

# Sitios experimentales y redes de parcelas para la investigación sobre regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. gestionados por la Universidad de Valladolid

Felipe Bravo, Carlos del Peso, Encarna Rodríguez, Cristóbal Ordóñez,  
Irene Ruano, Ana Isabel de Lucas

## RESUMEN

La investigación de los procesos de regeneración forestal precisa un gran esfuerzo de muestreo en campo tanto en el espacio para cubrir un amplio rango de situaciones ecológicas y selvícolas como en el tiempo para poder capturar los efectos de la variabilidad del clima. En ese capítulo se presentan los sitios experimentales y redes de parcelas que desde el año 2004 ha instalado la Universidad de Valladolid con el objeto de profundizar en el conocimiento de la regeneración de *Pinus pinaster* Ait. y en el desarrollo de modelos y otros instrumentos útiles para la gestión forestal. Se describen en detalle los sitios experimentales de Cuéllar y las Navas del Marqués y las redes de parcelas de seguimiento del efecto de las perturbaciones sobre la regeneración y de evaluación del potencial del regenerado avanzado. En estos dispositivos se han estudiado diferentes procesos como la lluvia de semilla, la predación, el efecto del clima y los tratamientos selvícolas sobre la germinación y desarrollo inicial de las plántulas y los procesos de facilitación y competencia en relación con el matorral y los árboles adultos.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cualquier programa de investigación selvícola requiere de un amplio dispositivo experimental y de seguimiento durante un largo periodo de tiempo. Por ello desde el año 2001, nuestro grupo ha instalado redes de parcelas y dispositivos experimentales para cubrir los principales objetivos de nuestro programa de investigación en silvicultura y dinámica forestal. Bravo *et al.*, (2004) presentaron una descripción sobre las redes de parcelas permanentes y sitios experimentales instalados hasta esa fecha. En este capítulo nos centraremos en los sitios experimentales y redes de parcelas para el estudio de la regeneración de *Pinus pinaster* Ait. (pino negro) gestionados por nuestro grupo. Aunque la mayoría de estos dispositivos se encuentran en Castilla y León, parte están instalados en Extremadura y en Aragón. A continuación se presentarán los siguientes dispositivos: (1) Sitio experimental de Cuéllar (Segovia), (2) Sitio experimental de Las Navas del Marqués (Ávila), (3) Red de parcelas para el estudio de la regeneración tras cortas e incendio y (4) Red de parcelas de regeneración avanzada.

## 2. SITIOS EXPERIMENTALES

### 2.1. Sitio experimental de Cuéllar (Segovia)

El sitio experimental de muestreo intensivo de Cuéllar (Segovia) fue instalado en un tramo en regeneración del monte público nº 32 «Común de la Torre y Jaramiela», perteneciente a la

---

J. Gordo, R. Calama, M. Pardos, F. Bravo, G. Montero (ed.). La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA). Valladolid © 2012 (67-79).

Comunidad de Villa y Tierra Antigua de Cuéllar y situado en el término municipal de Mata de Cuéllar y Valledado. Para su instalación se contó con la autorización y colaboración tanto de la propiedad (Comunidad de Villa y Tierra Antigua de Cuéllar) como del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Segovia (Junta de Castilla y León). Este monte se encuadra dentro de la extensa masa continua de pinares de *Pinus pinaster* incluida en la región de procedencia Meseta Castellana (Alía *et al.*, 1996). El sitio experimental está situado a 757 metros de altitud (41° 22' N, 4° 29' W) en un rodal llano, de suelos silíceos, arenosos y dunas continentales de origen cuaternario (Junta de Castilla y León, 1988), caracterizado por un clima semiárido mediterráneo, con una precipitación y temperatura anual media de 461 mm, y 11,2°C, respectivamente, y una sequía estival pronunciada. La comunidad florística que acompaña al pino negral (Alday *et al.*, 2010) se compone de una asociación típica mediterránea de especies anuales (*Micropyrum tenellum* (L.) Link, *Sedum amplexicaule* DC., *Vulpia myuros* (L.) C.C. Gmelin, *Lupinus angustifolius* L., vivaces y arbustivas (*Lavandula pedunculata* Miller, *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don) e individuos aislados de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). La silvicultura aplicada en este área está basada en la regeneración natural, durante un periodo de 20 años, en un sistema adaptado a la producción de resina y madera con masas adultas a turno de 120 años, en densidades bajas (aproximadamente 140 pies/ha). El objetivo principal de este sitio experimental es evaluar y cuantificar de forma exhaustiva el efecto de los factores causales de la regeneración, como el peso o intensidad de la corta, y de los factores de influencia directa como la luz, la disponibilidad de nutrientes o la microtopografía, sobre diferentes procesos claves: disponibilidad de semillas (dispersión), predación, nascencia y supervivencia a corto y largo plazo de plántulas establecidas.

