



## 6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

---

**6CFE01-150**

---

Montes: Servicios y desarrollo rural  
10-14 junio 2013  
Vitoria-Gasteiz



---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013  
ISBN: 978-84-937964-9-5

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Influencia de las condiciones ambientales en la germinación y supervivencia inicial del pino silvestre en el Valle del Lozoya (Madrid)

AROCA FERNÁNDEZ, M.J.<sup>1</sup>, BRAVO FERNÁNDEZ, J.A.<sup>1</sup>, GASTÓN GONZÁLEZ, A.<sup>1</sup>, SERRADA HIERRO R.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ECOGESFOR (Grupo de investigación Ecología y Gestión Forestal Sostenible). UPM

<sup>2</sup>Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF)

### Resumen

Las restricciones para la germinación y establecimiento de la regeneración del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) varían enormemente entre las distintas regiones de su extensa área de distribución geográfica. En cada caso el clima, el suelo y la cobertura vegetal existentes, generan unas condiciones micrometeorológicas particulares que son las que en último término parecen determinar el éxito en la instalación inicial del regenerado en ausencia de predación u otros factores bióticos de la misma índole. El presente trabajo pretende analizar la influencia de algunos parámetros micrometeorológicos valorados a partir de mediciones puntuales en el tiempo así como de las condiciones de cobertura vegetal que las modulan, sobre la germinación y supervivencia inicial del regenerado de pino silvestre en una masa ubicada en la Sierra de Guadarrama (monte “Cabeza de Hierro”). Se plantea un diseño experimental con 192 parcelas de 1,5x1,5 m bajo distintas condiciones de cobertura vegetal y agrupadas en cuatro bloques con distinta orientación dominante. Se lleva a cabo una siembra previa al inicio del período vegetativo de 125 semillas por parcela. Posteriormente, a lo largo del primer año, se realizan controles periódicos de germinación y supervivencia, así como mediciones puntuales de temperatura y humedad tanto edáficas como aéreas a ras de suelo.

### Palabras clave

Regeneración natural, Fase de instalación, *Pinus sylvestris*, Estimación de parámetros micrometeorológicos, Sierra de Guadarrama, Regresión logística penalizada, LASSO.

### 1. Introducción

Dentro del proceso de regeneración, la fase de instalación de las plántulas es crítica para el desarrollo posterior de la masa tanto por las elevadas tasas de mortalidad que habitualmente lleva asociada, como por proporcionar el material de partida (cantidad, calidad y distribución espacial) del que van a disponer las fases subsiguientes. Las restricciones para la germinación y establecimiento de la regeneración del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) varían enormemente entre las distintas regiones de su extensa área de distribución geográfica (CASTRO *et al.*, 2004). La región Mediterránea constituye en este sentido un hábitat marginal de la especie en el que las condiciones ecológicas son muy diferentes a las del grueso de su área de distribución. Frente a las limitaciones por frío, invertebrados herbívoros, competencia por la luz o incluso encharcamiento, en el entorno mediterráneo la tasa de mortalidad parece estar asociada a las condiciones micrometeorológicas del período estival, particularmente a la sequía (ROJO, 1994; CASTRO *et al.*, 2005), así como a la presencia excesiva de ganado o ungulados silvestres (GONZÁLEZ-MARTÍNEZ y BRAVO,

1999; ROJO y MONTERO, 1996). No obstante, la mayoría de la información disponible sobre el proceso de regeneración de la especie procede del centro y norte de Europa, por lo que no es de aplicación directa en nuestra región, en la que los estudios de este tipo son mucho más escasos. El presente trabajo pretende contribuir en este sentido analizando la influencia de algunas condiciones ambientales sobre la germinación y supervivencia inicial del regenerado en el monte “Cabeza de Hierro”, una masa de pino silvestre hasta ahora paradigma de gestión sostenible y uso múltiple.

## 2. Objetivos

Cuantificar el proceso de germinación y supervivencia del regenerado de pino silvestre en una masa ubicada en la sierra de Guadarrama bajo distintas condiciones superficiales de cobertura vegetal.

