



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1251

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

Organiza





Análisis cuantitativo del banco edáfico de semillas de *Pinus pinaster* Ait. en los pinares del Valle del Tiétar (Ávila)

JUNQUERA ROSADO E. (1), AROCA-FERNÁNDEZ M.J. (1), GÓMEZ CARRASCO A. (2), RODRÍGUEZ VILLAFRUELA R. (3), GONZÁLEZ GONZÁLEZ F. (2), HERRERO GARCÍA A. (3), GARCÍA-VIÑAS J.I. (1), IGLESIAS RANZ A. (2)

(1) Universidad Politécnica de Madrid. ETSI Montes Forestales y Medio Natural

(2) Junta de Castilla y León. Servicio Territorial de Medio Ambiente de Ávila

(3) Junta de Castilla y León. Vivero Forestal Central.

Resumen

Conocer la disponibilidad natural de semillas en las masas de *Pinus pinaster* Ait. del Valle del Tiétar (Ávila) podría permitir ajustar la dosis de siembra de ayuda a la regeneración natural tras los frecuentes incendios forestales que se producen en esta comarca. La contribución del banco edáfico de semillas a la disponibilidad global no ha sido estudiada hasta el momento, por lo que este trabajo persigue analizarla en función de condiciones de masa y estación. Se realizan 84 parcelas en pinares de *Pinus pinaster* Ait. en las que se caracterizan las condiciones de altitud, edad y densidad. En cada una de ellas se toman tres muestras de suelo de 1m² y 10cm de profundidad, se contabilizan los piñones presentes y se analiza su potencia germinativa. La densidad promedio observada es de 104 piñones/m², aunque su potencia germinativa media es tan solo del 0,33%. Altitud, edad y espesura de la masa producen un efecto significativo sobre la densidad de piñones observada. Los resultados obtenidos indican que la regeneración natural de estas masas no se basa en el banco edáfico que sólo podrá tener un papel complementario en dicho proceso ya que, presenta una alta densidad de semillas, pero mayoritariamente no viables.

Palabras clave

Restauración tras incendio, piñones, pino resinero

1. Introducción

Durante la última década se vienen produciendo en el Valle del Tiétar (Ávila) una media de 10 incendios anuales que han afectado en conjunto en dicho período a más de 3.500 ha en la zona. Una gran parte de estos incendios se producen en pinares de pino resinero (*Pinus pinaster* Ait.) que son las masas arbóreas más abundantes en el Valle (22 % de la superficie total del mismo).

Con el fin de paliar los efectos de estas perturbaciones, la administración forestal de Castilla y León realiza un notable esfuerzo de restauración de las masas quemadas. Una de las actuaciones más habituales en este contexto es el aporte de semilla complementario de forma inmediata tras el incendio, para asegurar que la disponibilidad de propágulos no sea el limitante para la instalación del regenerado mientras el suelo está libre de vegetación competidora. Se trata de una actuación de coste muy inferior al de la repoblación mediante preparación del terreno y plantación con planta en envase y que puede ser clave y, en ocasiones, el único



método con el que alcanzar la regeneración de la masa en terrenos de fuertes pendientes y abundancia de afloramientos rocosos.

A la hora de definir la dosis de siembra complementaria a aplicar en cada caso, es necesario conocer el aporte natural esperado de semilla. No obstante, en ausencia de datos fiables, se opta por aplicar genéricamente dosis medias-altas asumiendo el peor escenario entre los posibles. De este modo, se asegura la disponibilidad de semilla, pero a costa de aumentar el coste de la actuación y de generar, en muchos casos, un regenerado excesivamente abundante que puede complicar la gestión posterior (necesidad de clareos y/o claras tempranas).

Las potenciales fuentes de semilla tras un incendio en una masa de pinar son el banco aéreo de semillas (piñas serótinas de la propia masa quemada, así como piñas de masas circundantes no quemadas), y el banco de semillas edáfico, que proviene del anterior mediante diseminación anual. (VEGA, 2003). El primero ha sido más ampliamente estudiado tanto en el contexto aplicado de la producción de planta (LAFUENTE LAGUNA *et al.*, 2005; PEMÁN *et al.*, 2012) como en el ámbito científico (GIL *et al.*, 2009), siendo bien conocido que el pino resinero es una especie con capacidad de producción de piña a edades tempranas (10-20 años) (RODRIGUEZ *et al.*, 2008), vecería de dos años y elevada producción de semilla que varía notablemente entre procedencias (15-55 kg/ha) (LAFUENTE *et al.*, 2012), así como un grado medio-alto de serotinia (también con una alta variabilidad espacial) que en algunas poblaciones del Valle del Tiétar se ha encontrado que es en torno al 33% de los conos (TAPIAS *et al.*, 1997).

Poco se conoce, sin embargo, sobre la disponibilidad y viabilidad del banco de semillas edáfico. Los estudios realizados en masas de esta especie han ido dirigidos a caracterizar la composición y viabilidad del banco edáfico de semillas de especies acompañantes (BUENO Y BARUCH, 2011; FERRANDIS *et al.*, 1996). Sin embargo, poder conocer un poco mejor la relevancia de esta fuente de semilla en cuanto a su dimensión y su viabilidad y saber cómo varía en función de las condiciones de masa y estación, podría permitir realizar mejores estimaciones de la disponibilidad de semilla esperada en las masas quemadas y optimizar las dosis de siembra en los tratamientos post-incendio.

