



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-160

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017  
**ISBN 978-84-941695-2-6**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Tratamientos para el incremento de la diversidad en masas artificiales de *Pinus halepensis*.

HERNÁNDEZ JIMÉNEZ, A.<sup>1</sup> y ARRECHEA VERAMENDI, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio Provincial de Zaragoza de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Gobierno de Aragón.

### Resumen

En enero de 1999 se instalaron cuatro parcelas de ensayo de primeras claras en el monte “El Cierzo” de Tarazona, Zaragoza, poblado entonces por una masa repoblada de *Pinus halepensis* de 44 años, con 2.000 pies/ha y 33 m<sup>2</sup>/ha de área basimétrica. En cada parcela se realizó un tratamiento selvícola de diferente intensidad, y en sucesivas mediciones se ha cuantificado la biomasa extraída, la biomasa presente, tanto viva como muerta, aérea y radical, y la regeneración. Se ha analizado la diferenciación estructural, el crecimiento, la producción total y el balance de CO<sub>2</sub>. Los tratamientos, clara fuerte por lo bajo, clara fuerte mixta, clara muy fuerte mixta-alta y parcela testigo sin intervención, han dado lugar a una clara diferenciación de la masa tanto estructural como específica con efectos perdurables a medio plazo. La clara baja muestra su aptitud de cara a la producción, mientras que claras más altas suponen incremento de diversidad. La pendiente de la recta de Reineke calculada en el testigo sin tratamiento difiere en gran medida de la teórica.

### Palabras clave

Tratamientos selvícolas, claras, naturalización, biodiversidad.

### 1. Introducción

La repoblación forestal realizada en el último siglo y medio ha supuesto en Aragón, según interpretación propia de los datos del Mapa Forestal de Aragón (ESCUADERO y FRANCHÉS, 2004), la creación de más de 280.000 ha. de masas arboladas, (la superficie arbolada total aragonesa es de 1.364.414 ha) lo que supone que un 20,5% del arbolado aragonés proviene de repoblación forestal. Buena parte de estas superficies han sido incluidas en Lugares de Importancia Comunitaria, y son susceptibles de evolucionar hacia Hábitats de Interés Comunitario, bien por una mejora de la masa en el caso de las repoblaciones de especies constitutivas de hábitats de interés comunitario, bien por la dinámica de reemplazo por otras especies como encinas, quejigos, sabinas u otras. Aunque se ha puesto en entredicho el papel facilitador de las repoblaciones en climas semiáridos (MAESTRE y CORTINA, 2004), las repoblaciones pueden desempeñar un papel importante en los trabajos de restauración y conservación de ecosistemas forestales (SPIES & FRANKLIN, 1996; NAVARRO, 2009), proveen una importante herramienta selvícola para el manejo de la sucesión vegetal y la restauración de ecosistemas arbolados (MOSELER, 2006), y favorecen el desarrollo tanto de especies de matorral arbustivo (VALLE y BOCIO, 1996), como de árboles más tolerantes a la sombra (DE SIMÓN, 1996). Sin embargo para que tenga realmente un efecto mejorador del hábitat es crucial el manejo de la espesura (GÓMEZ-APARICIO, et al., 2010) ya que mientras la masa repoblada se mantenga en la fase de exclusión no propiciará la aparición de otras especies.

Hasta el momento casi todos los estudios sobre la gestión selvícola de las masas repobladas españolas se centran en el mantenimiento de masas de estructura regular con fracción de cabida cubierta completa. Esta estructura favorece el “equilibrio” de la masa: maximiza el volumen acumulado a lo largo de la vida de la masa, impide la aparición de un subpiso de regenerado, y garantiza el buen estado sanitario y el vigor del arbolado (DEL RÍO et al., 2005). La ejecución de tratamientos dosificadores de la competencia suele consistir en la extracción de pies dominados o comprimidos, secos, moribundos, malformados, bifurcados, dejando una distribución uniforme de árboles de similares características en cuanto a diámetros y alturas. Esta manera de actuar lleva a perpetuar masas de gran homogeneidad estructural, lo

que, junto con la pobre diversidad específica derivada de la ausencia de estrato arbustivo y herbáceo, la ausencia de madera muerta y la escasez de microhábitats, aleja a las repoblaciones de los bosques naturales. Sin embargo es posible realizar tratamientos intermedios que mejoren las condiciones de la masa para albergar biodiversidad, a través de claras de intensidad y altura variables y emulación de diferentes regímenes de mortalidad natural (FRANKLIN et al., 2007).

