

# SUELOS Y MASAS DE *JUNIPERUS THURIFERA* L. EN LA SIERRA DE ALCUBIERRE (HUESCA, ESPAÑA)

Rodríguez-Ochoa, R.; Olarieta, J.R.; Martínez, S.; Alcarria, Z. & Lizano, J.

Dept. de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida. Avda. Rovira Roure 191. Lleida 25198. E-mail: [rrodriguez@macs.udl.es](mailto:rrodriguez@macs.udl.es)

**Resumen** Se han estudiado 31 estaciones forestales de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Sierra de Alcubierre (Huesca). Son masas de regeneración en parcelas con abandono de usos agrícolas y ganaderos anteriores. En cada estación se realizó una caracterización biofísica, dasométrica y edáfica. Las estaciones se encuentran entre 460 y 705 m de altitud y pendientes entre 1,5 y 40,5 %. Los suelos se desarrollan sobre sedimentos coluviales calcáreos y calizas. Son suelos bien drenados, con profundidades enraizables de 15-120 cm, texturas moderadamente finas, compactos, con materia orgánica del 1,3-7,1%, y entre 29 y 46 % de carbonatos. Se clasifican mayoritariamente como Entisoles y Mollisoles. Las masas presentan densidades de 120-3400 pies.ha<sup>-1</sup>, edades de 25-107 años, alturas dominantes de 2'4-9'0 m, crecimientos radiales en la base de 0'95-3'42 mm-año<sup>-1</sup> y crecimientos de alturas dominantes entre 2,88 y 20,04 cm-año<sup>-1</sup>. Los diámetros medios normales presentan una relación significativa positiva frente a la Fcc, altura media y edad. Las alturas dominantes medias tienen una correlación positiva con la profundidad enraizable y muestran tendencias crecientes a menores Déficit hídrico y mayores reservas de agua disponible (CRAD). Tanto los crecimientos radiales como en altura dominante presentan diferencias según la unidad de relieve siendo máxima en Fondos.

**Palabras clave:** Sabina Albar. Aragón. Monegros. Semiárido. Crecimientos. Necesidades ecológicas. Reforestación. Conservación suelos, agua y biodiversidad.

## SOILS AND *JUNIPERUS THURIFERA* STANDS IN SIERRA DE ALCUBIERRE (HUESCA)

**Abstract** 31 sample plots of stands of *Juniperus thurifera* L. in "Sierra de Alcubierre" (Huesca) have been studied. They are stands of recruitment in areas where agricultural and pasture usages had been abandoned. In each plot, a biophysical, dasometric and edaphic description has been made. Plots were located at 460-705 m altitude, on 1.5-40.5% slopes. Soils develop on calcareous colluvium and limestoness. They are well drained, compact, have a rootable depth of 15-120 cm, fine texture, 1.3-7.1% organic matter and 29-46% calcium carbonate. They are mostly classified as Entisols and Mollisols. Stands of *Juniperus thurifera* are 25-107 years of age, have a density of 120-3400 feet. ha<sup>-1</sup>, a predominant height of 2.4-9.0 m, a basal radial growth of 0.95-3.42 mm.year<sup>-1</sup> and a growth of predominant height of 2.88-20.04cm per year<sup>-1</sup>. Average diameters have a positive significant relation with Fcc, average height and age. Dominant average height is positively correlated with rootable depth. It usually grows if water deficit is small and larger water stocks are available (CRAD). Radial and dominant height have differences according to the relief unit, being maximum in Funds.

**Keywords:** *Juniperus Thurifera*, Aragón, Monegros, semiarid, growth, ecological needs, reforestation, Soils, water and biodiversity conservation.

## SOLS ET PEUPELEMENTS DE *JUNIPERUS THURIFERA* DANS LA SIERRA DE ALCUBIERRE (HUESCA, ESPAGNE)

**Résumé** 31 stations de peuplements de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) qui se trouvaient sur la Sierra de Alcubierre (Huesca) ont été étudiées. Ce sont des peuplements de reboisement dans des zones où l'usage agricole et d'élevage a été abandonné. Dans chaque station on a fait une caractérisation biophysique, édaphique, et dasométrique. Les stations se trouvent entre 460 m et 705 m d'hauteur, sur des pentes de 1,5 au 40,5%. Les sols se sont développés sur des colluvions calcaires et des calcaires. Ce sont des sols bien drainés, avec une profondeur de racine de 25 – 120 cm, de texture fine, compacte, avec un contenu de matière organique de 1,3 à 7,1 % et de 29 à 46% des carbonates. La plupart sont classifiés comme Mollisols et Entisols. Les peuplements ont des densités de 120-3400 pieds.ha<sup>-1</sup>, l'âge de 27 à 107, une hauteur dominante de 2'4-9'0 m, une croissance radiale de base 0,95-3,42 mm-an<sup>-1</sup> et une croissance d'hauteur dominante de 2,88-20,04 cm an<sup>-1</sup>. Les diamètres moyens normaux ont une relation positive significative face à la Fcc, l'hauteur moyenne et l'âge. Les hauteurs dominantes moyennes ont une corrélation positive avec la profondeur de la racine et ses tendances augmentent quand le déficit d'eau descend et même quand les réserves d'eau disponible sont plus grandes (CRAD). La croissance radiale et celle en hauteur dominante ont des différences selon l'unité de relief, étant la plus haute celle de Fondos.