En el verano de 2003, sobre una zona homogénea en cuanto a condiciones abióticas y estructura del pinar, se procedió a instalar el sitio experimental, diseñado mediante parcelas divididas (Split-Plot). El diseño consta de 10 parcelas de 0,49 ha de superficie (70×70 m), donde se efectuaron tres tratamientos de corta de regeneración durante el invierno del año 2004 (Tabla 1). Las intensidades de corta, expresadas en relación al área basimétrica, fueron: cortas del 100% (parcelas 1, 3 y 9), 50% (parcelas 6, 7 y 8), 25% (parcelas 2, 4 y 5). Cada nivel de corta

Tabla 1

**Caracterización de las cortas planificadas en cada parcela con expresión de la intensidad en relación al número de pies por parcela, área basimétrica y volumen**

Parcela	Nº de árboles iniciales	Árboles cortados	Área basimétrica inicial (m <sup>2</sup> /ha)	Área basimétrica cortada (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen inicial (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen cortado (m <sup>3</sup> /ha)
1	67	67	16,639	16,639	125,469	125,439
2	69	30	17,658	4,413	138,695	32,705
3	62	62	17,893	17,893	151,210	151,210
4	79	32	18,034	4,350	148,705	30,523
5	85	24	21,346	5,283	190,010	44,751
6	92	51	20,845	10,602	187,389	93,115
7	56	34	14,056	7,042	112,455	53,088
8	64	33	15,070	7,111	110,966	50,818
9	75	75	18,913	18,913	157,484	157,484
10	47	0	13,458	0,000	92,308	0,000

**Figura 1**

*Sitio experimental en el monte nº 32 de Mata de Cuéllar (Segovia). La figura muestra el diseño experimental y, se observa de manera clara las tres repeticiones de la corta a hecho. Los puntos blancos representan la posición de las trampas de semillas.*

está repetido tres veces en parcelas elegidas al azar. Asimismo, se ha instalado una única parcela control donde no se han efectuado cortas (cortas del 0%) (Figura 1). En el caso de los estudios florísticos fue necesario instalar otras dos parcelas testigo situadas de forma contigua a la parcela 10 (Figura 1).

Para el análisis de la dispersión de semilla del pino negral se dispusieron un total de 90 trampas de  $1 \times 1$  m de forma sistemática, a razón de 9 por parcela de ensayo (3 parcelas por tratamiento más la parcela de control), separadas entre sí por unos 35 metros. Las trampas están ligeramente levantadas del suelo unos 30 cm y el apoyo y esqueleto de las mismas está hecho a base de estacas de madera y alambre que tensan las telas (Figura 2). La base de la trampa es una fina malla metálica de luz de  $2 \times 2$  mm, recubiertas por de malla gallinera de luz de  $2 \times 2$  cm para evitar la predación de la semilla. El seguimiento de las trampas y la limpieza y recogida de semillas es periódico, concentrándose especialmente en la época de mayor producción (finales de la primavera y verano). En general se han visitado las trampas de semillas con una frecuencia quincenal desde el año 2004 hasta la actualidad.

Además se instalaron 250 trampas (25 por parcela) para el seguimiento de la demografía del regenerado (Figuras 2 y 3) anotándose desde el año 2006, con la misma periodicidad del seguimiento de la lluvia de semillas, la nascencia, supervivencia y mortalidad de las plántulas. La distribución de las parcelas de demografía siguió un patrón regular en cada una de las parcelas de ensayo (Figura 4). Su tamaño es de  $1 \times 1$  m excepto en las trampas centrales (trampa nº13) que se ampliaron a  $2 \times 2$  m. Desde el año 2010 se está haciendo el seguimiento de la depredación en un grupo representativo de trampas (Figura 5).