## 2. Objetivos

La realización de diferentes tratamientos selvícolas en una masa repoblada de pino carrasco tuvo como objetivo poder analizar la evolución de una masa artificial después de la ejecución de una primera clara realizada con distintas intensidades. Los tratamientos ensayados fueron una clara fuerte por lo bajo, tratamiento habitual de las primeras intervenciones en Aragón, y tratamientos de mayor peso y de más afección a árboles dominantes y codominantes, en concreto una clara fuerte selectiva mixta y una clara muy fuerte semisistemática mixta alta. Se dejó además una parcela testigo sin intervención. El análisis de los resultados busca caracterizar tanto la evolución del dosel superior como de los subpisos, evaluando la diversificación estructural y específica de la repoblación.

## 3. Metodología

En enero de 1999 se realizaba un tratamiento selvícola (primera clara) en la masa repoblada de pino carrasco (*Pinus halepensis*) del monte de U.P. nº 250 “El Cierzo” de Tarazona, Zaragoza. La repoblación fue realizada en 1955 mediante ahoyado y plantación manual, por lo que la primera clara se realizó a los 44 años de edad. Con anterioridad únicamente se había ejecutado el deshermanamiento de los pies. La calidad del pinar según las curvas de calidad establecidas en 2001 para la especie (MONTERO, 2001) es baja-media, correspondiente a las calidades 11 y 14.

Se estableció una zona de ensayo de tratamientos, de 80 x 80 m. (6.400 m<sup>2</sup>). Dentro de esta zona se dispusieron cuatro parcelas de tratamientos diferenciados, cuadradas de 20 m. de lado (400 m<sup>2</sup> de superficie), rodeadas de una banda de 10 m. de anchura en la que se realizó igual tratamiento que en la parcela, a fin de mitigar el efecto borde. Los árboles de estas parcelas fueron numerados, así como señalado su diámetro normal. Por otra parte se procedió a la medición de 20 pies apeados, en los que se realizó la cubicación mediante la longitud de fuste y los diámetros central y extremos, calculándose la tarifa de cubicación utilizada desde entonces. Una vez instaladas las parcelas se procedió a su inventario en 1999 e inmediatamente después a la ejecución de los tratamientos. En esta medición inicial se estimó la clase sociológica a la que pertenecía cada uno de los pies, de los que se midió su diámetro normal y además la altura de los árboles dominantes. En agosto de 2010 y en febrero de 2016 se procedió a nuevas mediciones de las parcelas.

En 1999 la masa de la parcela de ensayo presentaba una gran homogeneidad, con densidad de 2.000 pies/ha, área basimétrica del orden de 33 m<sup>2</sup>/ha y un volumen de 125 m<sup>3</sup>/ha. No aparecía regeneración de pino carrasco y era escasísima la presencia de plántulas de otras especies. Se producía mortalidad de pies por exceso de espesura, cifrada en 75 pies/ha, que afectaba a pies dominados o sumergidos.

En las cuatro parcelas se realizaron los siguientes tratamientos (tabla 1):

Tabla 1. Características de los tratamientos realizados (N: densidad (pies/ha), G: área basimétrica (m<sup>2</sup>/ha)

TRATAMIENTO	A	B	C	D
Tipo de clara	semisistemática	selectiva	selectiva	Testigo sin actuación
Naturaleza de clara	mixta	mixta-alta	baja	
Peso de clara	59% N, 57% G	50% N, 56% G	44% N, 37% G	

En lo que se refiere a la naturaleza de la clara (tabla 2) en el caso del tratamiento A se realizó una clara mixta, con extracción de alrededor del 50% de los pies dominantes y codominantes mientras que el tratamiento B tuvo un carácter más alto llegando a casi el 60% de extracción en estos estratos. El tratamiento C, similar a los que se suelen aplicar en las masas de la especie en Zaragoza, consistió en una clara por lo bajo que vino a extraer del orden del 33% de los pies dominantes y codominantes, el 50% de los pies intermedios y la totalidad de los pies dominados.