**Mots clés:** Genévrier Thurifère, Aragón, Monegros, Semi-áride, Croissances, Besoins écologiques, Reboisement, Conservation des sols, de l'eau et de la biodiversité.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se dispone de diferentes trabajos que abordan el estudio ecológico de los sabinares albares, así Alonso y Sánchez-Palomares (2001), Comín (1987), Gómez Manzaneque (1991) y Bertaudière *et al.* (1999). Por su parte, González y Candas (1991) analizaron los efectos sobre el suelo de la presencia del sabinar. En la zona central del Valle del Ebro se ha estudiado aspectos de la ecología y cartografía de los sabinares, así Ochoa (1982), Andrés *et al.* (1986), Aramburu *et al.* (1986) Annes *et al.* (2002) y Creus *et al.* (2002). Los suelos de la Sierra de Alcubierre han sido estudiados por Rodríguez-Ochoa y Artieda (1998). La información específica sobre los suelos de estaciones de sabinar albar es muy escasa y genérica (Gómez *et al.*, 1998).

En la Sierra de Alcubierre además, existe una gran diversidad de topoclimas, que quedan reflejados en los diferentes tipos de vegetación y refugios de especies vegetales de gran interés (Molero *et al.*, (1998). Los sabinares se asocian de una flora y fauna nemoral de gran interés faunístico y elevada biodiversidad (Blasco-Zumeta, 1998). Las características ecológicas de *Juniperus thurifera* L. hace que adquiera una gran importancia en los medios semiáridos, siendo necesario estudiar las posibilidades como especie vegetal para reforestación, conservación de suelos y aguas, recuperación de zonas degradadas y restauración de hábitats.

Una aproximación al conocimiento de sus umbrales de comportamiento ecofisiológico puede servir en las condiciones climáticas presentes y en condiciones futuras de potenciales cambios climáticos con tendencias más áridas, en las que especies como *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* pueden presentar problemas. Los objetivos del presente trabajo sobre las masas de *Juniperus thurifera* L. del norte de la Sierra de Alcubierre (Huesca) son la caracterización del medio biofísico y los parámetros selvícolas de dichas masas, y el análisis de las relaciones entre ambos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza en el sector septentrional de la Sierra de Alcubierre, entre altitudes de 460 y 705 m. Los términos prospectados son los de Robres, Alcubierre, Lanaja, Pallaruelo de Monegros, y Castejón de Monegros (Huesca, Aragón).

En este trabajo se incluyen 31 estaciones distribuidas en función de las principales unidades geomorfológicas y zonas mesoclimáticas. Se han evitado las situaciones de borde con parcelas agrícolas, árboles padre de gran tamaño y otras características especiales. Las tres zonas mesoclimáticas son: Zona A: engloba la parte norte de la Sierra de Alcubierre de Robres y Alcubierre. Es una zona más húmeda, con presencia frecuente de vegetación asociada a carrascales y quejigales; Zona B: representa la sierra perteneciente a Lanaja y Pallaruelo de Monegros. Se trata de una zona intermedia entre las zonas A y C; -Zona C: comprende el término municipal de Castejón de Monegros. Es una zona más seca y con presencia escasa de carrasca.

En cada estación se realizó una caracterización biofísica, edáfica y dasométrica. En la caracterización biofísica se han estudiado los materiales geológicos, geomorfología, topoclima, vegetación y usos del suelo, utilizándose los criterios de SINEDARES (CBDSA, 1983) y Olarieta *et al.* (2000).

Las condiciones climáticas se han modelizado a nivel topoclimático. Para ello se han establecido regresiones en altitud específicas en la Sierra, correcciones de precipitación y

temperatura por altitud y orientación propuestas por Montero Burgos (1982). Se estimó la radiación incidente y la evapotranspiración potencial (ETP- Turc) para cada parcela mediante ECOSIM (Gracia, 1990). La reserva máxima de agua del suelo se obtuvo a partir de los valores de CRAD de los horizontes enraizables. La reserva real se calculó utilizando un modelo de agotamiento exponencial.

Las formaciones geológicas profundas, del Mioceno, están constituidas por alternancias de lutitas, calizas y arenitas, con algo de yeso. Ebro. Las formaciones geológicas superficiales están constituidas por sedimentos detríticos coluviales con diferentes proporciones de finos y elementos gruesos calcáreos, apareciendo fondos y mayoritariamente, y con espesores variables, en vertientes. Las formas generales de La Sierra de Alcubierre son de tipo estructural. Las principales unidades geomorfológicas a escala detallada (1:25.000) (Rodríguez-Ochoa *et al.*, 1998) son plataformas estructurales sobre calizas, vertientes de umbría, vertientes de solana y fondos planos. Para el análisis de la vegetación y usos del territorio se realizó una descripción cualitativa y cuantitativa mediante coberturas de arbolado y arbustos altos y transectos para los estratos con altura menor a 120 cm. Para estudiar los suelos se realizó una calicata en la parcela. La descripción macromorfológica se efectuó según SINEDARES (CBDSA, 1983) y la clasificación a nivel de familia del pedión se hizo según "Soil Taxonomy System" (S.S.S., 1999). Además se tomaron muestras de suelo para analizarlas en laboratorio posteriormente.