Durante los años 2006 y 2007 se estudió la influencia de la luz y la disponibilidad hídrica en la germinación y los primeros meses de establecimiento. Para ello se instalaron dentro de estas parcelas de ensayo 12 dispositivos (3 en cada una de las parcelas 5, 7, 9 y 10). Cada dispositivo consta de cuatro unidades experimentales (Figura 6) en las cuales se sembraron 25

**Figura 2**

*Trampa de recogida de semillas y trampa de seguimiento de demografía de regenerado.*

semillas (en total 1.200 semillas). Cada uno de los dispositivos se sometió a cuatro regímenes hídricos estivales diferentes, simulando tormentas, de forma que se ensayaron 4 regímenes hídricos y 4 situaciones de luz (ver capítulo 14). Por otro lado, y representando la región de procedencia Meseta Castellana, los 217 árboles de las parcelas P1 y P5 han sido analizados con marcadores moleculares, formado parte de un estudio de estructura genética espacial del pino negral (De-Lucas *et al.*, 2009). Estos datos genéticos, están disponibles para po-

**Figura 3**

*Recogida de material vegetal para el análisis de la estructura genética espacial. Sitio experimental en el monte nº 32 de Mata de Cuéllar (Segovia).*

**Figura 4**

*Distribución de las parcelas de seguimiento de la demografía (en blanco) y de las trampas de semilla (en granate) en una de las parcelas de ensayo del dispositivo experimental en el monte nº 32 de Mata de Cuéllar (Segovia).*

sibles futuros estudios de parentesco entre el regenerado y los árboles semilleros. El enlace donde se encuentra disponible toda la información detallada de este sitio experimental es el siguiente: (<http://sostenible.palencia.uva.es/compartida/CuellarExperimentalSite.pdf>)

Así mismo, durante la primavera de 2008 se estableció una pequeña repoblación de plantas producidas en los viveros de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (E.T.S.II.AA.) de Palencia bajo dos niveles de fertilización y tres niveles de luz (Figura 7). Así

**Figura 5**

*Trampa de depredación asociada a la trampa de recogida de lluvia de semillas. Año de instalación y seguimiento: 2010. Sitio experimental en el monte nº 32 de Mata de Cuéllar (Segovia).*

**Figura 6**

*Dispositivo experimental formado por 4 unidades experimentales para analizar la influencia de la luz y la disponibilidad hídrica en el dispositivo experimental en el monte nº 32 de Mata de Cuéllar (Segovia).*



mismo a parte de las plántulas se les dio un riego en verano durante el primer año, simulando un año húmedo de instalación de la regeneración. Con este ensayo se busca analizar como influyen las condiciones de nascencia y el primer desarrollo de las plántulas a su posterior puesta en luz. El origen de la semilla utilizada fue semilla comercial de la región de procedencia Meseta Castellana.

Desde la instalación del sitio experimental en el monte nº 32 de Mata de Cuéllar en 2004, han sido numerosas las ocasiones que se ha visitado esta parcela intensiva de muestreo con un fin docente o de transferencia de conocimiento (Figura 8). Así los nuevos conocimientos que se van generando se trasladan tanto a alumnos en formación (grados forestales, máster y doctorado, y cursos específicos de formación en gestión forestal sostenible) como a gestores, investigadores y tecnólogos.

**Figura 7**

*Plantas instaladas en el ensayo de repoblación en el sitio experimental dentro del monte nº 32 de Mata de Cuéllar (Segovia). Las plántulas se han obtenido en vivero bajo distintas condiciones de luz y fertilidad.*



**Figura 8**

*La labor docente y de transferencia es una de las actividades desarrolladas en el Sitio experimental en el monte nº 32 de Mata de Cuéllar (Segovia) En la foto estudiantes del Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural (Universidad de Valladolid) en visita de prácticas.*