Tabla 2. Porcentaje de pies extraídos por clase sociológica y tratamiento.

Clase sociológica	A	B	C	D
Dominante	52	59	36	0
Codominante	55	56	31	0
Intermedio	71	32	54	0
Dominado	100	50	100	0

La diferencia entre los tratamientos A y B se muestra mejor al contemplar las extracciones por clases diamétricas (tabla 3): la naturaleza más alta del tratamiento B se ve en su mayor extracción de existencias de las clases diamétricas superiores. Igualmente el tratamiento C muestra su naturaleza por lo bajo al haber incidido en la casi totalidad de la clase diamétrica inferior y con igual peso en el resto de las clases.

Tabla 3. Porcentaje de pies extraídos por clase diamétrica y tratamiento.

CD (cm)	A	B	C	D
5-10	82	44	91	0
10-15	58	39	41	0
15-20	48	57	30	0
20-25	67	71	43	0
25-30	100	-	-	-

A partir de estos tratamientos se estudia la evolución de la estructura de la masa (a través de las principales variables dasométricas por clases diamétricas) y su diversidad, expresada por el coeficiente de variación de los diámetros así como por la evolución de la proporción de pies de las diferentes clases sociológicas (datos no ofrecidos), y la evolución de las existencias y la productividad de la masa (en volumen), teniendo en cuenta tanto la fracción viva como muerta. Se ha estimado la biomasa total producida por el ecosistema, para lo que se ha cuantificado toda la biomasa aérea y radical, tanto de la fracción viva como muerta, a partir de las metodologías desarrolladas en MONTERO et al., 2005, utilizadas también para el cálculo de la fijación de CO<sub>2</sub>. Se ha cuantificado también la regeneración de pino carrasco y de otras especies, expresada en densidad total aparecida en las parcelas.

#### 4. Resultados

La evolución de las masas tras los tratamientos (tabla 4) ha supuesto una fuerte diferenciación estructural de las mismas, tanto en el dosel como en los subpisos surgidos.

Tabla 4. Evolución de los principales indicadores de la masa en pie tras los tratamientos.

Evolución masa en pie	Densidad (pies/ha)				Área basimétrica (m <sup>2</sup> /ha)				Volumen (m <sup>3</sup> /ha)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1999 antes clara	1.875	1.925	1.875	2.000	34,3	34,3	33,6	31,0	131	130	128	116
1999 tras clara	775	975	1.050	2.000	14,8	15,5	21,3	31,0	56	58	81	116



2010	550	675	1.050	1.825	18,3	16,2	31,9	36,3	73	63	126	139
2015	500	625	1.025	1.700	20,9	18,5	37,3	39,4	86	73	150	153

La evolución del dosel superior ha propiciado diferentes dinámicas de regeneración. Antes del tratamiento todas las parcelas compartían un nivel muy bajo de reposición de plantas tolerantes y no existía regeneración de pino carrasco. En la actualidad apenas existe regeneración en el tratamiento C y no hay ninguna en el D. En los tratamientos A y B se ha producido la regeneración del pinar (tabla 5), con mayor profusión en el caso del tratamiento B, en A apareciendo especialmente por bosquetes mientras que en B además de en bosquetes la regeneración se ha instalado en toda la superficie.