Los análisis de los suelos se han realizado conforme a las metodologías indicadas en Page *et al.* (1982), determinándose el pH (en agua, 1:2,5), prueba previa de salinidad (CE. 1:5), materia orgánica (método Walkley-Black), carbonato cálcico equivalente mediante el calcímetro de Bernard, nitrógeno mediante el método Kjeldahl, potasio intercambiable (extracción con acetato amónico) y fósforo asimilable (método de Olsen-Watanabe). Para cada perfil de suelo se estimó la capacidad de retención de agua disponible (CRAD) para cada horizonte según Hall *et al.* (1977).

Se realizó un inventario forestal en parcelas rectangulares de 200 m<sup>2</sup>, o variables según la masa forestal pero con un mínimo de 15 pies de sabina albar. El criterio de separación de pies inventariables y pies de regeneración fue una altura de 1,30 m. Los transectos realizados sirvieron también para la cuantificación de la erosión. Se determinó:

a) De cada pie inventariable (  $H \geq 130$  cm): el diámetro normal a 1,30 m, en la base y a 1 m; la altura total de los pies; el diámetro equivalente de copa viva; la altura a la primera rama viva; el sexo (si era identificable). También se caracterizó las formas de las copas según la discusión de Annes *et al.* (2001), empleándose los términos: Cupresóide, Cónica, Ovoide, Bola, Castigada y Dividida. Además se anotaba si la copa se encontraba más vacía o clara de lo habitual, así como la existencia de troncos múltiples en un mismo pie. b) De los pies de regeneración: diámetro en la base; altura total; sexo (si era identificable). c) De los individuos dominantes (representativos y de futuro de la masa): edad (en testigo obtenido mediante barrena de Pressler) de los 2 pies dominantes por parcela, según el criterio de Assman (Gómez *et al.*, 1997).

Los tratamientos estadísticos de los datos se efectuaron con el paquete informático SAS (SAS Institute, 1998), realizando análisis de correlaciones ("Proc. Corr.") entre las variables cuantitativas dasométricas, topoclimáticas y edáficas, análisis de modelos lineales generalizados ("Proc. GLM") incluyendo las variables cualitativas del medio, y análisis de regresión lineal ("Proc.Reg.").

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro n° 1 se sintetizan algunas variables topoclimáticas y las altitudes de las estaciones forestales estudiadas en función de su posición en el relieve. Las unidades

geomorfológicas son plataformas estructurales, fondos planos (vales) y vertientes de umbría y de solana. Las laderas son en su mayoría rectilíneas tanto en perfil como en planta, y su pendiente oscila entre 18% y 55%. Los procesos erosivos y de sedimentación tienen una muy baja afección en las estaciones estudiadas.

El déficit hídrico varía significativamente entre las unidades de relieve y las zonas mesoclimáticas ( $P < 0,001$ ), siendo menor en la zona A (déficit medio de  $394 \text{ mm.año}^{-1}$ ) que en las zonas B y C (déficits medios del orden de  $500 \text{ mm.año}^{-1}$ ). Las unidades de relieve con mayor déficit son las laderas de solana (déficit medio de  $581,9 \text{ mm.año}^{-1}$ ), mientras que las laderas de umbría presentan los valores mínimos ( $345,2 \text{ mm.año}^{-1}$ ), quedando plataformas y fondos de valle en una posición intermedia. Los suelos se han desarrollado en la mayoría de los casos sobre sedimentos detríticos coluviales, seguidos de calizas y en menor proporción lutitas alternando con calizas (Cuadro 2). No se encuentran afloramientos rocosos en ninguna de las estaciones.

Son suelos bien drenados, con profundidades enraizables de 15-103 cm, con texturas generalmente moderadamente finas, con contenidos de materia orgánica del 1-7% y niveles superiores al 30% de carbonatos. El pH varía entre 7,9 y 8,8, con una media es de 8,4 (Cuadro 3). Las parcelas con mayor conductividad eléctrica, (C.E. 1:5), superior a  $0,35 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , son las que presentan acumulaciones de yeso.

La capacidad de retención de agua disponible de los suelos (CRAD) (Cuadro 3) varía significativamente con respecto al factor unidad de relieve ( $P < 0,005$ ), pero no con respecto a la zona mesoclimática ( $P > 0,10$ ). Los Fondos presentan los mayores valores (93 mm), siendo significativamente diferentes del resto de parcelas, en el que las Plataformas (24 mm) presentan los valores más bajos. Las laderas de umbría tienen valores medios de 84 mm y las de solana de 62 mm. Los suelos se clasifican, según S.S.S. (1999), mayoritariamente como Entisoles y Mollisoles (Cuadro nº 3). Los Entisoles son el orden que predomina (45%), seguido de Mollisoles (26%) (más frecuentes en Laderas de umbría que en otras parcelas), Inceptisoles (23%) y Aridisoles (6%).