## 2.2. Sitio experimental de Las Navas del Marqués (Ávila)

El sitio experimental de Las Navas del Marqués (Ávila), 40° 33' N y 4° 20' W fue instalado en marzo del año 2008, en colaboración con la Sociedad de Las Navas del Marqués, en un rodal mono-específico de *Pinus pinaster* de 25 ha de superficie (Figura 9). La masa tenía una edad de 35-40 años en el momento de instalación, se localiza a 1.050 m de altitud, con exposición noroeste, y presenta un estrato de sotobosque alto (~1,35 m) formado casi exclusivamente por *Cistus ladanifer* L. El suelo es silíceo y de tipo Entisol. En el invierno de 1996 a 1997 se realizó la última corta (aclareo sucesivo), y desde entonces se mantiene vallado para excluir al ganado. La

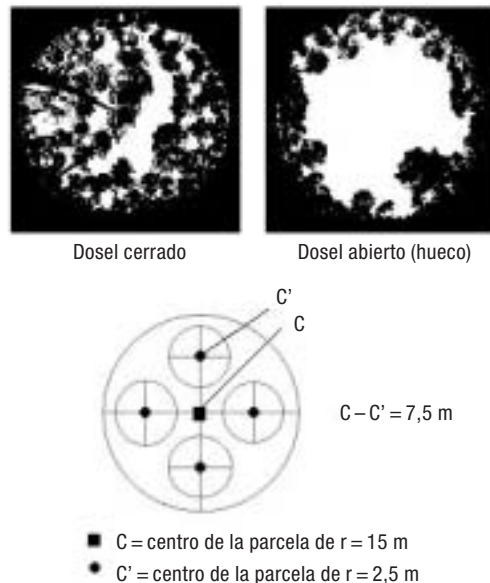
**Figura 9**

*Vista general del sitio experimental de Las Navas del Marqués (Ávila).*

corta dio lugar a diferencias de densidad dentro del rodal generando huecos, lo que permitió caracterizar dos tipos de cobertura de dosel: zonas con cobertura arbórea y zonas abiertas. El clima es mediterráneo, con una precipitación media anual de 738 mm distribuida principalmente en otoño y primavera y una temperatura media anual de 10°C. La precipitación en verano es escasa, con valores mínimos en julio y agosto. En el año de instalación del sitio experimental (2008) el periodo de aridez estival fue más largo que la media general, pero no se detectaron diferencias significativas entre ninguna de las variables climáticas de precipitación y temperatura usadas en el contraste entre el clima general de la zona y el del año de estudio.

En este sitio se llevaron a cabo, de forma paralela, dos estudios; uno para evaluar el efecto del matorral en la supervivencia a las condiciones de verano de plántulas jóvenes de *Pinus pinaster* emergidas de forma natural a partir del banco de semillas del suelo (Rodríguez-García *et al.*, 2011a) y otro estudio donde se evaluó la interacción matorral-regenerado en plantas juveniles de *Pinus pinaster* de diferentes tamaños relativos con respecto a la altura del matorral circundante, y ver el efecto en el crecimiento en volumen del regenerado (Rodríguez-García *et al.*, 2011b).

Primero, se identificaron dos tipos de dosel: dosel abierto (huecos o claros), con una densidad arbórea media de 56,59 árboles ha<sup>-1</sup>, y dosel cerrado, con una densidad arbórea media de 146,19 árboles ha<sup>-1</sup>. En cada tipo de dosel se instalaron tres parcelas circulares de 15 m de radio (Figura 10) y se midieron diferentes variables para caracterizar la estructura forestal (Tabla 2). Dentro de estas parcelas de 15 m de radio se instalaron cuatro subparcelas circulares de radio 2,5 m que fueron empleadas para medir la cobertura y altura del matorral presente, y caracterizar las condiciones ambientales de luz sobre el sotobosque, y las condiciones edáficas y microclimáticas en zonas bajo matorral y zonas abiertas sin matorral, en los dos tipos de cobertura de dosel. El ambiente lumínico, bajo los dos tipos de dosel, se caracterizó a partir de cinco fotografías hemisféricas tomadas al amanecer.



**Figura 10**

Fotografías hemisféricas bajo dos tipos de dosel (cerrado y abierto). Estructura del dispositivo de muestreo en el sitio experimental de Las Navas del Marqués (Ávila).