Por este motivo desde la Sección Territorial de Gestión Forestal de Ávila en colaboración con el Vivero Forestal Central de Valladolid y la Universidad Politécnica de Madrid, se desarrolló el presente estudio dentro del Proyecto MRR-GF-SC-801/22, “Actuaciones de conservación y mejora de recursos genéticos forestales en Castilla y León en el marco del mecanismo de Recuperación, Transformación y Resiliencia-Next Generation-EU” de la Junta de Castilla y León.

2. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es cuantificar la densidad de piñones existente en el banco edáfico de las masas de pino resinero (*Pinus pinaster* Ait.) del Valle del Tiétar en función de las características de masa y estación, así como valorar su viabilidad y, en consecuencia, su contribución esperada a la



regeneración natural de las masas.

3. Metodología

3.1. Caracterización de la zona de estudio

La zona de estudio corresponde con las masas de *Pinus pinaster* del Valle del Tiétar (Ávila), entendido como el conjunto de términos municipales comprendidos, de Oeste a Este, entre Arenas de San Pedro y Piedralaves, lo que supone una superficie aproximada de referencia de 25.231 ha (MFE25 de máxima actualidad (MITECO, 2021)).

El Valle del Tiétar se encuentra en la vertiente sur de la Sierra de Gredos, mayoritariamente entre altitudes de 400 y 1.600 metros. Presenta pendientes muy variables, desde los fuertes desniveles de las cumbres hasta las laderas más suaves en el fondo del valle. Las condiciones climáticas en función del rango altitudinal son resumidamente: i) *zonas de baja altitud* (356-600m): temperatura media anual de 14,5°C, precipitación media anual de 849 mm, periodo de aridez de 3 meses y vegetativo de 9 meses y sin heladas; ii) *zonas de altitud media* (600-900m): temperatura media anual de 13,2°C, precipitación media anual de 1.140 mm/año, período de aridez 3 meses, y vegetativo de 8 meses, y helada muy probable en Enero; iii) *zonas de elevada altitud* (>900m): temperatura media anual de 11,4°C, precipitación media anual de 1.316 mm/año, período de aridez de dos meses y vegetativo de 7 meses, y heladas muy probables de diciembre a febrero. La litología dominante son granitos y otros materiales silíceos, sobre los que se forman suelos de reacción mayoritariamente ácida, textura franco-arenosa y profundidad variable en función de la posición en ladera: leptosoles en zonas altas, leptosoles y cambisoles (mayoritariamente húmicos) en altitudes medias; y cambisoles eútricos y gleicos en las zonas más bajas (GALLARDO *et al.*, 1981).

3.2. Condiciones de masa en los pinares de *Pinus pinaster* Ait. del Valle del Tiétar

Las masas de *Pinus pinaster* dentro del Valle del Tiétar, se distribuyen de manera natural dentro de la región de procedencia de la Sierra de Gredos, ocupando el territorio que coincide con tres tipos climático-estructurales (TCE): Esclerófilo (0-800 m), Subesclerófilo (800-1.600 m) y Coníferas de montaña (1.600-2.000 m). Se trata de masas generalmente puras, aunque esporádicamente aparecen otras especies arbóreas como el melojo (*Quercus pyrenaica*), la encina (*Quercus ilex*), el enebro (*Juniperus oxycedrus*), el castaño (*Castanea sativa*) o incluso el pino piñonero (*Pinus pinea*) en las zonas medias-bajas, o el pino albar (*Pinus sylvestris*) y el laricio (*Pinus nigra*) a partir de los 1200 m.

Las masas de pino resinero en esta comarca son típicamente masas regulares de origen natural gestionadas con turnos de 80-100 años, periodos de regeneración de 20 años y cortas por aclareo sucesivo y uniforme, o por entresaca por bosquetes, en función de la calidad de estación y la fisiografía (RODRIGUEZ *et al.*, 2008). A lo largo del Valle es posible encontrar masas de todas las edades y estados de desarrollo, desde diseminado a fustal viejo. Las calidades de estación presentes se corresponden con las definidas por GARCÍA ABEJÓN Y GÓMEZ LORANCA (1989) para masas con régimen moderado de claras en las “Tablas de producción de



densidad variable para *Pinus Pinaster Ait.* en el Sistema Central”. Su distribución espacial está muy ligada a fisiografía, suelos y clima, de tal forma que, en las *zonas altas*, de mayores pendientes, suelos más superficiales y clima más limitante, las calidades suelen ser menores; mientras que, en las *zonas bajas* de fondo de valle, con pendientes menores, suelos más profundos y régimen térmico más suave, la calidad de estación tiende a ser más elevada.

3.3. Diseño experimental

3.3.1. Red de puntos de muestreo

Para mayor facilidad y control experimental, dentro de la superficie de pinar de pino resinero del Valle del Tietar, la selección de puntos de muestreo se lleva a cabo únicamente entre las masas naturales ubicadas en Montes de Utilidad Pública (MUP), imponiendo además que no hayan sufrido incendios ni actuaciones selvícolas en los cinco años anteriores al muestreo (2018-2023).