La profundidad enraizable del suelo varía significativamente entre las diversas Unidades de relieve ( $P < 0,0001$ ). Los Fondos presentan los mayores valores (88 cm) mientras que las Plataformas (20 cm) presentan valores más bajos que el resto. Las laderas de umbría tienen valores medios de 52 cm y las de solana de 45 cm. Las Laderas de solana tienen mayor porcentaje de carbonatos (47.9%), presentando diferencias significativas con respecto al resto de parcelas, Fondos (38.6%), Laderas de umbría (32.4%) y Plataformas (25.6%). Los contenidos de materia orgánica varían con respecto a las unidades de relieve, ( $P < 0,05$ ), con un valor medio mayor en las Plataformas (4,71%) y umbrías (4,24%) frente a los Fondos (2,92%) y solanas (2,88%).

La cubierta del suelo debida a la vegetación viva, Cuadro nº 2, no varía significativamente respecto a los factores unidad de relieve ni zona mesoclimática ( $P > 0,05$ ). No obstante las medias por unidades de relieve presenta una cierta tendencia estadística, ya que las Laderas de umbría destacan con mayor cobertura viva (91.7%), respecto a Plataformas (84.6%), Fondos (77.4%) y Laderas de solana (73.1%). Tanto los porcentajes de cubierta por vegetación muerta como de suelo desnudo no varían significativamente respecto a los factores unidad de relieve y zona mesoclimática.

Las masas de *Juniperus thurifera* L. estudiadas son en general abiertas, aunque también se han encontrado estaciones densas. Puntualmente aparecen otras especies como *Quercus ilex* spp. ballota, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Pinus halepensis*, *Acer monspessulanum* y *Quercus faginea*.

Los arces, quejigos y carrascas aparecen únicamente en la zona A. *Pinus halepensis* no llega a formar masas en las zonas estudiadas, pero aparece en el 16% de las estaciones, en general en mal estado y con pies poco vigorosos. También se encuentra en la zona A,

*Rhamnus alaternus*, *Bupleurum rigidum*, *Thalictrum tuberosum* y *Rosa miriakantha*. *Rosmarinus officinalis* es muy frecuente en las zonas B y C. En la zona C aparece muy frecuentemente *Thymelea tinctoria*. *Aphyllantes monspeliensis* aparece generalmente en umbrías, con mayor presencia en la zona A que en el resto. *Lygeum spartum* tiene importancia en algunas parcelas, sobre todo Laderas de solana y Plataformas de Lanaja (en la zona B). *Phlomis herba-venti* es frecuente en los fondos.

Las masas estudiadas son principalmente regulares, con distribuciones en las que predominan en general las clases diamétricas bajas (CD <2,5 o 5 cm), correspondiendo a masas en regeneración. El estado sanitario de las masas es bueno en general. En el Cuadro 4 se indican los parámetros silvícolas en las parcelas de sabina albar estudiadas.

El número de pies adultos no varía significativamente respecto a ningún factor. Los Fondos destacan con un media de 1119 pies/ha y las Laderas de solana marcan el mínimo (249 pies/ha). Las Laderas de umbría y las Plataformas quedan en un lugar intermedio (552 pies/ha y 411 pies/ha, respectivamente). Por zonas mesoclimáticas, el orden es: zona B (701 pies/ha), zona C (606 pies/ha), y zona A (350 pies/ha).

El número de troncos por hectárea, Np Jth, responde significativamente en función de las unidades de relieve (P< 0,001), pero no para el factor zona. Los Fondos marcan el máximo (1190 troncos/ha), y tras ellos las Laderas de umbría (681 troncos/ha), las Plataformas (431 troncos/ha) y las Laderas de solana (337 troncos/ha). La zona B presenta el mayor número de troncos (748 troncos/ha), la zona C (698 troncos/ha) y por último la zona A (460 troncos/ha).

El porcentaje de pies bifurcados, BIF, no varía en Laderas de solana (28.7%) y de umbría (17.5 %), pero sí en Plataformas (1.8 %) y Fondos (3.3 %). La Fracción de cubida cubierta media es de 30,4%. Los Fondos presentan una FCC superior (60,0%), seguidos de las Laderas de umbría (35,5%), apareciendo fracciones mucho más bajas en Plataformas (19,7%) y Laderas de solana (15,4%). El factor Zona mesoclimática no influye significativamente en esta variable. Se observa una tendencia creciente del porcentaje de pies bifurcados al aumentar el Déficit hídrico (P=0,091), y una tendencia decreciente al aumentar la fracción de cubida cubierta.