Valorar la influencia de las condiciones ambientales sobre los procesos de germinación y supervivencia inicial del pino silvestre en dicha masa: - Relación con variables micrometeorológicas de medición puntual (temperatura y humedad del aire, temperatura y humedad superficial del suelo); - Relación con las condiciones de cobertura vegetal en dosel, sotobosque y superficie del suelo.

## 3. Metodología

### *Zona de estudio*

La zona de estudio está localizada en la vertiente suroriental de la Sierra de Guadarrama, dentro del monte denominado “Cabeza de Hierro” (Rascafría, Madrid). El rango altitudinal oscila entre los 1300 y los 1550m, la precipitación anual media es de 1.115 mm y la temperatura media mensual varía entre 0,3°C y 16,1°C. Se trata de un monte de titularidad privada que ocupa una superficie total de 2.016 ha de las que más de 1.850 ha corresponden a una masa natural de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) que en las zonas de menor altitud se mezcla en proporción variable con rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.). La forma principal de masa es irregular a escala de cantón por agregación de bosquetes homogéneos con tendencia frecuente a la regularidad o semirregularidad. El monte ha estado ordenado desde 1957 con objetivo prioritario de producción de madera y durante los últimos años ha venido siendo gestionado por entresaca regularizada con cortas por bosquetes. Presenta un intenso aprovechamiento pastoral por parte de ganado doméstico (vacuno y, en mucha menor medida, caballo) (BRAVO y SERRADA, 2011).

### *Diseño experimental*

Se establecen dentro de la masa cuatro bloques experimentales de 100x100m con diferente orientación dominante (Tabla 1). Debido a la enorme irregularidad en la estructura vertical y horizontal de la masa, cada bloque presenta una gran variedad de escenarios de espesura de dosel y sotobosque.

Tabla 1. Caracterización topográfica de los bloques experimentales

|                       | SW     | SE     | NW     | NE     |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Pendiente media (%)   | 15,6   | 18,6   | 8,8    | 9,9    |
| Altitud media (m)     | 1526,7 | 1517,4 | 1441,4 | 1338,6 |
| Orientación media (°) | 174,8  | 142,2  | 268,3  | 76,4   |

Se consideran cuatro tipos de *cobertura vegetal superficial*: 1. *Hierba*: superficie del suelo recubierta por una formación herbácea más o menos densa y continua. 2. *Matorral*: superficie del suelo recubierta por una formación arbustiva con una fracción de cabida cubierta suficiente como para alterar las condiciones bajo cubierta. 3. *Restos*: superficie del suelo recubierta de una capa de restos vegetales de 5cm de espesor mínimo sin presencia continua de matorral o de herbáceas. 4. *Escarificado*: superficie de terreno original sobre la que se lleva a cabo un escarificado a hecho manual mediante azada. A la hora de establecer los anteriores niveles no se tienen en cuenta las especies que contribuyen a generar las condiciones superficiales del suelo sino sólo el efecto de cobertura que producen.

En cada uno de los bloques se seleccionan un total de 12 parcelas de 1,5m x 1,5m (unidades experimentales) de cada tipo de *cobertura vegetal superficial*. En cada una de ellas se lleva a cabo durante el mes de febrero una siembra localizada de 125 semillas de *Pinus sylvestris* L. distribuidas uniformemente en cinco líneas a razón de 25 semillas por línea. Durante los meses subsiguientes y hasta la finalización del período estival (Junio-Septiembre) se llevan a cabo controles mensuales de germinación y supervivencia. Dichos controles se realizan con la ayuda de un bastidor que permite localizar los puntos de siembra originales. Coincidiendo con estos controles, se llevan a cabo mediciones de los siguientes parámetros micrometeorológicos: temperatura y humedad relativa del aire a ras de suelo (Sonda HI8564 Hanna) y temperatura y humedad del suelo a 10cm de profundidad (Sonda TDR DeltaTDevices). Los parámetros se miden en cada control por triplicado para cada unidad experimental.

Así mismo se lleva a cabo un inventario diamétrico georreferenciado de todos los árboles de cada uno de los bloques de 100m x 100m. A partir de él se calcula para cada unidad experimental el área basimétrica en una parcela de 15m de radio en torno a ella y se le asigna como estimación de la espesura de la masa en ese punto.