Tabla 5. Densidad de regeneración de pino carrasco (pies/ha)

Categoría	A	B	C	D
Árboles h < 0,5 m	Muy abundantes	Muy abundantes	Abundantes	Inexistentes
Árboles h 0,5-1,3 m	500	1.375	-	-
Árboles h > 1,3 y dn < 2,5 cm	-	350	-	-
Árboles h > 1,3 y dn 2,5 - 5 cm	-	25	-	-
TOTAL Árboles h > 0,5 m	500	1.750	-	-

En cuanto a la reposición de otras especies bajo el dosel (tabla 6) nuevamente los tratamientos A y B muestran una dinámica similar, produciéndose de forma moderada, y los tratamientos C y D no propician su establecimiento y desarrollo. Destaca el hecho de que las coscojas y las sabinas aparecen mayoritariamente al pie de árboles utilizados como posaderos por aves granívoras, o bien en el caso fundamentalmente de la coscoja utilizados como referencia para despensa o lugares de enterramiento de las semillas por arrendajos, picarazas y otros frugívoros, que después son olvidadas. Se han podido observar daños por ramoneo de corzo en algunas plantas.

Tabla 6. Densidad de regeneración de especies tolerantes (pies/ha). Pies h < 0,5 m, únicos existentes.

Especie	A	B	C	D
Coscoja ( <i>Quercus coccifera</i> )	400	275	Muy escaso	Muy escaso
Sabina albar ( <i>Juniperus thurifera</i> )	25	100	Muy escaso	-
Aladierno ( <i>Rhamnus alaternus</i> )	Escaso	-	Muy escaso	Muy escaso
Espino negro ( <i>Rhamnus lyciodes</i> )	-	-	Muy escaso	Muy escaso
TOTAL	425	375	-	-

En cuanto a la evolución de la densidad los tratamientos de mayor peso y altura han dado lugar, al abrir demasiado la masa y desestabilizarla, a una mortalidad de pies acaecida por derribos o roturas, que en alguna ocasión ha sido seguida por la entrada de escolítidos del género *Tomicus sp.*, que mataron árboles vecinos al derribado (en escasa proporción, no superior a 25 pies/ha en cada parcela). Esta mortalidad alcanza el 35% de los pies en los tratamientos A y B, fundamentalmente con diámetros entre 10 y 30 cm. El tratamiento C permanece con un muy bajo grado de mortalidad: en 16 años únicamente ha muerto un pie de la parcela, equivalente a 25 pies/ha. Además murió entre 2010 y 2015, por lo que la mortalidad por competencia tras el tratamiento ha tardado más de 11 años en aparecer. Por su parte la parcela testigo (D) ha seguido un ritmo de mortalidad por autoaclareo como consecuencia de la fuerte competencia. En ella únicamente han muerto pies de las clases diamétricas inferiores, de 5 a 15 cm. La mortalidad acaecida en la parcela testigo permite calcular la recta de Reineke, expresión de la evolución de la disminución de densidad conforme aumenta el tamaño de los pies (REINEKE, 1933). A partir de estos valores (tabla 7) se ha obtenido la siguiente expresión de la recta:  $\ln(N) = 10,8076 - 1,1843 \cdot \ln(D_g)$ .

Tabla 7. Evolución de densidad y diámetro medio cuadrático en el tratamiento D.

Año	N (pies/ha)	Dg (cm)
1999	2.000	14,2
2010	1.825	16,1
2015	1.700	17,2

La no constancia del valor teórico de la pendiente en la recta de Reineke (-1,605) ha sido puesta de manifiesto por varios autores (p.e. ZEIDE, 2004) señalando su dependencia de la especie, de la edad, e incluso de la altura y de la fracción de cabida cubierta, y menores valores para especies más tolerantes a la competencia.

La parcela sin intervención muestra, como era de esperar, la menor tasa de crecimiento diamétrico (tabla 8), mientras que el tratamiento A es el que experimenta la mayor tasa. La naturaleza de la intervención nuevamente parece tener influencia: la clara B, con peso similar en área basimétrica a la A, fue sin embargo más alta, lo que ha producido un menor ritmo posterior del incremento diametral.

Tabla 8. Evolución del diámetro medio cuadrático (cm).