Dichas masas se clasifican en 18 tipologías producto de la combinación de los niveles de tres factores:

1. Altitud: empleada como indicador indirecto de la calidad del hábitat (ver sección 3.2.). Se distinguen 3 intervalos altitudinales que coinciden en distribución espacial con las tres calidades de estación descritas por GARCÍA ABEJÓN Y GÓMEZ LORANCA (1989):
 - *Altitud baja* (400-600 m): se asocia a la mejor calidad de estación debido a pendientes suaves, suelos profundos y amplio período vegetativo.
 - *Altitud intermedia* (600-900 m): condiciones intermedias entre i) y iii).
 - *Altitud elevada* (900-1.200 m): calidad de estación más baja, con pendientes más marcadas, suelos poco profundos con alta pedregosidad y mayor frecuencia de afloramientos rocosos y climas más fríos (menor período vegetativo). Su estimación se realiza a partir del Modelo Digital del Terreno (centro de descargas del CNIG: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home>).
2. Edad: teniendo en cuenta el turno aplicado a la especie (80-100 años) se establecen tres grupos de edad:
 - *Masas jóvenes* (< 25 años): masas con poca cosecha o con edad insuficiente para la producción de piña
 - *Masas medias* (25-60 años): rango óptimo de edad para la producción de semillas.
 - *Masas viejas* (> 60 años): masas productivas pero que pueden experimentar cierto decrecimiento en calidad y/o cantidad de semillas. La clasificación de las masas por clases de edad se realiza a partir de su altura dominante (derivada de datos LiDAR) y las tablas de producción para *Pinus pinaster* en el Sistema Central de GARCÍA ABEJÓN Y GÓMEZ LORANCA (1989), vinculando cada grupo de edad a un rango de alturas para cada calidad de estación.
3. Longitud geográfica: por cuestiones vinculadas a la organización administrativa del ensayo, se divide en dos zonas el área de estudio en función de la longitud geográfica (coordenada X):
 - *Oeste*: rango en coordenada x (ETRS89, UTM30N): 309426,2 a 334183,6 m.
 - *Este*: rango en coordenada x (ETRS89, UTM30N): 334183,7 a 358941,1 m.

Entre el conjunto de masas disponibles (pinos de pino resinero ubicados en MUP del Valle del Tiétar y sin incendios ni tratamientos selvícolas recientes), se seleccionan para el muestreo del banco edáfico de semillas, entre 3 y 5 de cada una de las 18 tipologías definidas por el cruce de los niveles de los factores descritos (Altitud (3) x Clase de edad (3) x Longitud geográfica (2)). Se alcanza así un tamaño muestral de 84 masas (Figura 1) que es el máximo posible establecido en función de la disponibilidad de medios humanos y materiales para el estudio.

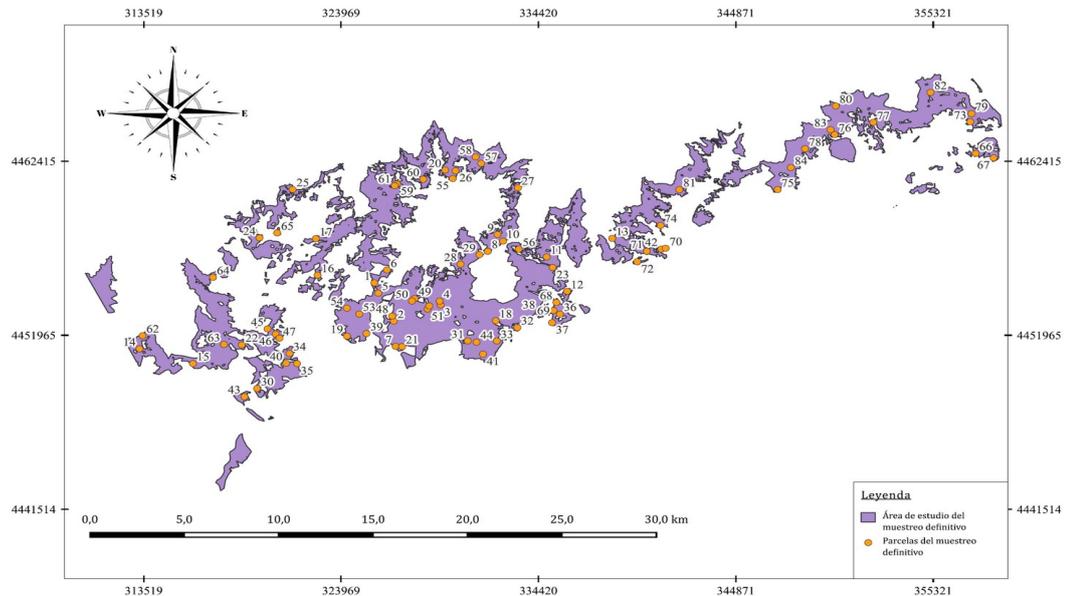


Figura 1. Ubicación de las 84 masas seleccionadas para el muestreo de semillas del banco edáfico de las masas de Pinus pinaster Ait. dentro del Valle del Tiétar (ETRS89 UTM30N)