**Tabla 2**  
**Principales características (media  $\pm$  error estándar) de las variables de la estructura forestal del sitio de estudio**

Variables	Dosel cerrado	Dosel abierto
<b>CA (%)</b>	33,17 $\pm$ 0,55	5,10 $\pm$ 0,57
<b>DA (N ha<sup>-1</sup>)</b>	146,19 $\pm$ 7,25	56,59 $\pm$ 5,32
<b>AB (m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>)</b>	16,66 $\pm$ 0,79	6,67 $\pm$ 0,38
<b>HO (m)</b>	17,94 $\pm$ 0,22	14,95 $\pm$ 0,48
<b>Dbh (cm)</b>	38,16 $\pm$ 0,07	35,92 $\pm$ 1,17
<b>CM (%)</b>	48,75 $\pm$ 5,43	49,17 $\pm$ 5,14
<b>HM (cm)</b>	135,73 $\pm$ 6,88	134,88 $\pm$ 7,33

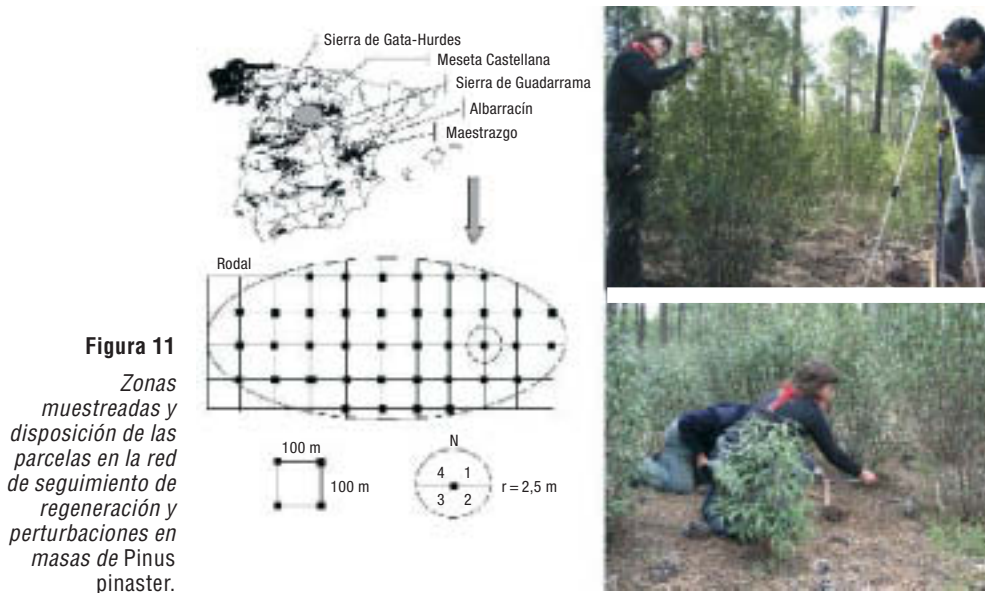
**CA (%)**: cobertura arbórea; **DA (pies/ha)**: densidad arbórea; **AB(m<sup>2</sup>/ha)**: área basimétrica; **HO (m)**: altura dominante de Assman; **Dbh (cm)**: diámetro a la altura del pecho; **CM (%)**: cobertura de matorral; **HM (cm)**: altura del matorral.

Para la caracterización de las condiciones de micrositio se consideraron dos microambientes: bajo matorral y espacios sin matorral. A finales de julio (mes con más déficit hídrico), se tomaron 3 muestras de suelo de los primeros 20 cm, de cada combinación de microambiente y subparcela (n = 144). Las muestras de suelo fueron transportadas al laboratorio en bolsas de plástico herméticas para poder calcular la humedad edáfica (%) mediante gravimetría. Con estas mismas muestras se calculó el contenido de macronutrientes, porcentaje de partículas en función del tamaño (arena, limo, arcilla), la textura, la conductividad eléctrica, el pH y el porcentaje de materia orgánica. Durante 6 días consecutivos (24-31 julio de 2008), se registraron las siguientes variables con ayuda de sensores tipo HOBO Pro v2 (Onset computers, Pocasset, MA, USA): temperatura del suelo en los primeros centímetros (3 cm) con una frecuencia de 15 min, y la temperatura y humedad atmosférica sobre la superficie del suelo (10 cm), con una frecuencia de 30 min. La temperatura del suelo al mediodía (12-5 pm) se calculó a posteriori.