Año	A	B	C	D
1999 antes de la clara	15,18	15,05	15,05	14,21
1999 después de la clara	15,81	14,61	16,19	14,21
2010	20,98	17,65	20,01	16,01
2015	22,78	19,60	21,64	17,25

## 5. Discusión

Ambos factores, mortalidad y crecimiento diametral, han llevado a una fuerte diferenciación de las estructuras de las masas en los diferentes tratamientos. Los tratamientos A y B muestran masas con una representación similar en todas las clases diamétricas, no apareciendo ninguna que acumule más del 35% de los pies. Por contra, el tratamiento D acumula casi la mitad de los pies (46%) en una clase diamétrica. El coeficiente de variación de la distribución diamétrica (tabla 9), disminuyó tras la clara en el caso del tratamiento A y, especialmente, del C que supuso una fuerte uniformización. Si bien a partir de ese momento viene aumentando en todos los tratamientos que supusieron intervención, en el caso de la clara por lo bajo continua siendo muy inferior al inicial, mientras que en el caso de los tratamientos A y B se iguala o incluso se supera. Por el contrario en el caso de la parcela testigo, el coeficiente de variación viene disminuyendo dada la mortalidad de pies pertenecientes a un extremo de la distribución.

Tabla 9. Valores del coeficiente de variación (%) de los diámetros.

Año	A	B	C	D
1999 antes de la clara	28,8	26,9	29,2	24,3
1999 después de la clara	22,7	28,1	20,1	24,3
2010	25,8	28,7	21,9	22,9
2015	27,5	28,7	22,3	22,7

El área basimétrica y el volumen muestran diversos comportamientos: moderado incremento en el tratamiento B, como consecuencia de la alta mortalidad, y en el D, como consecuencia de la mortalidad y del lento aumento del diámetro y la altura, fuerte incremento en el tratamiento C y comportamiento intermedio en el tratamiento A.

El menor incremento de volumen en pie se ha producido en el caso del tratamiento B, que alcanza un crecimiento menor de la mitad del de la parcela testigo. El tratamiento A alcanza un



crecimiento del 75% del producido en la parcela testigo, mientras que el crecimiento del tratamiento C es 2,7 veces superior al de la parcela testigo. En la actualidad la parcela C posee prácticamente el mismo nivel de existencias que el que muestra la parcela D sin actuación, mientras que en las parcelas A y B el nivel de existencias es del orden del 50% del de la parcela C. La disparidad en el ritmo de crecimiento ha diferenciado en gran medida el volumen del pie medio de las parcelas, que antes del tratamiento difería como máximo en un 20% entre las diferentes parcelas, y en la actualidad alcanza una diferencia máxima del 91%, entre los 89,8 dm<sup>3</sup>/pie de la parcela D y los 171,3 dm<sup>3</sup>/pie de la parcela A.

El volumen acumulado (suma de volumen en pie y volumen extraído en la clara) varía entre los 145 m<sup>3</sup>/ha en el caso del tratamiento B y los 197 m<sup>3</sup>/ha en el caso del tratamiento C. Existe una gran diferencia entre el tratamiento C, que ha acumulado un volumen un 28,7% superior a la parcela sin tratamiento, y los tratamientos A y B, que en la actualidad muestran un volumen acumulado similar al de la parcela sin tratamiento.

Las diferentes pautas de mortalidad han dado lugar a diferentes cantidades de madera muerta en cada uno de los tratamientos: los tratamientos A y B presentan un nivel de madera muerta similar, unos 33 m<sup>3</sup>/ha, mientras que el tratamiento D presenta 7 m<sup>3</sup>/ha. En el caso del tratamiento C la madera muerta no llega a 1 m<sup>3</sup>/ha.

El tratamiento C muestra una mayor producción total (suma de volumen acumulado y madera muerta), 197 m<sup>3</sup>/ha, muy similar a la producida por el tratamiento A que es de 194 m<sup>3</sup>/ha si bien con un reparto muy diferente entre las fracciones consideradas. El tratamiento B está en una situación intermedia y el D presenta una producción total claramente menor.