3.3.2. Muestreo en campo y tratamiento de muestras

En cada una de las masas seleccionadas para el estudio se establece una parcela de 20 m de diámetro en la que se caracteriza la masa (se cuenta el número de pies y se miden diámetros normales) y se replantean tres subparcelas de 1x1m a 1, 3 y 5 m del centro de la misma en orientaciones (N) 0, 120 y 240° respectivamente. En cada una de esas tres subparcelas: i) se mide el espesor de materia orgánica fresca (pinocha no degradada) mediante una varilla calibrada y se retira una vez medida; ii) se extrae la primera capa de sustrato hasta 10 cm de profundidad o hasta el inicio de suelo compactado. Así mismo, en una de las tres subparcelas de muestreo de 18 de las 84 parcelas seleccionadas se toma la muestra de sustrato subdividida en dos capas, con el fin de explorar si existe una variación en la presencia de piñones con la profundidad: una de la capa sub-superficial de espesor variable integrada por el horizonte O de materia orgánica biodegradada pero no humificada, ubicada entre el final de la capa de acículas sin degradar y el inicio del horizonte A de suelo; otra de la capa siguiente de espesor variable correspondiente a los primeros centímetros del horizonte A hasta llegar a la capa compactada (sin superar los 10 cm de profundidad).

El total de muestras de sustrato obtenidas asciende a 270 (66x3 + 18x4) y se recogen entre febrero y marzo de 2023 con el fin de evitar la diseminación de las semillas del año y limitar el muestreo a las semillas incorporadas al banco edáfico tras finalizar la germinación de primavera y otoño.



Una vez recogidas, las muestras de sustrato se secan al aire, a temperatura ambiente (10 - 15°C), en bastidores metálicos de 1x2 m provistos de una malla de 3mm de luz, elevados 40 cm sobre el suelo para permitir la circulación de aire y el tamizado posterior de la fracción más fina. Las muestras se remueven periódicamente durante la semana que requiere el secado total de las mismas, tras el que se tamizan y se analizan para localizar, extraer y contabilizar los piñones presentes. Las muestras de semillas extraídas se almacenan en seco y frío hasta los ensayos de germinación.

3.3.3. Ensayo de germinación

Las muestras de semillas desinfectadas con fungicida de amplio espectro (Captan 80%, 2-3 min) se someten a ensayo de germinación en placa Petri y cámara de germinación conforme a normas ISTA (ISTA, 2010): 20°C día y noche, 8 horas de fotoperiodo y seis semanas de duración. Algunas de las semillas no incorporadas al ensayo de germinación, se emplean para evaluar el contenido de humedad de las mismas mediante equipo Mettler Toledo HC103 (3g de muestra y secado a 105°C)

3.4. Análisis de datos

Se comprueba el cumplimiento por la variable objetivo *Densidad de semillas* (nº piñones/ha) de la hipótesis de normalidad mediante el test de Komogorov-Smirnov (la homogeneidad de varianzas se considera poco relevante al tratarse de un diseño equilibrado y con tamaño muestral suficiente ($n_i > 3$) (MCDONALD, 2008)) y se opta por emplear métodos paramétricos de análisis estadístico. Concretamente, se evalúa el efecto de los factores *Edad* de la masa y *Altitud* sobre la densidad de semillas mediante un ANOVA bifactorial y se contrastan las diferencias entre niveles mediante análisis post-hoc de Tukey.

Así mismo, se ajusta un modelo de regresión lineal mediante mínimos cuadrados para estimar la *Densidad de piñones en el banco edáfico* en función de las siguientes variables de caracterización de la masa en torno a los puntos de muestreo (parcelas de 20 m de diámetro): *Densidad* (nº de pies/ha), *Área basimétrica* (m²/ha), *Edad* (estimada en tres niveles a partir de la altura dominante, ver sección 3.3.1.) y *Altitud*. La altitud se introduce en el modelo como variable continua, dado que se dispone de los datos (obtenidos a partir del MDT) y ello permite realizar un ajuste más preciso y con un menor consumo de grados de libertad que con la variable categorizada. Se parte de los valores estandarizados de las variables explicativas numéricas para facilitar la posterior interpretación de los coeficientes estimados. Los valores de densidad de piñones se obtienen para cada masa como promedio de las tres subparcelas muestreadas. El factor *Longitud geográfica* (este-oeste) no se incluye en ninguno de los análisis dado que sólo se considera inicialmente por motivos de organización administrativa y su consideración implicaría un consumo innecesario de grados de libertad y la consiguiente pérdida de potencia en los test realizados.

Por último, se analiza el efecto de la profundidad de la muestra sobre la densidad de semillas en el banco edáfico en las 18 subparcelas con doble muestra,

mediante un test t-student para muestras relacionadas.

4. Resultados

4.1. Densidad de semillas de *Pinus pinaster* Ait. en el banco edáfico

4.1.1. Influencia de la edad y la altitud de la masa

En el conjunto de las 84 parcelas muestreadas (270 muestras) se contabilizan un total de 26.216 semillas de *Pinus pinaster*. La densidad de piñones media por masa muestreada (promedio de 3 subparcelas) varía entre 4 y 461 semillas/m², con una media general de $104 \pm 20,2$ semillas/m².