### 3. REDES DE PARCELAS

#### 3.1. Red de seguimiento de selvicultura y perturbaciones

Esta red está compuesta por 17 rodales, regenerados de forma natural a partir de cortas o incendios, en masas de *Pinus pinaster* localizados en los Sistemas Central e Ibérico Meridional (Figura 11) de forma que representan, tanto la variabilidad de estaciones en las que se encuentra la especie como de las cortas de regeneración y la perturbación dominante en sistemas mediterráneos (el fuego). Los rodales fueron seleccionados en áreas en las que el tratamiento o la perturbación hubiese tenido lugar en los 10 años anteriores al muestreo, con una superficie de 30 ha, donde existiese regeneración natural y no se hubiesen producido cortas o nuevas perturbaciones tras el tratamiento (Tabla 3). La restricción de superficie no se pudo cumplir en muchos casos por lo que el número de parcelas varió entre los rodales. Los rodales de la Meseta Castellana (MC) y Guadarrama (GD) fueron cortados mediante cortas a hecho en dos tiempos o aclareo sucesivo, respectivamente. Los rodales de Albarracín (AB) y Maestrazgo (MG) se cortaron mediante entresaca. Finalmente los rodales situados en Gata y Hurdes (GH) se regeneraron tras incendio. En ninguno de los rodales se realizaron tratamientos del suelo y los árboles fue-



**Figura 11**

Zonas muestreadas y disposición de las parcelas en la red de seguimiento de regeneración y perturbaciones en masas de *Pinus pinaster*.

ron extraídos de los rodales dejando restos de las copas en el sitio (excepto en los rodales 10 y 11 de Gata-Hurdes). La densidad de los árboles semilleros oscilan entre los 25 y 50 árboles/ha en las zonas de cortas a hecho en dos tiempos, entre los 50 y 150 árboles/ha en las zonas sometidas a aclareos sucesivos y entre 200 y 300 árboles/ha en los rodales sometidos a entresaca. En las zonas quemadas, como máximo, quedaron en pie 15 árboles vivos por ha.

Dentro de cada rodal se dispuso, una malla cuadrada de  $100 \times 100$  m de lado (Figura 11). En cada uno de los nodos de la malla se instaló un parcela circular de radio 2,5 metros que se dividió en cuatro cuadrantes en los que se contabilizó el número de regenerados viables mediante el método de los cuadrantes ocupados o *stocked quadrant method* (Rodríguez-García *et al.*, 2010 se pueden encontrar los detalles del método). Con el radio de estas parcelas, cada cuadrante tiene un área de  $4,9$  m<sup>2</sup> lo que correspondería, si se asume un patrón regular de la distribución espacial de las plántulas, con una densidad de 2.000 árboles/ha, densidad que en muchos casos se fija como el umbral mínimo de una regeneración viable (Matney y Hodges, 1991). En cada una de las parcelas se contabilizó el número de regenerados con diámetro normal igual o menor a 7,5 cm. A éstos se les midió su altura (cm), el diámetro en la base (mm), su estado de vigor (dañados/no dañados por pastoreo, patógenos, desecación, etc.) y su posición social (dominante o suprimido) con respecto a otras plántulas de *Pinus pinaster* o al matorral presente. La edad de cada plántula se estimó visualmente en campo mediante el conteo de verticilos. A las plántulas germinadas en el otoño o primavera del año de muestreo se les asignó una edad de 0 años. Para cada parcela se calculó la edad media, mediana, modal y máxima de las plántulas con el fin de identificar las fechas de instalación del regenerado. A partir de los datos de la Agencia Estatal de Meteorología ([www.aemet.es](http://www.aemet.es)) se caracterizaron las precipitaciones y temperaturas en las parcelas durante los años de instalación del regenerado, seleccionando las estaciones más adecuadas de acuerdo con su exposición, altitud y distancia a cada uno de los rodales. Se estimó en cada parcela el porcentaje de cobertura del matorral, especies herbáceas y musgo, así co-

Tabla 3  
Principales características de los rodales incluidos en la red de seguimiento de cortas y perturbaciones en poblaciones mediterráneas de *Pinus pinaster*