El tratamiento B ha alcanzado un nivel de producción de 178 m<sup>3</sup>/ha: esta cantidad de recursos no aprovechados por los individuos de la repoblación explica el alto nivel de regeneración del pinar y la reposición de plantas de otras especies. Por su parte el tratamiento D supone el menor nivel de producción total, con un nivel de 160 m<sup>3</sup>/ha, un 81% de la producción de la parcela C. Esta pérdida de crecimiento se debe a la competencia, que no sólo mata árboles sino que influye en el vigor de la población, y en su capacidad de crecimiento. Puede cuantificarse así la pérdida de crecimiento debida a la fuerte competencia en el entorno de 30 m<sup>3</sup>/ha.

La biomasa total producida en las parcelas (contabilizando biomasa aérea y radical) se estima en 2015 entre las 158 T m.s./ha del tratamiento D, y las 197 T m.s./ha en el caso del tratamiento C, que es el que acumula una mayor biomasa producida. En lo que se refiere a la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico los diferentes tratamientos han acumulado en el monte entre 221 y 295 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por hectárea. Puesto que la fijación de carbono está directamente relacionada con la biomasa, son los tratamientos con más biomasa, tanto en pie como muerta, los que más carbono acumulan en el monte: tratamiento C, con 295 tCO<sub>2</sub>eq/ha y tratamiento D con 290 tCO<sub>2</sub>eq/ha. Por el contrario en los tratamientos con un alto nivel de extracción, la cantidad de CO<sub>2</sub> fijado en el monte es mucho menor: tratamiento B con 221 tCO<sub>2</sub>eq/ha y tratamiento A con 242 tCO<sub>2</sub>eq/ha.

El CO<sub>2</sub> fijado en la masa extraída es también mayor, obviamente, en los tratamientos de mayor peso, en los que se extrajo una cantidad del orden de 100 tCO<sub>2</sub>eq/ha, frente al tratamiento C en el que nivel de extracción fue de 67 tCO<sub>2</sub>eq/ha. La contabilización de este carbono como fijado o liberado va a depender de la utilización del producto obtenido, si bien es normal que los productos de primeras claras supongan liberación de CO<sub>2</sub> por ser empleados en productos de vida muy corta o para usos energéticos. El CO<sub>2</sub> total acumulado varía entre las 290 tCO<sub>2</sub>eq/ha en el tratamiento D, que es el que consigue una menor acumulación total de dióxido de carbono, y las 362 tCO<sub>2</sub>eq/ha del tratamiento C. Todos los tratamientos suponen un incremento respecto al dióxido de carbono fijado por la parcela testigo, que se cifra entre un 11 y un 25%.

## 6. Conclusiones

Las primeras claras fuertes (mixtas o por lo alto), en los pesos que se han ensayado, desestabilizan la masa, induciendo mortalidad y regeneración, y producen una pérdida patente de producción de volumen en pie. Las claras fuertes, con extracción de más del 50% del área basimétrica, producen mortalidad por derribos y roturas por viento, procesos que pueden ser seguidos por ataques de insectos perforadores, emulando un régimen de perturbaciones moderado. Todo ello crea una distribución por golpes, dejando numerosos huecos en la masa, que son ocupados por regenerados de pino carrasco, y propician la aparición y desarrollo de otras especies que no tienen oportunidad bajo sombra. El arbolado residual experimenta un fuerte crecimiento diamétrico, lo que favorece la aparición de pies de mayor tamaño. Por otra parte la madera muerta, ya sea en pie o en el suelo es abundante. Estos efectos parecen potenciarse si la primera clara se ejecuta por lo alto, al ser menor la espesura y la estabilidad de la masa residual, y quedar más expuesta a derribos.

Este tipo de claras puede ser adecuado cuando existan objetivos de mejora de hábitats y conservación de la biodiversidad, puesto que con él se consigue una rápida diversificación de las condiciones iniciales de la masa repoblada, ganando en diversidad específica y estructural, propiciando la irregularización tanto en diámetros como en edades y la acumulación de madera muerta de cierto grosor.