#### *Análisis estadístico*

La probabilidad de supervivencia del regenerado se modeliza en función de las variables micrometeorológicas así como de las relativas a la caracterización indirecta de los microhábitats de germinación y supervivencia (*Orientación, Cobertura vegetal superficial y espesura* valorada mediante el AB) mediante el método LASSO (*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*) de regresión logística penalizada (TIBSHIRANI 1996). La bondad de ajuste se evalúa con la proporción de desviación explicada estimada usando validación cruzada (función `cv.glmnet` del paquete `glmnet` de R (FRIEDMAN *et al*, 2010)).

#### **4. Resultados y discusión**

Tal y como puede apreciarse en la Tabla 2, el 17,2% de las 24.000 semillas sembradas germinan y sobreviven el tiempo suficiente como para ser detectadas en un conteo. De los individuos germinados y contabilizados el 7,2 % sobreviven tras el período estival, lo que supone un 1,2% de supervivientes frente al total sembrado. Mientras que la germinación se distribuye por casi el total de las parcelas replantadas (188 con algún germinado frente a 192 totales), la supervivencia se concentra en 66 de las 188 parcelas que presentaron germinación (35%).

Dentro de los cuatro bloques en los que se organiza el diseño experimental, el bloque correspondiente a la orientación NE (umbría pura) es el que presenta mejores tasas de germinación y supervivencia, mientras que el SW (solana pura) es el de peor comportamiento en ambos procesos. En efecto, es un hecho comúnmente aceptado que la regeneración del pino silvestre en la Península Ibérica se ve favorecida por exposiciones de umbría (GONZÁLEZ VÁZQUEZ, 1948; MONTERO *et al.* 2008). Sin embargo, a pesar de la coincidencia, en el presente estudio la variación en las tasas de germinación y supervivencia no se puede atribuir con certeza estadística al efecto de la orientación ya que las diferencias entre bloques no se limitan a un tema de exposición dominante.

En cuanto a los diferentes tipos de *cobertura vegetal superficial* encontramos que los tratamientos de escarificación realizados presentan tasas de germinación y supervivencia más altas que el resto de coberturas consideradas. Teóricamente, la remoción superficial del suelo mejora el contacto entre la semilla y el sustrato, elimina competencia con otras especies de pequeña talla (ROJO y MONTERO, 1996) y disminuye la resistencia a penetración del suelo como consecuencia de su efecto de mullido. Todo ello en conjunto puede justificar un mayor éxito en la germinación mientras la disponibilidad hídrica sea suficiente (MONTERO, 1987). No obstante, la escarificación genera un aumento del tamaño y la densidad de poros, lo que disminuye la inercia térmica del suelo y contribuye a aumentar la velocidad y profundidad de desecación del mismo durante los meses de calor (ÖRLANDER, 1986; KUBIN & KEMPPAINEN, 1994). Por este motivo, cabría esperar que tras una buena germinación, tuviera lugar una elevada mortalidad; sin embargo también la supervivencia parece mejorar como consecuencia del tratamiento sobre el suelo. Posiblemente este hecho pueda ser debido a que los individuos germinados sobre parcelas sometidas a escarificación germinen antes y desarrollen más rápidamente la raíz (mejor contacto con el sustrato y menor resistencia al avance radical), lo que posibilita que las plántulas estén más asentadas y presenten un desarrollo radical más profundo, cuando las condiciones ambientales comienzan a endurecerse durante el período estival.

Las parcelas clasificadas como Hierba son, al contrario que las anteriores, las que presentan peor tasa de supervivencia con respecto a siembra (0,3%). El problema en este tipo de parcelas no es sin embargo la germinación, que ronda el 15%, sino la supervivencia, ya que por término medio sólo 1,6 individuos de cada cien germinados con éxito logran sobrevivir al período estival. Esta elevada tasa de mortalidad se atribuye normalmente al aumento del estrés hídrico efectivo como consecuencia de la competencia que se establece con los sistemas radicales de las herbáceas (MONTERO *et al.*, 2008), así como a la predación y pisoteo frecuente en el caso de presencia abundante de ungulados silvestres y/o ganado. En la zona en estudio se suman ambos efectos puesto que tal y como ya se ha comentado existe una elevada presencia de ganado doméstico (mayoritariamente vacuno) que desde hace décadas viene generando en la masa daños por sobrepastoreo (BRAVO *et al.* 2010).