D	Po	Localidad	Rodal	Localización del rodal	N	ST	SA	AB (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	DFS (m)	Alt (m.s.n.m.)	P (mm)	T (°C)
CH	MC		1	41°15'N-4°45'W	22	6	2007	8,80 ± 2,9	20,70 ± 3,3	750 ± 15	440	13,8
			2	41°30'N-4°30'W	23	4	2005	9,93 ± 3,7	9,89 ± 9	788 ± 12	493	12,1
			3	41°30'N-4°30'W	16	3	2005	6,52 ± 5,7	10,00 ± 18	795 ± 39	493	12,1
			4	41°33'N-2°55'W	3	5-7-9	2004	5,9 ± 2,9	9,9 ± 6	990 ± 29	450	11,5
AC	GD		5	41°33'N-2°55'W	16	3-4-5	2004	1,6 ± 1,2	21,6 ± 11	840 ± 19	450	11,5
			6	41°33'N-2°55'W	29	5-6-8	2004	4,3 ± 4,6	16,1 ± 19	1.009 ± 26	450	11,5
			7	40°33'N-4°20'W	13	2	2007	12,88 ± 3,1	4,61 ± 3,1	1.261 ± 11,3	739	10,6
			8	40°33'N-4°20'W	14	10	2007	12,32 ± 2,7	3,96 ± 3,1	1.097 ± 12,3	739	10,6
F	GH		9	40°30'N-6°30'W	26	5	2006	0,58 ± 2,2	27,90 ± 25,0	351 ± 24,9	672	15,4
			10	40°30'N-6°30'W	25	7	2006	0,38 ± 1,5	58,14 ± 42,9	607 ± 61,5	1050	15,4
			11	40°30'N-6°30'W	30	6	2006	0,00 ± 0,0	90,68 ± 28,4	804 ± 89,7	1050	15,4
EN	MG		12	40°24'N-0°45'W	29	7	2006	23,07 ± 6,9	2,95 ± 1,3	1.115 ± 32,9	404	12,3
			13	40°24'N-0°45'W	29	4	2006	24,12 ± 4,4	2,63 ± 1,1	1.101 ± 32,9	404	12,3
EN	AB		14	40°20'N-1°20'W	9	3	2007	31,61 ± 11,6	56,91 ± 51,1	1.375 ± 32,7	355	11,0
			15	40°20'N-1°20'W	5	4	2007	29,20 ± 5,5	3,15 ± 1,5	1.321 ± 15,6	355	11,0
			16	40°20'N-1°20'W	6	4	2007	15,50 ± 6,4	4,08 ± 2,6	1.259 ± 10,5	355	11,0
			17	40°20'N-1°20'W	6	3	2007	11,92 ± 6,6	4,76 ± 2,8	1.209 ± 15,2	355	11,0

D: perturbación (GH: corta a hecho con reserva de árboles semilleros; AC: aclareo sucesivo; F: fuego; EN: entresaca); Po: población (MC: Meseta Castellana; GD: Guadarrama; GH: Sierra de Gata-Las Hurdes; MG: Maestrazgo; AB: Albaracín); N: número de parcelas muestreadas por rodal; ST: años transcurridos desde la perturbación hasta el año del muestreo (SA); AB (m<sup>2</sup>/ha): área basimétrica; DFS (m): distancia más cercana a la fuente de semilla; Alt (m.s.n.m.): altitud; P (mm): precipitación media anual; T (°C): temperatura media anual; VA: Valladolid; SG: Segovia; SO: Soría; AV: Ávila; CA: Cáceres; TE: Teruel. Los valores de la Tabla 1 corresponden al valor medio ± error estándar.



**Figura 12**

*Parcelas de seguimiento de regeneración avanzada de Pinus pinaster en la meseta castellana y apeo de arbolado para el análisis de troncos.*

mo la cobertura de los restos de corta, y se midió, con una precisión de 0,5 cm la altura del matorral, de las especies herbáceas y de los restos de corta. Además, en un 10% de las parcelas de cada rodal se tomó una muestra de los primeros 20 cm de suelo para determinar el porcentaje de arena, arcilla y limo, el porcentaje de carbonatos y materia orgánica, la concentración de fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio y la conductividad eléctrica. Todos los análisis siguieron los protocolos definidos por el MAPA (1994).