El diámetro medio normal, Dn, es de 8,04 cm. Nuevamente, el factor unidad de relieve es el único que resulta significativo (P<0,0001), siendo las diferencias significativas entre todas las unidades definidas. Los Fondos presentan los mayores diámetros medios (9,79 cm), seguidos de las Laderas de umbría (7.51 cm), las laderas de solana (6.13 cm) y las Plataformas (4.18 cm). Los diámetros medios normales presentan una relación significativa positiva frente a la Fcc (P<0,005), Altura media (P< 0,0001), y Edad (P< 0,0001). Las mejores relaciones son las siguientes:

$$\ln \text{EDAD} = 3,4124 + 0,0370 * \text{Dn} \quad R^2 = 0,40$$

$$\ln (\text{H}) = 0,4901 + 0,3931 * \ln (\text{Dn}) \quad R^2 = 0,78$$

Los resultados obtenidos para el área basimétrica, AB, indican unos valores máximo y mínimo de 21,97 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> y 0,05 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El valor medio es 3,93 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Los Fondos dan valores significativamente mayores (10,15 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) que las otras unidades de relieve, aunque es superior en las Laderas de umbría (4,62 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) que en las Laderas de solana (1,35 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) y Plataformas (1,33 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>).

Las alturas medias, Hm, varían significativamente tanto entre las unidades de relieve (P<0,0001) como entre las zonas mesoclimáticas (P<0,0005). Los Fondos presentan valores superiores (5.43 m) a las laderas de umbría (3.63m), mientras que las Laderas de solana (2,96 m) y Plataformas (2.55 m) presentan valores similares. Por otra parte, las alturas medias son mayores en la zona A (3,79 m), mientras que en las zonas B y C no se diferencian entre sí, con valores de 3,2 y 3,3 m, respectivamente.

La altura dominante media,  $H_o$ , es de 4,7 m. El modelo resulto significativo para el factor unidad de relieve ( $Pr > F = 0,0070$ ), distinguiéndose los Fondos con el valor máximo de 6,89 m, seguido de Laderas de umbría (4,76 m), Laderas de solana (3,57 m) y Plataformas (3,54 m), aunque sólo los Fondos son estadísticamente diferentes del resto. Así mismo, la altura dominante muestra una tendencia creciente al disminuir el Déficit hídrico ( $P < 0,10$ ), y al aumentar la CRAD ( $P < 0,10$ ). La altura dominante media está relacionada positivamente con la Profundidad enraizable ( $P < 0,01$ ) según,

$$\ln(H_o) = 0,3318 + 0,3014 * \ln(\text{PROF}) ; R^2 = 0,20$$

La edad media de los pies es de 51 años. Se observan dos máximos de edades, entre los años 1925 y 1945 (24.6 %), y entre 1955 y 1975 (50.9 %). Ambos periodos corresponden a épocas de éxodo rural generalizado y disminución de la presión agrícola y ganadera. Aunque el factor unidad de relieve no es significativo, se puede reseñar que los Fondos y las Plataformas son las unidades con masas más jóvenes (42 y 41 años, respectivamente), mientras que las de las laderas son más antiguas (53 años en umbría; 56 años en solana). Al analizar el efecto de la zona ( $P < 0,05$ ), se observa como los pies de la zona A son más jóvenes que los de la B y la C, con una diferencia máxima en las medias de 20 años.

La forma de copa ovoide predomina en laderas de solana (47%) y laderas de umbría (42%), mientras que la forma cónica predomina en Plataformas (42%) y Fondos (73%). El número de pies de regenerado de sabina albar,  $N_p$  Jth reg, no varía significativamente entre las unidades de relieve ni entre las zonas mesoclimáticas ( $P > 0,10$ ). Las Laderas de umbría son las que presentan el máximo (358 pies/ha), seguidas de las Plataformas (238 pies/ha), las Laderas de solana, con 129 pies/ha, y los Fondos, con 71 pies/ha. La distribución por zonas señala en primer lugar la zona C (360 pies/ha), después la zona B (184 pies/ha) y, por último, la zona A (131 pies/ha). Los parámetros de crecimiento radial y en altura se muestran en el Cuadro 5.

El crecimiento radial medio es de 1,69 mm/año. Se observan diferencias estadísticas en las diferentes unidades de relieve ( $Pr > F = 0,0432$ ), siendo superiores en Fondos (2,40 mm.año<sup>-1</sup>) respecto al resto de parcelas, umbrías (1,72 mm.año<sup>-1</sup>), Plataformas (1,48 mm.año<sup>-1</sup>) y en solanas (1,45 mm.año<sup>-1</sup>). Son también significativas las diferencias en los crecimientos en las diferentes zonas ( $P < 0,05$ ). En la zona A son mayores, con 2,03 mm.año<sup>-1</sup>, que en las zonas B y C (1,42 y 1,37 mm.año<sup>-1</sup>). El crecimiento radial muestra una correlación lineal negativa con la Edad ( $P < 0,0001$ ) y el Déficit hídrico ( $P < 0,0001$ ). En cambio, tiene una cierta relación positiva con la Altura dominante ( $P < 0,10$ ), y la CRAD ( $P < 0,10$ ) y la profundidad enraizable del suelo ( $P < 0,10$ ).