Cabe destacar por último en este primer análisis descriptivo que las tasas de supervivencia observadas no están necesariamente correlacionadas con sus respectivas tasas de germinación, a diferencia de lo que ocurre en otros trabajos con la misma especie y estación similar (PARDOS *et al.*, 2007). Es decir, tal y como ocurre en el caso de las parcelas de hierba, una elevada tasa de germinación en una parcela no implica que la supervivencia también lo sea y viceversa, una germinación escasa (aunque no nula, claro está) puede ir seguida de una tasa moderada de supervivencia como es el caso de las parcelas tipo Restos del

bloque NW. Así, el coeficiente de correlación entre la tasa de germinación y la de supervivencia resulta significativo pero bajo ( $\rho = 0,26$ ) lo que confirma que los lugares aptos para la germinación no siempre son los más adecuados para la supervivencia posterior (BATTAGLIA & REID, 1993).

Tabla 2. Tasas de germinación ( $\%G=100*n_{germinados}/TotalSiembra$ ) y supervivencia ( $\%S=100*n_{supervivientes}/n_{germinados}$ ;  $\%St=100*n_{supervivientes}/TotalSiembra$ ) para las distintas combinaciones de Orientación y Tipo de Cobertura vegetal (E: Escarificado, H: Hierba, M: Matorral, R: Restos)

|       | E           |             |            | H           |            |            | M           |            |            | R           |            |            | Total       |             |            |
|-------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|
|       | % G         | % S         | %St        | % G         | % S        | %St        | % G         | % S        | %St        | % G         | % S        | %St        | % G         | % S         | %St        |
| NE    | 33,7        | 10,1        | 3,4        | 24,1        | 2,8        | 0,7        | 26,5        | 16,1       | 4,3        | 35,6        | 10,5       | 3,7        | <b>30,0</b> | <b>10,1</b> | <b>3,0</b> |
| NW    | 17,3        | 15,4        | 2,7        | 8,3         | 0,8        | 0,1        | 11,0        | 2,4        | 0,3        | 10,7        | 7,5        | 0,8        | <b>11,8</b> | <b>8,0</b>  | <b>1,0</b> |
| SE    | 18,4        | 9,8         | 1,8        | 18,4        | 1,4        | 0,3        | 18,7        | 3,2        | 0,6        | 16,8        | 0,8        | 0,1        | <b>18,1</b> | <b>3,9</b>  | <b>0,7</b> |
| SW    | 12,2        | 7,1         | 0,9        | 10,0        | 1,3        | 0,1        | 5,9         | 0,0        | 0,0        | 7,1         | 0,9        | 0,1        | <b>8,8</b>  | <b>3,0</b>  | <b>0,3</b> |
| Total | <b>20,4</b> | <b>10,7</b> | <b>2,2</b> | <b>15,2</b> | <b>1,9</b> | <b>0,3</b> | <b>15,5</b> | <b>8,3</b> | <b>1,3</b> | <b>17,6</b> | <b>6,7</b> | <b>1,2</b> | <b>17,2</b> | <b>7,2</b>  | <b>1,2</b> |

Para seleccionar entre el elevado número de variables micrometeorológicas medidas aquellas que mejor explican el comportamiento de la tasa de supervivencia, se lleva a cabo un análisis de regresión logística penalizada tipo LASSO. Los resultados obtenidos (**Modelo I**, Tabla 3) indican que las variables analizadas tienen una relación muy débil con la variable objetivo. El  $R^2$  obtenido para el modelo es muy bajo (0,06) y los coeficientes penalizados están muy próximos a cero, por lo que el modelo prácticamente no supone ninguna mejora con respecto al modelo nulo ( $P(\text{supervivencia}) = \text{Frecuencia de Supervivientes en la muestra de partida}$ ).