Considerando la producción total del ecosistema (masa en pie, masa extraída y madera muerta), la productividad del ecosistema aumenta tras todos los tratamientos (varía entre 178 y 197 m<sup>3</sup>/ha), frente a la parcela no aclarada (160 m<sup>3</sup>/ha). En particular el tratamiento A ha alcanzado una producción total prácticamente igual a la del tratamiento C, pero con un reparto muy diferente, menos interesante desde un punto de vista productor, pero mucho más desde un punto de vista de diversificación estructural y de condiciones para la biodiversidad. En 2015 en el tratamiento C la masa en pie supone el 76% de la producción total, frente al 44% del A, mientras que la madera muerta supone el 18% de la producción total del tratamiento A, frente a menos del 0,5% del C.

El tratamiento B, de naturaleza más alta, ha tenido una respuesta más lenta y peor. La producción total es de 178 m<sup>3</sup>/ha, con un nivel de extracción y una generación de madera muerta muy similar a la del tratamiento A. La pérdida de productividad se debe exclusivamente a la pérdida de crecimiento en la masa en pie. Esta pérdida se debe tanto a la extracción de los mejores pies como a la fuerte desestabilización de la masa. En cambio los recursos no aprovechados por el arbolado propician la aparición de regeneración, tanto del propio pinar como de otras especies presentes en la zona como sabinas, coscojas, o espinos negros, que en condiciones de alta densidad ven dificultada su llegada, al ser las masas densas menos frecuentadas por aves granívoras frente a zonas con árboles más espaciados, y también ven impedido su desarrollo por la sombra.

Aunque la tasa de fijación de carbono atmosférico es mayor tras la ejecución de los tratamientos que la que existe en la parcela sin actuación, la fuerte extracción y la pobre reacción del crecimiento hacen que durante un largo período, del orden de 15 años, el carbono fijado en el monte (masa en pie, madera muerta y sistemas radicales de los árboles extraídos) sea inferior a la zona no tratada. Desde este punto de vista es fundamental analizar el uso que se haga del producto extraído, significando la diferencia entre poder considerar la repoblación como sumidero de carbono o no.

Las primeras claras moderadas-fuertes ejecutadas selectivamente por lo bajo, que extraen del orden del 50% de los pies y del 33% del área basimétrica, tratamiento habitual en las repoblaciones aragonesas de esta especie, permiten un perfecto estado sanitario de la masa, sin que se produzca mortalidad, y además maximizan la producción. Suponen una homogeneización de la masa, al retirar la fracción inferior de la distribución diamétrica, estrechándola, y propiciar un desarrollo uniforme de los pies remanentes.



La productividad de la masa, evaluada como las existencias en 2015 de pies vivos más el volumen extraído en 1999, se ve fuertemente favorecida por el tratamiento C, ya que supera en casi un 29% a la de la parcela testigo. El resto de tratamientos acumula un nivel de existencias de entre el 74% y el 81% de las que acumula el tratamiento C. Por ello este tipo de tratamiento además de ser el más favorable en lo que a producción de madera se refiere, también maximiza otras funciones como la captura de carbono en la masa, siendo el que muestra una mayor fijación total de dióxido de carbono atmosférico al ser esta proporcional a las existencias de biomasa. Sin embargo la fijación en el monte aún no alcanza el nivel de la parcela testigo, por lo que la ganancia de fijación de carbono depende directamente del uso que se dé a la madera extraída del monte.

Las diferentes tipologías aplicadas en la primera clara de estas masas artificiales generan distintas estructuras forestales que, a su vez, condicionan la evolución posterior tanto en lo concerniente a su diversidad biológica como a su potencialidad productiva. Resulta por tanto imprescindible establecer los objetivos de gestión para la masa en la que se van a realizar estos tratamientos para elegir la intensidad de clara que produzca los efectos más adecuados para ese objetivo. A continuación se resumen los efectos de los tratamientos estudiados (tabla 10).