El análisis de varianza bifactorial revela efectos significativos sobre la densidad de piñones del banco edáfico, tanto de los efectos principales de los factores *Edad* y *Altitud*, como de su interacción (Tabla 1). Los correspondientes análisis post-hoc de Tukey confirman que (Tabla 2):

1. Las masas de más de 60 años presentan una densidad promedio de piñones ($190,4 \pm 38,8$ semillas/m²) significativamente mayor que la de las masas entre 25 y 60 años ($85,9 \pm 19,3$ semillas/m²) y ambas presentan valores de densidad significativamente superiores al de las masas menores de 25 años ($35,8 \pm 11,6$ semillas/m²).
2. Las masas situadas a altitudes elevadas de entre 900 y 1.200 m presentan una densidad promedio de piñones significativamente mayor ($135,6 \pm 40,4$ semillas/m²) que las ubicadas en rangos menores de entre 400 y 600 m ($71,4 \pm 20,6$ semillas/m²). *Tabla 1. Resultados del test ANOVA bifactorial para contrastar el efecto de las variables Altitud y Edad sobre la densidad de piñones en el banco edáfico (semillas/m²)*

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados libertad	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	1355000,5 ^a	9	150555,6	38,0	0,000
Edad	339121,4	2	169560,7	42,8	0,000
Altitud	50844,1	2	25422,1	6,4	0,003
Edad x Altitud	47062,8	4	11765,7	3,0	0,025
Error	297466,5	75	3966,2		
Total	1652467,0	84			

Tabla 2. Promedios de densidad de piñones (semillas/m²) encontrados en el banco edáfico en función de las condiciones de altitud y edad de las masas (se indica valor medio \pm error típico). Se identifican mediante letras en el superíndice de las medias por clase de edad y altitud, los grupos significativamente diferentes (p-valor <0,05) generados por el test post-hoc de Tukey.

Edad (años)	Altitud (m)			
	400 - 600	600 - 900	900 - 1.200	Global
< 25	30,2 \pm 18,4	27,7 \pm 5,6	50,0 \pm 28,4	35,8 ^a \pm 11,6
25 - 60	77,3 \pm 31,6	68,0 \pm 15,2	109,7 \pm 41,8	85,9 ^b \pm 19,3



> 60	111,1 ± 37,0	216,1 ± 63,1	238,7 ± 68,3	190,4 ^c ± 38,8
Global	71,4 ^a ± 20,6	104,0 ^{ab} ± 37,5	135,6 ^b ± 40,4	104,0 ± 20,2

Por tanto, tal y como se refleja en la Figura 2, las masas más viejas y ubicadas a mayor altitud presentan las densidades mayores de piñones en el banco edáfico, mientras que las más jóvenes y ubicadas a altitudes bajas son las de menor densidad de piñones disponible. Las masas con niveles intermedios de edad y altitud presentan una densidad intermedia entre las de los niveles extremos.

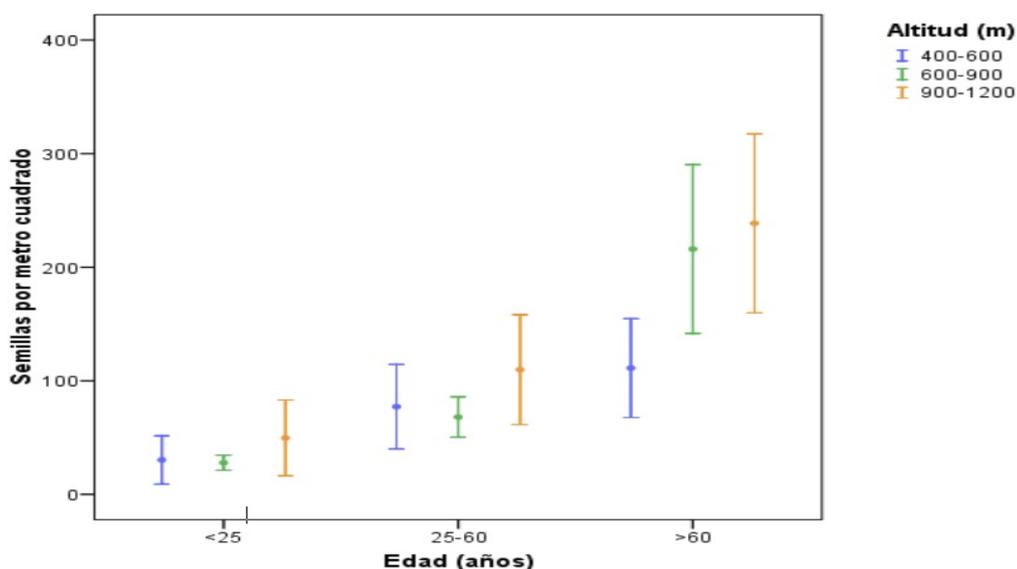


Figura 2. Intervalos de confianza al 95% para los valores promedio de densidad piñones (semillas/m²) por parcela en función de la ‘Altitud’ y ‘Edad’ de las masas.