Tabla 3. Coeficientes estimados mediante Regresión Logística Penalizada tipo LASSO para los modelos I (Supervivencia en función de las variables meteorológicas) y II (Supervivencia en función de variables meteorológicas + factores de caracterización del microhábitat). Or: Factor Orientación, Cob: Factor cobertura; G: Área Basimétrica ( $m^2/ha$ )

| Modelo I          |                              | Modelo II        |        |                   |                              |
|-------------------|------------------------------|------------------|--------|-------------------|------------------------------|
| Término           | Coef.                        | Término          | Coef.  | Término           | Coef.                        |
| Intersección      | -3,023                       | Intersección     | 0,120  | Or: NW            | .                            |
| Tª Junio          | .                            | Tª Junio         | .      | Or: SE            | .                            |
| Tª Julio          | .                            | Tª Julio         | .      | Or: SW            | .                            |
| Tª Agosto         | .                            | Tª Agosto        | .      | Cob: Hierba       | -0,816                       |
| Tª Septiembre     | -0,008                       | Tª Septiembre    | -0,047 | Cob: Matorral     | .                            |
| Tª Máxima         | .                            | Tª Máxima        | -0,053 | Cob: Escarificado | 0,290                        |
| Tª Media          | .                            | Tª Media         | .      | G( $m^2/ha$ )     | -0,028                       |
| %Hum Junio        | .                            | %Hum Junio       | .      | NW-Hierba         | .                            |
| %Hum Julio        | 0,026                        | %Hum Julio       | 0,040  | SE-Hierba         | .                            |
| %Hum Agosto       | .                            | %Hum Agosto      | .      | SW-Hierba         | .                            |
| %Hum Sep.         | .                            | %Hum Sep.        | .      | NW-Matorral       | -0,320                       |
| %Hum Media        | .                            | %Hum Media       | .      | SE-Matorral       | .                            |
| Tªaire Junio      | .                            | Tªaire Junio     | -0,001 | SW-Matorral       | -0,155                       |
| Tªaire Agosto     | .                            | Tªaire Agosto    | .      | NW-Escarificado   | 0,413                        |
| Tªaire Septiembre | .                            | Tªaire Sep.      | .      | SE-Escarificado   | 0,220                        |
| Tªaire Media      | .                            | Tªaire Media     | .      | SW-Escarificado   | .                            |
| %Hum Aire Junio   | .                            | %Hum Aire Junio  | .      |                   |                              |
| %Hum Aire Julio   | .                            | %Hum Aire Julio  | .      |                   |                              |
| %Hum Aire Agosto  | .                            | %Hum Aire Agosto | .      |                   |                              |
| %Hum Aire Sept.   | 0,013                        | %Hum Aire Sept.  | 0,005  |                   |                              |
| %Hum Aire Media   | .                            | %Hum Aire Media  | .      |                   |                              |
|                   | <b>R<sup>2</sup> = 0,061</b> |                  |        |                   | <b>R<sup>2</sup> = 0,334</b> |

Si al modelo anterior se añaden factores indirectos como son la cobertura de vegetación a ras de suelo (4 niveles: hierba, matorral, restos y escarificado), el área basimétrica y la orientación dominante (NE, NW, SE, SW) (**Modelo II**, Tabla 3), el  $R^2$  aumenta notablemente hasta niveles aceptables en Regresión Logística (PLIENINGUER *et al.*, 2010) donde los coeficientes de determinación tienden en general a ser más bajos.

VARIABLES como la temperatura y la humedad medidas a pequeña escala son frecuentemente citadas como elementos clave en los procesos de supervivencia estival del pino silvestre (WINSA 1995, OLESKOG & SAHLÉN 2000, OLESKOG *et al.* 2000). Todo parece indicar por tanto que la ausencia de significación en el caso que nos ocupa, se debe a que las mediciones realizadas han sido insuficientes para conseguir caracterizar adecuadamente el ambiente de los puntos de muestreo de supervivencia. La caracterización indirecta del ambiente a través de variables relacionadas con vegetación y fisiografía resulta mucho más eficaz y adecuada que las mediciones puntuales de parámetros micrometeorológicos, especialmente cuando la intensidad y/o frecuencia de muestreo están limitados.