Tabla 10. Efectos de los distintos tratamientos en diversos aspectos (++ muy positivo, + positivo, 0 neutro, - negativo, -- muy negativo)

	<b>Vigor pies</b>	<b>Diversidad estructural</b>	<b>Diversidad biológica</b>	<b>Protección hidrológica</b>	<b>Producción madera</b>	<b>Captura CO<sub>2</sub></b>	<b>Sanidad forestal</b>
A	+	+	+	-	-	-	-
B	-	+	++	-	--	-	-
C	++	-	-	+	++	+	+
D	-	-	--	+	-	+	-

## 7. Agradecimientos

Los Agentes de Protección de la Naturaleza Pascual López, ya jubilado, Félix Herrero y Daniel Beltrán, así como el conductor Saturnino Muzas (también jubilado) trabajaron en la instalación, mantenimiento y medición de las parcelas. Además de los autores ha intervenido en las mediciones Antonio Brotons.

## 8. Bibliografía

DE SIMÓN, E.; 1996. Restauración de encinares. Modelos y técnicas de restauración. Masas mixtas. Cuadernos de la S.E.C.F., Nº 3, pp. 93-107.

DEL RÍO, M.; RUÍZ-PEINADO, R.; LÓPEZ, E.; 2005. Modelo selvícola para repoblaciones de las principales especies del género *Pinus*. En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.), Libro de Resúmenes, Conferencias y Ponencias. 4º Congreso Forestal Español: 1: 255. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.

ESCUADERO, O.; FRANCHÉS, M. J.; 2004. Memoria de Síntesis del Mapa Forestal de Aragón. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Serie: difusión, nº 11. 119 p. Zaragoza.

FRANKLIN, J. F.; MITCHELL, R. J.; PALIK, B. J.; 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. Gen. Tech. Rep. NRS-19. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 44 p.

GÓMEZ-APARICIO, L.; ZAVALA, M. A.; BONET, F. J.; ZAMORA, R.; 2010. Are pine plantations valid tools for restoring Mediterranean forests? An assessment along abiotic and biotic gradients. *Ecological Applications*, 19(8), 2009, pp. 2124-2141.

MAESTRE, F. T., CORTINA, J., 2004. Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas? *Forest Ecology and Management*, 198 (2004), pp. 303-317.

MONTERO, G.; CAÑELLAS, I.; RUIZ-PEINADO, R.; 2001. Growth and yield models for *Pinus halepensis* Mill. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol. 10 (1), 2001, pp. 179- 201.

MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R.; MUÑOZ, M.; 2005. Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles. *Monografías INIA: Serie forestal*, nº 13. INIA. 270 p. Madrid.

MOSSELER, A., 2006. Recovery of Native Biodiversity under Forest Plantations. *Forest Health and Biodiversity News*, Volume 10 No. 1. Canadian Forest Service.

NAVARRO, R. M.; SALMORAL, G.; GUZMÁN, J.R.; LOPEZ, J.L.; 2009. Estudios de la vegetación aplicados a la naturalización de pinares en el monte "Pinar de Yunquera" (Málaga). En: S.E.C.F.-Junta de Castilla-León (eds.), *Actas 5º Congreso Forestal Español*. CD-Rom. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra.

REINEKE, L.H.; 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research* Vol 46, No 7, pp. 627-638.

SPIES, T. A.; FRANKLIN, J. F.; 1996. The diversity and maintenance of old-growth forests. En: SZARO, R.C. & JOHNSTON, W. C. (eds.), 1996. *Biodiversity in Managed Landscapes: Theory and Practice*, pp 296-313. Oxford University Press. New York.

VALLE, F.; BOCIO, I.; 1996. Restauración de la vegetación en el sureste de la Península Ibérica: obtención de masas mixtas como freno al avance de la desertificación. *Cuadernos de la S.E.C.F.*, Nº 3, octubre 1996, pp. 109-122.

ZEIDE, B, 2004. Stand density and canopy gaps. En: CONNOR, K. F., (ed.): *Proceedings of the 12th biennial southern silvicultural research conference*. Gen. Tech. Rep. SRS-71, pp. 179-183. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 594 p.