4.1.2. Modelo de regresión lineal predictivo

El modelo de regresión ajustado para la variable *Densidad de piñones* media por parcela (semillas/m²) en función de área basimétrica (m²/ha), densidad de pies (pies/ha), edad (años) y altitud (m) (Tabla 3), consigue explicar un 82,7% de la variabilidad (R² = 0,827).

Tabla 3. Coeficientes (β) del modelo de regresión lineal ajustado para la densidad de piñones promedio por parcela (semillas/m²) en función de los valores estandarizados de Altitud (m), Densidad de pies (nºpies/ha) y área basimétrica (m²/ha), así como de la Edad (3 niveles).

Parámetro	β	Error típico	t	Significación	IC al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
Altitud	18,9	7,7	2,4	0,017	3,5	34,3
Pies/ha	-40,6	13,3	-3,1	0,003	-67,1	-14,2
Área basimétrica	38,7	10,6	3,6	0,001	17,5	59,9
[Edad = 1]	82,4	18,2	4,5	0,000	46,1	118,6
[Edad = 2]	73,7	12,8	5,8	0,000	48,2	99,1

[Edad = 3]	147,9	17,1	8,6	0,000	113,7	182,1	
------------	-------	------	-----	-------	-------	-------	--

t: valor del estadístico t-student para el coeficiente del parámetro; IC: Intervalo de Confianza para la estimación del coeficiente del parámetro (95% de confianza)

Se comprueba que todas las variables explicativas tienen un efecto significativamente distinto de cero (p -valor $< 0,05$) y sus coeficientes estandarizados (β_i) indican que la densidad de semillas disminuye con el aumento de la densidad de pies ($\beta = -40,6$), mientras que aumenta con la altitud ($\beta = 18,9$) y el área basimétrica ($\beta = 38,7$). Con respecto a la edad, las masas mayores corresponden a una mayor densidad y las más jóvenes a una menor, aunque las intermedias presentan un coeficiente menor que las más jóvenes.

4.1.3. Variación en profundidad

La densidad promedio encontrada en las submuestras del horizonte O ($93,1 \pm 23,7$ semillas/m²) supera en 70,7 semillas/m² a la de la muestra más profunda ($22,4 \pm 5,6$ semillas/m²), lo que supone aproximadamente una relación promedio de 4:1. El test de la t para muestras relacionadas confirma (p -valor $< 0,01$) que dicha diferencia es significativamente distinta de cero (Tabla 4).

Tabla 4. Valores promedio de densidad de piñones (semillas/m²) encontradas en las dos profundidades consideradas en 18 de las 270 suparcelas analizadas: 1) P1: horizonte O de materia orgánica biodegradada pero no humificada. 2) P2: primeros centímetros del horizonte A hasta llegar a la capa compactada (sin superar los 10 cm de profundidad). Diferencia media entre ambas (Dif. Media) y resultados del test de la t para muestras relacionadas (t: estadístico t-student para el contraste; IC: intervalo de confianza para el valor medio de la diferencia; Sig (bilat): significación obtenida para el contraste de doble cola).

Profundidad	Densidad piñones (semillas/m ²)	Error típico	Diferencia				
			Dif. Media	IC al 95 %		t	Sig (bilat.)
			Inferior	Superior			
P1	93,1	23,7	70,7	30,4	111,0	3,7	0,002
P2	22,4	5,6					

4.2. Potencia germinativa

Del total de semillas recogidas, se someten al ensayo 7.370 (28,1%), obteniendo un porcentaje de germinación del 0,33% (24 piñones). La mayoría de las semillas no germinadas son vanas (52,4% abiertas, 46,1% cerradas), mientras que un 0,05% corresponden a semillas en buen estado de conservación que podrían corresponder con semillas latentes.

Por tipología de masa, las tasas de germinación son las siguientes:

- Altitud: Máximo en masas de 900-1.200 m (0,38%) y mínimo en 600-900 m



(0,29%).

- Edad: Máximo en masas jóvenes (< 25 años, 0,52%) y mínimo en masas longevas (> 60 años, 0,25%).

El análisis de humedad (N=66) refleja un porcentaje medio de humedad de las semillas previo al ensayo de germinación del 11,7%.

5. Discusión

El estudio confirma la presencia de una densidad promedio de piñones en el banco edáfico de las masas de *Pinus pinaster* Ait. del Valle del Tiétar de 104 semillas/m², lo que equivale a 1.040.000 semillas/ha. No existen estudios previos en la especie que permitan poner en contexto este valor, pero se trata de una cifra en torno a 500 veces mayor que los 2.000 pies/ha que podría considerarse una regeneración inicial suficiente y se encuentra dentro del rango de valores citado en bibliografía para la producción del banco aéreo del pino resinero que, según AGUILAR Y RODRÍGUEZ (2012), asciende a valores medios entre 240.000 y 1.155.000 semillas/ha.