Los incrementos anuales de la altura media varían en función de la unidad de relieve ( $P < 0,10$ ): Son mayores en los Fondos (13,01 cm.año<sup>-1</sup>) que en umbrías (7,26 cm.año<sup>-1</sup>), Plataformas (6,67 cm.año<sup>-1</sup>) y solanas (5,65 cm.año<sup>-1</sup>). Existen diferencias significativas entre los crecimientos de los pies dominantes en los Fondos (16,57 cm.año<sup>-1</sup>) con respecto a las de Laderas de umbría (9,44 cm.año<sup>-1</sup>) y Plataformas (9,01 cm.año<sup>-1</sup>), siendo éstos a su vez significativamente mayores que los de las Laderas de solana (6,89 cm.año<sup>-1</sup>). Estos crecimientos no son diferentes entre las zonas mesoclimáticas, con valores de 11,00 cm.año<sup>-1</sup> en la zona A, y de 9,20 y 8,41 cm.año<sup>-1</sup> en las zonas B y C respectivamente.

## CONCLUSIONES

Los suelos de las estaciones de *Juniperus thurifera* L de la Sierra de Alcubierre, se desarrollan sobre sedimentos coluviales calcáreos y calizas, y no presentan evidencias de erosión. Son suelos bien drenados, con profundidades enraizables muy variables, desde muy superficiales a profundas, texturas moderadamente finas, compactos, con materia orgánica de

poca a abundante, y ricos en carbonatos. Se clasifican mayoritariamente como Entisoles y Mollisoles.

Las masas de sabina albar estudiadas son de regeneración, en general abiertas, con densidades modales entre 120-1900 pies.ha<sup>-1</sup> y edades entre 25 y 107 años. El diámetro medio normal es de 8,04 cm y varía significativamente entre las distintas unidades de relieve, siendo mayor en los Fondos (9,44 cm) y mínimo en Plataformas (4,86 cm). Los diámetros medios normales presentan una relación significativa positiva frente a la Fracción de cabida cubierta, Altura media y Edad.

Las alturas dominantes oscilan entre 2,4-9,0 m, y presenta una correlación significativa con la Profundidad enraizable y una tendencia creciente al disminuir el déficit hídrico y al aumentar la CRAD. Particularmente interesantes son los elevados crecimientos tanto radiales como en altura dominante. Los crecimientos radiales oscilan entre 0,95-3,42 mm-año<sup>-1</sup>, y son superiores en los fondos, 2,40 mm/año, respecto a otras unidades de relieve, y en Robres-Alcubierre respecto al resto de zonas mesoclimáticas.

El crecimiento radial muestra una correlación negativa con la Edad y el Déficit hídrico. También muestra una tendencia al aumento con el incremento de la altura dominante, el CRAD y la profundidad enraizable. El crecimiento en altura dominante varía entre 2,9 y 20,0 cm-año<sup>-1</sup>. Es máximo en los fondos (16,57 cm/año), intermedios y diferenciados en laderas de umbría (9,44 cm/año) y plataformas (9,01 cm/año) y significativamente menores en laderas de solana (6,89 cm/año). El crecimiento de *Juniperus thurifera* en la Sierra de Alcubierre está relacionado con la disponibilidad hídrica para las plantas, influyendo sobre ésta tanto factores topoclimáticos como edáficos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, P. & SÁNCHEZ PALOMARES, O. 2001. Hábitat fisiográfico-climático de *Juniperus thurifera* L. en Castilla y León. III Congreso Forestal Español. Granada.
- ANDRES, L. y ARAMBURU, M. P., et al. 1986. Cartografía de los diferentes tipos de sabinar de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Sierra de Alcubierre y Monegros. Congreso de Botánica en homenaje a Francisco Loscos Bernal. Alcañiz.
- ANNES, D. 2002. Structure et dynamique de la population de Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) de la Retuerta de Pina (Monegros, Espagne). Mémoire de DEA, Environment et Paysage. Université Toulouse Le Mirail.
- ARAMBURU, M. P., ESCRIBANO, M. M., et al. 1986. Caracterización ecológica del sabinar de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) de los Monegros. Congreso de Botánica en homenaje a Francisco Loscos Bernal. Alcañiz.
- BERTAUDIÈRE, V., MONTES, N., GAUQUELIN, T., ÉDUOARD, J-L. 1999. Dendroécologie du genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.): exemple de la thuriferaie de la montagne de Rié (Pyrénées, France). Ann. For. Sci. 56 (1999) 685-697.
- BLASCO-ZUMETA, J., 1998. Los invertebrados. Todos los recursos se aprovechan: interrelación con el medio de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.). A: Ecología de Los Monegros, la paciencia como estrategia de supervivencia. 219-230.
- C.B.D.S.A. (Comisión del Banco de Datos de Suelos y Aguas). 1983. SINEDARES, Manual para la descripción codificada de suelos en campo. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación de España.
- COMÍN, P. 1987. Descripción estructural de las poblaciones de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en el cuadrante sud – occidental de la provincia de Teruel: Análisis de la competencia interespecífica entre la sabina y otras especies arbóreas. Teruel, 77 – 78: 9 -114.