En cuanto a los efectos de los factores se confirman las tendencias ya indicadas al principio de este apartado aunque cabe destacar que algunas de las interacciones entre orientación y cobertura vegetal resultan significativas. Así por ejemplo las parcelas de matorral funcionan especialmente mal en las zonas SW y NW. Por el contrario, el efecto del escarificado resulta especialmente eficaz en el SE y en el NW.

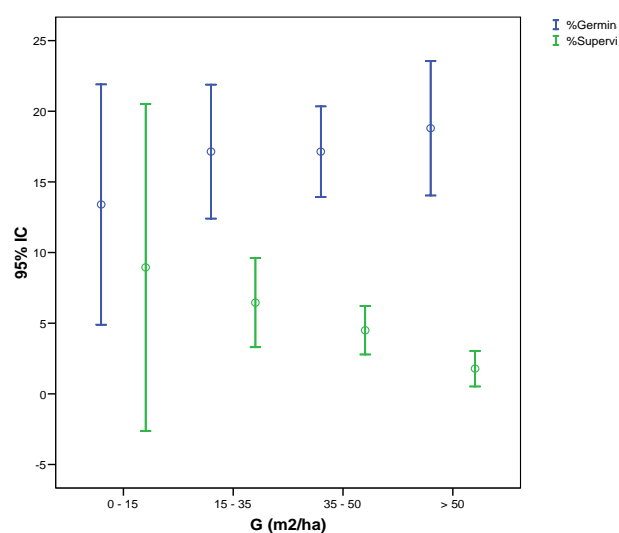


Figura 1: Intervalos de confianza para la tasa de germinación (%) y la de supervivencia (%) de las unidades experimentales en función de su clase de Área Basimétrica: [0-15m<sup>2</sup>/ha] [15-35m<sup>2</sup>/ha] [35-55m<sup>2</sup>/ha] [>55m<sup>2</sup>/ha]

Destacamos por último que LASSO no elimina la variable correspondiente al área basimétrica en torno a los puntos de muestreo ( $G_{(m^2/ha)}$ ) pero la penaliza mucho hasta dejarla con un coeficiente muy bajo. Esto en principio indica que es una variable ruidosa en su relación con la variable dependiente (tasa de supervivencia en este caso) y/o que existen otras que aportan una información similar pero con menos ruido. Aun así, si categorizamos la variable G agrupando los datos en cuatro clases (0-15m<sup>2</sup>/ha; 15-35m<sup>2</sup>/ha; 35-55m<sup>2</sup>/ha; >55m<sup>2</sup>/ha) y representamos los intervalos de confianza para los valores de %germinación y %supervivencia (Figura 1), se pone de manifiesto más claramente la tendencia de la tasa de supervivencia a disminuir progresivamente a partir de los 35m<sup>2</sup>/ha y de

forma significativa para las parcelas con  $G > 50 \text{ m}^2/\text{ha}$ . La tasa de germinación, por el contrario, no se ve afectada en modo alguno por la espesura de la masa adulta.

## 5. Conclusiones

La cobertura vegetal influye significativamente en el proceso de establecimiento del regenerado de pino silvestre en el monte “Cabeza de Hierro”. Así: la escarificación del suelo consigue mejorar tanto la germinación como la supervivencia del regenerado; y la presencia de tapiz herbáceo, aunque no afecta en exceso a la germinación, sí empeora notablemente la tasa de supervivencia.

Las variables micrometeorológicas analizadas apenas explican el comportamiento de la tasa de supervivencia del regenerado. El tipo y la frecuencia de mediciones no resultan adecuadas para caracterizar el comportamiento micrometeorológico de las unidades experimentales.

La espesura del dosel arbóreo no influye en la tasa de germinación pero sí en la de supervivencia aunque de forma débil. Áreas basimétricas superiores a  $55 \text{ m}^2/\text{ha}$  llevan asociadas tasas de supervivencia significativamente más bajas que espesuras menores.

Las tasas de germinación y supervivencia manifiestan una baja correlación lineal. Los lugares idóneos para la germinación no siempre son los más adecuados para la supervivencia posterior y viceversa.

## 6. Bibliografía

BATTAGLIA, M.; REID, J.B.; 1993. The Effect of Microsite Variation on Seed-Germination and Seedling Survival of *Eucalyptus delegatensis*. *Australian Journal of Botany* 41(2) 169 – 181.