Tanto las condiciones de espesura de la masa (densidad y área basimétrica), como la edad y la altitud, han demostrado influir significativamente en la presencia de piñones en el banco edáfico, hasta el punto de conseguir explicar el 82,7% de la variabilidad observada en la misma. De este modo, las masas jóvenes, con alta densidad y pequeño diámetro medio cuadrático, presentan las menores densidades de piñones; mientras que aumentos en la edad, aumentos en el diámetro medio cuadrático o disminuciones de la densidad de pies, favorecen la acumulación de piñones en el suelo. Todo ello podría estar correlacionado con la evolución de la productividad de las copas que, al igual que la densidad de piñones:

- Aumenta con el incremento del tamaño de copa que a su vez va a tender a ser mayor en masas más claras y con mayor diámetro medio cuadrático, encajando así con las relaciones encontradas por BRAVO *et al.* (2017), entre la producción de conos del pino resinero y la espesura de la masa y el tamaño de la copa de los pies.
- Aumenta con la edad, dado que en etapas tempranas (menores de 10-20 años) la mayoría de los pies de la especie no han alcanzado aún la madurez reproductiva que van adquiriendo paulatinamente. No existe información concluyente en bibliografía sobre la edad en la que suele producirse el declive en la producción de semilla en esta especie.

Hay que destacar con respecto al declive de la producción de semilla con la edad, que las masas del mayor rango de edad contemplado en el presente estudio (80-100 años) son las que presentan mayores densidades de piñones, no manifestando por tanto el banco edáfico signos de una menor acumulación de semillas. Esto encaja con lo observado en las masas de *Pinus pinaster* del Valle del Tiétar que no manifiestan declive fisiológico en ese rango de edades.

Resulta clave en esta última posibilidad la importancia de la velocidad de



degradación de los piñones, lo que también parece estar influyendo en la mayor densidad de semillas observada en las masas ubicadas a mayor altitud. En principio cabría esperar que las masas ubicadas en peores calidades de estación (en este caso las de mayor altitud) presentasen una menor producción de piñones y, por tanto, una menor acumulación en el banco edáfico. Sin embargo, lo observado en las masas en estudio indica precisamente lo contrario. El régimen térmico, marcadamente más frío, de estas zonas, se liga habitualmente a una menor velocidad de descomposición de la materia orgánica que llega al suelo (KIRSCHBAUM, 1995; KLIMEK Y NIKLIŃSKA, 2010) lo que podría ser la clave en la mayor acumulación de semillas a medida que se asciende en altitud. Así mismo, las condiciones más limitantes para el desarrollo vegetal pueden haber producido una menor tasa de germinación en las semillas llegadas al suelo y, en consecuencia, su mayor acumulación en el banco edáfico. Por último, caso de existir una disminución de la predación en zonas altas, también podría contribuir a este efecto.

En cualquier caso, al margen de la variabilidad encontrada en la densidad de semillas del banco edáfico, cabe destacar que la potencia germinativa de 0,33%, encontrada en las muestras analizadas (24 piñones germinados de 7.370) es muy baja. Esta baja potencia germinativa concuerda con lo encontrado en *Pinus halepensis* por DASKALAKOU Y THANOS (1996), que destacan la efímera viabilidad de las semillas del banco edáfico en dicha especie, cuya regeneración se nutre mayoritariamente tras un incendio de la germinación durante el primer año de las semillas caídas como consecuencia de la apertura de las piñas serótinas.

Cabe esperar que la mayoría de semillas viables que se dispersan en una masa, germinen durante el primer año tras su llegada al suelo, cuando se produzcan condiciones apropiadas de humedad y temperatura. De este modo, las semillas que se incorporan al banco edáfico corresponden a las no germinadas en ese primer período vegetativo, que serán semillas vanas (% característico de la procedencia), semillas dañadas (pudriciones...etc.), así como un porcentaje variable de semillas latentes y/o durmientes.

En los casos en que se muestrea, como en el presente estudio, antes de la diseminación anual, las semillas contabilizadas en el banco edáfico son producto de la acumulación de las no germinadas en los años anteriores. Por tanto, en el caso que nos ocupa, la bajísima potencia germinativa observada confirma que el número de semillas viables que se acumulan en el banco edáfico bajo mecanismos de latencia o durmancia es muy bajo (en nuestro caso podría coincidir con ese 0,03 % de germinadas + 0,05% de las que no germinaron, pero no estaban vanas ni dañadas).

Por lo tanto, en las masas de *Pinus pinaster* del Valle del Tiétar, el porcentaje de piñones viables en el banco edáfico al cabo de menos de un año tras la última diseminación, es muy pequeño y poco relevante teniendo en cuenta el total de piñones viables aportados por diseminación. Cabe esperar, por tanto, que la regeneración natural de *Pinus pinaster* se nutra mayoritariamente de las semillas diseminadas en el propio año y dependa poco de lo acumulado en el banco edáfico



en años anteriores.

5. Conclusiones

La regeneración natural del *Pinus pinaster* Ait. de las masas del Valle del Tiétar, se produce mayoritariamente a partir de la semilla que germina en el mismo período vegetativo de la diseminación. Las semillas acumuladas en el banco edáfico (sin incluir como tal las contenidas en piñas serótinas que puedan encontrarse cerradas en el suelo) presentan una potencia germinativa muy baja que limita su papel en la regeneración de las masas.

La necesidad de aporte complementario de semilla para la regeneración natural post-incendio, habrá de valorarse por tanto en función del banco aéreo. Teniendo en cuenta: i) la elevada capacidad predictiva de la disponibilidad de semillas del banco edáfico demostrada por el conjunto de variables ensayadas: espesura, edad y altitud de la masa; y ii) la necesaria correlación entre banco edáfico y aéreo de semillas; cabe esperar que modelos predictivos similares al presentado en el presente trabajo, puedan realizarse con buenos resultados para el banco aéreo, añadiendo además aspectos relacionados con severidad del fuego y serotinia.