- CREUS, J., ANNES, D., SAZ, M.. 2002. Valores dendrométricos de *Juniperus thurifera* en el sector central del Valle del Ebro. Homenaje a Manuel Ferrer Regales. Ed. Universidad de Navarra. ISBN-84-313-1967-4.
- GÓMEZ, F.; BLANCO, E.; CASADO, M.A.; COSTA, M.; ESCRIBANO, R.; GARCÍA, M.; GÉNOVA, M.; GÓMEZ, A.; GÓMEZ, F.; MORENO, J.C.; MORLA, C.; REGATO, P.; SAINZ, H. 1998. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Editorial Geoplaneta. Barcelona.
- GÓMEZ, J.A.; A. CAMARA y J.M. GRAU. 1997. Curvas de calidad de estación para *Pinus Halepensis* Mill. E idoneidades fitoclimáticas. In Puertas, F. y M. Rivas (eds). I Congreso Forestal Hispano-Luso, 4: 279-284. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- GÓMEZ MANZANEQUE, F. 1991. Los sabinares de *Juniperus thurifera* de la Península Ibérica. Cartografía, flora, tipificación y consideraciones paleobiogeográficas. Tesis doctoral. UAM, Madrid.
- GONZÁLEZ, J. & CANDAS, M.A. 1991. Características de suelos bajo sabinares albares sobre material calizo. Suelo y Planta.1 : 425 – 438.
- GRACIA, C. 1990. ECOSIM. Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Barcelona
- HALL, D.G.M.; M.J. REEVE; A.J. THOMASSON & V.F. WRIGTH. 1977. Water retention, porosity and density of field soils. Technical Monograph. N° 9. Soil Survey of England and Wales. Harpenden.
- MOLERO, J., SÁEZ, LL., VILLAR, L. 1998. Interés florístico y geobotánico de la sierra de Alcubierre. Acta. Bot. Barc., 45: 363-390.
- MONTERO BURGOS, J.L. 1982. El clima y la introducción de especies. In Principios de introducción de especies. pp. 215-239. INIA-IUFRO. Lourizan.
- OCHOA, M.J. 1982. Relaciones entre el medio y comunidades del sabinar continental árido en el valle del Ebro. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Comunicaciones I.N.I.A. Serie de Recursos Naturales, 14. 52pp.
- OLARIETA, J.R.; A. USÓN; R RODRIGUEZ-OCHOA; M. ROSA; R. BLANCO; M. ANTUNEZ. 2000. Land requirements for *Pinus halepensis* Mill. growth in a plantation in Huesca (Spain). (2000). Soil Use & Management, 16: 88-92.
- PAGE, A.L.; R.H. MILLER & D.R. KEENEY. 1982. Methods of soil Analysis. Part2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. 314 pp. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison.
- RODRIGUEZ-OCHOA, R., ARTIEDA, O. 1998. Introducción a los suelos de Monegros. Manifiesto Científico por los Monegros. Bol. S.E.A., n° 24: 67-72.
- SAS Institute. 1998. SAS/STAT User's Guide. Version 7. SAS Institute Inc., Cary.
- SOIL SURVEY STAFF. 1999. Soil Taxonomy. Second Edition. Agriculture Handbook. Number 436. Whashington DC. USA.

## TABLAS

Cuadro n° 1. Altitud y variables topoclimáticas de las estaciones forestales estudiadas.

| Unidad de relieve | Nº | ALTITUD (m) | P (mm)   | Tª (° C)   | ETP (mm.año <sup>-1</sup> ) | ETR (mm.año <sup>-1</sup> ) | DÉFICIT (mm.año <sup>-1</sup> ) |
|-------------------|----|-------------|----------|------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Ladera solana     | 10 | 540 ± 37    | 517 ± 56 | 16,2 ± 0,9 | 1094,7 ± 60,5               | 510,1 ± 52,2                | 581,9 ± 99,1                    |
| Ladera umbría     | 11 | 581 ± 61    | 523 ± 63 | 13,9 ± 0,6 | 788,1 ± 71,8                | 469,7 ± 37,3                | 345,2 ± 99,1                    |
| Plataforma        | 5  | 627 ± 67    | 543 ± 67 | 15,0 ± 0,6 | 1014,9 ± 31,1               | 488,2 ± 34,3                | 526,6 ± 60,1                    |
| Fondo             | 5  | 536 ± 65,3  | 519 ± 31 | 15,5 ± 0,5 | 1004,1 ± 35,3               | 495,6 ± 16,3                | 508,5 ± 41,2                    |

P: precipitación media anual; Tª: temperatura media anual; ETP: evapotranspiración potencial media anual (Turc); ETR: evapotranspiración real media anual; Déficit: déficit hídrico media anual acumulado



Cuadro 2. Algunas características de las formas del relieve y de los suelos de las parcelas de estudio.