### **3.2. Red de parcelas para la evaluación de la regeneración avanzada**

El estudio de la regeneración avanzada se centra en 3 sitios de seguimiento situados en tramos próximos a las cortas de regeneración en los siguientes montes públicos: monte N° 39 «Mohago» situado en el término municipal de Olmedo (Valladolid), monte N° 25 «Pinar de la Villa» situado en el término municipal de Arévalo (Ávila) y monte N° 32 «Torre y Jaramiela» situado en los términos municipales de Mata de Cuéllar y Vallelado (Segovia). El objetivo de esta red es evaluar el potencial de la regeneración avanzada y la influencia de los diferentes sistemas de gestión sobre su dinámica. En cada uno de los sitios se ha instalado (abril de 2008) una parcela de 50 x 50 m. Dentro de la cada una de estas parcelas (Figura 12) se han situado todos los árboles, mediante coordenadas polares (ángulo y distancia al centro), se han medido sus alturas, diámetros y edad, y se han clasificado en tres grupos (árboles adultos, regenerado dominante y regenerado suprimido). Además, se apearon 20 árboles en cada uno de los dos últimos grupos para realizar un análisis de tronco con el objeto de estudiar su crecimiento en altura.

## **4. AGRADECIMIENTOS**

La instalación de estos dispositivos se llevó a cabo dentro los siguientes proyectos PSE-310009-2009-4, AGL2007-65795-C02-01, AGL2004-07094-C02-02/FOR y AGL2001-1780 financiados por el Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación y el proyecto VA 096A05 financiado por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León. Para la instalación en campo se contó con la ayuda de los servicios forestales de Ávila, Valladolid, Segovia y Soria (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León), Cáceres (Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural de la Junta de Extremadura) y Teruel (Consejería de Medio Ambiente del Gobier-

no de Aragón) y la empresa Unión Resinera. Belinda Guerra colaboró en las primeras fases de la instalación del sitio experimental de Cuéllar mientras que Valentín Pando y Roberto San Martín, del Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA), ayudaron a que toda la red tuviese un adecuado diseño estadístico. En la toma de datos colaboraron numerosos investigadores y alumnos de la Universidad de Valladolid.

## 5. LISTADO DE REFERENCIAS

- Alday, J. G., Martínez-Ruiz, C., Marrs, J., Bravo, F. (2010). Influence of harvesting intensity on the floristic composition of natural mediterranean maritime pine forest. *Acta Oecologica* 36(3): 349-356.
- Bravo, F., Ordóñez, C., Lizarralde, I., Bravo-Oviedo, A., Guerra, B., Peso, C. del, Domínguez, M., Osorio, L. F. (2004). Red de parcelas y experimentos del grupo de investigación sobre gestión forestal sostenible de la ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 18: 237-242.
- De-Lucas, A. I., González-Martínez, S. C., Vendramin, G. G., Hidalgo, E., Heuertz, M. (2009). Spatial genetic structure in continuous and fragmented populations of *Pinus pinaster* Aiton. *Molecular Ecology* 18(22): 4564-4576.
- MAPA (1994). Métodos oficiales de análisis. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Matney, D. T., Hodges, D. J., (1991). Evaluating regeneration success. In: Duryea, M.L., Dougherty, P. M. (Eds.), *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Rodríguez-García, E., Bravo, F., Spies, T. A. (2011a). Effects of overstorey, plant-plant interactions and soil properties on Mediterranean maritime pine seedling dynamics. *Forest Ecology and Management* 262: 244-251.
- Rodríguez-García, E., Juez, L., Bravo, F. (2010). Environmental influences on post-harvest natural regeneration of *Pinus pinaster* Ait. in Mediterranean forest stands submitted to seed-tree selection method. *European Journal of Forest Research* 129: 1119-1128. doi: 10.1007/s10342-010-0399-7.
- Rodríguez-García, E., Ordóñez, C., Bravo, F. (2011b). Effects of shrub and canopy cover on the relative growth rate (RGR) of *Pinus pinaster* seedlings of different sizes. *Annals of Forest Science* 68(2): 337-346. <http://dx.doi.org/10.1007/s13595-011-0039-5>.