6. Agradecimientos

A la Junta de Castilla y León por aportar financiación a los trabajos a través del Proyecto MRR-GF-SC-801/22, “Actuaciones de conservación y mejora de recursos genéticos forestales en Castilla y León en el marco del mecanismo de Recuperación, Transformación y Resiliencia-Next Generation-EU”.

Al personal de TRAGSA y al de la Junta de Castilla y León que ha contribuido al desarrollo de las tareas de campo y de laboratorio.

7. Bibliografía

AGUILAR, S.; RODRÍGUEZ, F.; 2012. ANEXO IV. Datos característicos de lote de semillas. En Producción y manejo de semillas forestales. J. Pemán, R.M. Navarro, J.L. Nicolás, M.A. Prada Sáez y R. Serrada (eds.). Organismo Autónomo de Parques Nacionales.

BRAVO, F.; MAGUIRE, D.A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S.C.; 2017. Factors affecting cone production in *Pinus pinaster* Ait.: lack of growth-reproduction trade-offs but significant effects of climate and tree and stand characteristics. *For. Syst.* 26, 13.

BUENO, A.; BARUCH, Z.; 2011. Soil seed bank and the effect of needle litter layer on seedling emergence in a tropical pine plantation. *Rev. Biol. Trop.* 59, 1071-1079.

DASKALAKOU, E.N.; THANOS, C.A.; 1996. Aleppo Pine (*Pinus halepensis*) Postfire Regeneration: The Role of Canopy and Soil Seed Banks. *Int. J. Wildl. Fire.* 6, 59-66.

FERRANDIS, P.; HERRANZ, J.M.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; 1996. The role of soil seed bank in the early stages of plant recovery after fire in a *Pinus pinaster* forest in SE Spain. *Int. J. Wildl. Fire.* 6, 31-35.

GALLARDO, J.F.; CUADRADO SÁNCHEZ, S.; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, M.I.; 1981.



Suelos forestales de la vertiente Sur de la Sierra de Gredos. Anu. del Cent. Edafol. y Biol. Apl. del CSIC. 7, 155-168.

GARCÍA ABEJÓN, J.L.; GÓMEZ LORANCA, J.A.; 1989. Tablas de producción de densidad variable para *Pinus pinaster* Ait. en el Sistema Central. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 45 pp.

GIL, L.; LÓPEZ, R.; GARCÍA-MATEOS, L.; GONZÁLEZ-DONCEL, I.; 2009. Seed provenance and fire-related reproductive traits of *Pinus pinaster* in central Spain. Int. J. Wildl. Fire. 18, 1003-1009.

ISTA; 2010. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association.

KIRSCHBAUM, M.U.F.; 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. Soil Biol. Biochem. 27, 753-760.

KLIMEK, B.; NIKLIŃSKA, M.; 2010. How decomposition of organic matter from two soil layers along an altitudinal climatic gradient is affected by temperature and moisture. Polish J. Environ. Stud. 19, 1229-1237.

LAFUENTE, D.; RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, L.; MAJADA, J.P.; 2012. *Pinus pinaster* Aiton. En Producción y manejo de semillas y plantas forestales. Tomo I. J. Pemán García, R.M. Navarro Cerrillo, J.L. Nicolás Peragón, M.A. Prada y R. Serrada Hierro (eds.). Organismo Autónomo Parques Nacionales.

LAFUENTE LAGUNA, D.; RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, L.; MAJADA GUIJO, J.P.; 2005. *Pinus pinaster* Aiton. En Manual para la comercialización y producción de semillas y plantas forestales. Materiales de base y reproducción. R. Alía, N. Alba, D. Agúndez y S. Iglesias (eds.). p. 384.

MCDONALD, J.H.; 2008. Handbook of biological statistics. Sparky House Publishing. 287 pp.

MITECO; 2021. Mapa Forestal de España 1:25000 [WWW Document].

PEMÁN, J.; NAVARRO-CERRILLO, R.; NICOLÁS, J.; PRADA, A.; SERRADA, R.; 2012. Producción y manejo de semillas y plantas forestales (Tomos I y II). Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

RODRÍGUEZ, R.J.; SERRADA, S.; LUCAS, J.A.; ALEJANO, R.; DEL RÍO, M.; TORRES, E.; CANTERO, A.; 2008. Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesoogeensis* Fieschi & Gaussen. En Compendio de selvicultura aplicada en España. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, pp. 399-430.

TAPIAS, R.; BERTOMEU, M.; GIL, L.; PARDOS, J.A.; 1997. El papel evolutivo del fuego como factor de selección natural en masas de pinos mediterráneos. Estudio de los conos seróticos y la floración precoz. En II Congreso Forestal Español IRATI-97. F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.). Gráficas Pamplona, pp. 455-459.

VEGA, J.A.; 2003. Regeneración del género *Pinus* tras incendios. Actas la III Reun. sobre Regen. Nat. - IV Reun. sobre Ord. Montes. 15, 59-68.