero de *B. pubescens* en el CNRGF de Valsaín. Además, fueron caracterizados 44 ejemplares pertenecientes a la especie *B. pendula*, de cara a una posible creación de un huerto semillero para esta especie. Estos nuevos árboles madre permitirán incrementar de 5 a 30 las poblaciones que integran el huerto semillero. Se espera que la nueva colección de árboles madre suponga un incremento en la diversidad genética en el huerto semillero. A su vez, la posibilidad de utilizar los componentes del huerto semillero como progenitores de familia permitiría la producción de MFR específico para diferentes zonas de la RP20.

Los resultados del ensayo de Lundgren ponen en evidencia que este método de diagnóstico no es suficientemente fiable en muestras de abedul ibérico. Se recomienda la caracterización específica de este tipo de muestras mediante análisis citométrico.



7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al esfuerzo de muchas personas. Queremos agradecer la disposición y tiempo de los agentes forestales de la Comunidad de Madrid, así como a los agentes medioambientales de las provincias de Guadalajara y Segovia, que nos ayudaron durante los muestreos y nos proporcionaron ubicaciones de abedulares de los que no teníamos constancia, y de pies que por su tamaño o edad tenían la condición de singulares o incluso monumentales. Queremos agradecer especialmente a Diego Galán Lobo, Belén Oñate Cuchet, Javier Clemente López, Gregorio Cerezo Espín, Miguel Ángel Bermejo Roa y Juan Luis Hidalgo Cardos.

8. Bibliografía

- ALLUÉ, M.; 1997. Distribución del género *Betula* L.(Betulaceae) en la provincia de Segovia. *Congreso Forestal 1997* 153-158.
- BAONZA DÍAZ, J.; MARTÍNEZ GARCÍA, F.; 2013. Notas florísticas de la Sierra de Guadarrama (Madrid, Segovia). *Ecología* 25 137-174.
- ATKINSON, M. D.; 1992. *Betula pendula* Roth (*B. verrucosa* Ehrh.) and *B. pubescens* Ehrh. *Journal of Ecology* 80(4) 837-870.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, n. 58, de 8 de marzo de 2003. Real Decreto 289/2003.
- CARRASCO, M. A.; BARCO, M. J. M.; VELAYOS, M.; 1997. Listado de plantas vasculares de Guadalajara. *Flora Montiberica* V-1478-1997.
- DARLINGTON, C. D.; WYLIE, A. P.; 1955. Chromosome atlas of flowering plants. *George Allen & Unwin LTD*.
- DÍAZ, J. B.; IZQUIERDO, J. L.; GARCÍA, F. M.; RODRÍGUEZ, M. R.; 2021. Notas florísticas del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. *Flora Montiberica* 80 18-28.
- GALBRAITH, D. W.; HARKINS, K. R.; MADDOX, J. M.; AYRES, N. M.; SHARMA, D. P.; FIROOZABADY, E.; 1983. Rapid flow cytometric analysis of the cell cycle in intact plant tissues. *Science* 220(4601) 1049-1051.
- GIMINGHAM, C. H.; 1984. Ecological aspects of birch. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 85 65-72.
- GÓMEZ GONZÁLEZ, C.; RUIZ ZAPATA, M. B.; GIL GARCÍA, M. J.; LÓPEZ SÁEZ, J. A.; SANTISTEBAN NAVARRO, J. I.; MEDIAVILLA LÓPEZ, R. M.; VERA LÓPEZ, S.; 2009. Evolución del paisaje vegetal durante los últimos 1.680 años BP en el Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid). *Revista Española de Micropaleontología* 41 1-2.
- GÓMEZ MEDIAVILLA, G.; 2020 Fresnedas trasmochadas de la Comunidad de Madrid: Origen, evolución y estado actual. *Diss. Universidad Autónoma de Madrid*.
- KELBLEROVÁ, R.; DVOŘÁK, J.; KORECKÝ, J.; 2022. Genetic diversity maximization as a strategy for resilient forest ecosystems: a case study on Norway spruce. *Forests* 13(3) 489.
- KERGUNTEUIL, A.; DESCOMBES, P.; GLAUSER, G.; PELLISSIER, L.; RASMANN, S.; 2018. Plant physical and chemical defence variation along elevation gradients: a



functional trait-based approach. *Oecologia* 187 561-571.

LUNDGREN, L. N.; PAN, H.; THEANDER, O.; ERIKSSON, H.; JOHANSSON, U.; SVENNINGSSON, M.; 1995. Development of a new chemical method for distinguishing between *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 25(7) 1097-1102.

MORALES DEL MOLINO, C.; COLOMBAROLI, D.; VALBUENA-CARABAÑA, M.; TINNER, W.; SALOMÓN, R. L.; CARRIÓN, J. S.; GIL, L.; 2017. Land-use history as a major driver for long-term forest dynamics in the Sierra de Guadarrama National Park (central Spain) during the last millennia: implications for forest conservation and management. *Global and Planetary Change* 152 64-75.

PALME, A. E.; SU, Q., PALSSON, S.; LASCOUX, M.; 2004. Extensive sharing of chloroplast haplotypes among European birches indicates hybridization among *Betula pendula*, *B. pubescens* and *B. nana*. *Molecular Ecology* 13(1) 167-178.

RAMÍREZ-VALIENTE, J. A.; SANTOS DEL BLANCO, L.; ALÍA, R.; ROBLEDO-ARNUNCIO, J. J.; CLIMENT, J.; 2022. Adaptation of Mediterranean forest species to climate: Lessons from common garden experiments. *Journal of Ecology* 110(5) 1022-1042.

SUNNERHEIM, K.; PALO, R. T.; THEANDER, O.; KNUTSSON, P. G.; 1988. Chemical defense in birch. Platyphylloside: a phenol from *Betula pendula* inhibiting digestibility. *Journal of chemical ecology* 14 549-560.

RODRIGUES, A. M.; ANTÓNIO, C.; 2024. Forest tree metabolomics under a changing climate. *Monitoring Forest Damage with Metabolomics Methods* 1-14.

PEINADO, M.; MORENO, G.; 1989. The genus *Betula* (Betulaceae) in the Sistema Central (Spain). *Willdenowia* 343-359.

WANG, N.; BORRELL, J. S.; & BUGGS, R. J. A.; 2014. Is the Atkinson discriminant function a reliable method for distinguishing between *Betula pendula* and *B. pubescens* (Betulaceae)? *New Journal of Botany* 4(2) 90-94.

WANG, N.; MCALLISTER, H. A.; BARTLETT, P. R.; BUGGS, R. J.; 2016. Molecular phylogeny and genome size evolution of the genus *Betula* (Betulaceae). *Annals of Botany* 117(6), 1023-1035.

WESSELINK, M.; DRAGUTINOVIĆ, A.; NOORDHOEK, J. W.; BERGWERFF, L.; KUIPER, I.; 2018. DNA typing of birch: Development of a forensic STR system for *Betula pendula* and *Betula pubescens*. *Forensic Science International: Genetics* 35 70-81.

ZHANG, C.; JONES, M.; GOVAERT, L.; VIANT, M.; DE MEESTER, L.; STOKS, R.; 2021. Resurrecting the metabolome: Rapid evolution magnifies the metabolomic plasticity to predation in a natural *Daphnia* population. *Molecular Ecology* 30(10) 2285-2297.