BRAVO, J.A.; SERRADA, R.; 2007. Tercera Revisión de la Ordenación del monte “Cabeza de Hierro”.

BRAVO, J.A.; RUBIO, A.; AROCA, P.; SERRADA, R.; ROIG, S.; 2010. Diagnóstico y distribución espacial del sobrepastoreo mediante Sig. Caso del monte “Cabeza de Hierro” (Rascafría, Madrid). *Actas de la IV Reunión Ibérica de pastos y forrajes* (537-542). IV Reunión Ibérica de pastos y forrajes Zamora y Miranda do Douro, 3-6 de mayo de 2010.

BRAVO, J.A.; SERRADA, R.; 2011. “Cabeza de Hierro”: Un monte privado, ordenado ejemplo de multifuncionalidad. *Revista Foresta* 52 184 – 192.

CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ, J.M.; 2005. Ecology of seed germination of *Pinus sylvestris* L. at its southern Mediterranean distribution range. *Invest Agrar: Sist Recur For* 14(2) 143-152

CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ, J.M.; 2004. Seedling establishment of a boreal tree species (*Pinus sylvestris*) at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal Mediterranean habitat. *Journal of Ecology* 92 266-277.



FRIEDMAN, J.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; 2010. Regularization Paths for Generalized Linear Models via Coordinate Descent. *Journal of Statistical Software* 33(1) 1-22. URL <http://www.jstatsoft.org/v33/i01/>.

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S.; BRAVO, F.; 1999. Regeneración natural, establecimiento y primer desarrollo del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.). *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Fuera de serie nº1 225 – 247.

GONZÁLEZ VÁZQUEZ, E.; 1948. *Selvicultura. Estudio cultural de las masas forestales y los métodos de regeneración.* Residencia de Profesores. Madrid

KUBIN, E.; KEMPPAINEN, L.; 1994. Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air temperatura conditions in forest regeneration areas. *Acta Forestalia Fennica* 244 1-56.

MONTERO, G.; DEL RÍO, M.; ROIG, S.; ROJO, A.; 2008. Selvicultura de *Pinus sylvestris* L., in SERRADA, R.; MONTERO, M. y REQUE, J. (editores): *Compendio de Selvicultura Aplicada en España.* INIA y FUCOVASA. Madrid. 503-534.

MONTERO, G.; 1987. Primera Revisión del Proyecto de Ordenación del monte “Cabeza de Hierro” (Rascafría, Madrid).140 pp.

OLESKOG, G.; SAHLÉN, K.; 2000. Effects of seedbed substrate on moisture conditions and germination of *Pinus sylvestris* seeds in a clearcut. *Scand.J.For.Res.* 15 225-236.

OLESKOG, G.; GRIP, H.; BERGSTEN, U.; SAHLÉN, K.; 2000. Seedling emergence of *pinus sylvestris* in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. *Can. J. For. Res.* 30 1766-1777.

ÖRLANDER, G.; 1986. Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine. *Studia Forestalia Suecica* 173 17p.

PARDOS, M.; MONTES, F.; ARANDA, I.; CAÑELLAS, I.; 2007. Influence of environmental conditions on germinant survival and diversity of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in central Spain. *Eur. J. Forest Res.* 126: 37-47.

PLIENINGER, T.; ROLO, V.; MORENO, G.; 2010. Large-Scale Patterns of *Q. uercus ilex*, *Quercus suber* and *Quercus pyrenaica* Regeneration in Central Western Spain. *Ecosystems* 13 644:660.

ROJO, A.; 1994. Crecimiento y producción de *Pinus sylvestris* L. en la Sierra de Guadarrama. Tesis Doctoral. UPM. ETSI Montes. Madrid.

ROJO, A.; MONTERO, G.; 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. MAPA, Madrid, 293 pp.

TIBSHIRANI, R.; 1996. Regression shrinkage and selection via the LASSO. *J. Royal.Statist. Soc B.* 58 267 – 288.

WINSA, H.; 1995. Influence of rain shelter and site preparation on seedling emergence of *Pinus sylvestris* L. after direct seedling. *Scand. J.For.Res.* 10 167 – 175.