| Unidad de relieve | Orient (°)      | Pte (%)        | Material geológico | Suelo desnudo (%) | Pedreg. superf. (%) | Veget. viva (%) | Veget. muerta (%) |
|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|-------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Ladera solana     | 166<br>± 26     | 27<br>± 10     | SDC (80%)          | 5,5<br>± 5,7      | 31,8<br>± 18,0      | 73,1<br>± 19,7  | 17,4<br>± 14,7    |
| Ladera umbría     | 25<br>± 18      | 36,4<br>± 15,6 | SDC (90 %)         | 1,5<br>± 2,9      | 15,3<br>± 16,5      | 91,7<br>± 10,0  | 19,9<br>± 12,6    |
| Plataforma        | Sin orientación | 2<br>± 1       | Calizas (100%)     | 1,3<br>± 2,1      | 14,8<br>± 15,1      | 84,6<br>± 14,8  | 7,2<br>± 6,1      |
| Fondo Valle       | Sin orientación | 2<br>± 1       | SDC (100%)         | 5,4<br>± 5,6      | 0,8<br>± 1,0        | 77,4<br>± 14,7  | 2,6<br>± 2,9      |

Orient: orientación (grados respecto al Norte); Pte: pendiente (%); Material geológico originario (SDC: sedimentos detríticos coluviales); Pedreg. superf.: Pedregosidad superficial (% cubierta suelo); Veget. viva: Vegetación total viva (% cubierta suelo); Veget. muerta: Vegetación total muerta (% cubierta suelo).

Cuadro 3. Algunas características de los suelos de las parcelas estudiadas.

| Unidad de relieve | Suelos (SSS, 1999) Subgrupo | (1)          | (2)              | (3)            | (4)            | (5)            | (6)          | (7)          | (8)           | (9)           |
|-------------------|-----------------------------|--------------|------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Ladera solana     | Torriorthent (40 %)         | 8.4<br>±0.2  | 0.278<br>±0.033  | 47.9<br>± 11.1 | 2.88<br>± 0.91 | 0.16<br>± 0.07 | 1.5<br>± 1.4 | 269<br>± 125 | 44,7<br>±18,3 | 61,5<br>±28,5 |
| Ladera umbría     | Haploxeroll (45%)           | 8.4<br>± 0.2 | 0.396<br>± 0.441 | 32.4<br>± 7.0  | 4.25<br>± 1.68 | 0.24<br>± 0.07 | 3.1<br>± 2.7 | 386<br>± 101 | 51,9<br>±14,0 | 83,8<br>±26,7 |
| Plataforma        | Torriorthent (60 %)         | 8.3<br>± 0.1 | 0.215<br>± 0.011 | 25.6<br>± 13.8 | 4.72<br>± 1.35 | 0.29<br>± 0.15 | 5.1<br>± 2.1 | 517<br>± 77  | 20,2<br>±5,2  | 24,3<br>±16,4 |
| Fondo             | Haploxerept (50 %)          | 8.6<br>± 0.1 | 0.228<br>± 0.030 | 37.6<br>± 5.0  | 2.94<br>± 0.80 | 0.15<br>± 0.03 | 2.4<br>± 1.2 | 426<br>± 133 | 88,0<br>±23,2 | 93,1<br>±28,7 |

(1) pH [1:2,5]; (2)CE[1:5] ( $dS.m^{-1}$ ); (3) %CaCO<sub>3</sub>; (4)% materia orgánica; (5) % nitrógeno; (6) Fósforo extraíble (ppm); (7) Potasio extraíble (ppm); (8)Prof. enraizable: profundidad enraizable del suelo (cm); (9)CRAD: capacidad de retención de agua disponible del suelo(mm).

Cuadro 4. Parámetros silvícolas de *Juniperus thurifera* en las parcelas estudiadas.

| PARCELA       | Np Jth (pies/ha)  | Np Total (pies/ha) | BIF (%)       | Fcc (%)        | Dn (cm)        | AB (m <sup>2</sup> /ha) | Hm (m)         | Ho (m)         | Edad (años)   | Np Jth Regener. (pies/ha) |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------------|
| Ladera solana | 249,1<br>± 102    | 276,2<br>±102      | 28,7<br>±13,9 | 15,4<br>±4,5   | 6,13<br>±1,51  | 1,35<br>±0,72           | 2,92<br>±0,44  | 3,57<br>±0,66  | 55,7<br>±17,4 | 128,7<br>± 73,5           |
| Ladera umbría | 552,3<br>±477,6   | 767,5<br>±543,3    | 18,5<br>±10,7 | 35,5<br>±32,0  | 7,51<br>±2,54  | 4,62<br>±4,04           | 3,63<br>±0,90  | 4,76<br>±0,94  | 53,4<br>±21,7 | 358,4<br>±322,9           |
| Plataforma    | 411,1<br>±161,9   | 559,9<br>±273,5    | 1,8<br>±3,6   | 19,7<br>±10,8  | 4,18<br>±1,93  | 1,33<br>±1,23           | 2,55<br>±0,48  | 3,55<br>±1,04  | 41,0<br>±15,5 | 238,5<br>±126,3           |
| Fondo         | 1119,1<br>±1157,9 | 1119,1<br>±1157,9  | 3,3<br>± 6,6  | 60,0<br>± 28,8 | 9,79<br>± 1,94 | 10,15<br>± 6,77         | 5,43<br>± 1,50 | 6,89<br>± 1,12 | 42,2<br>± 6,5 | 71,1<br>±91,5             |

NpJth: número medio de pies Jth; Np total: número medio de pies totales; BIF: porcentaje de pies bifurcados; Fcc: fracción de cubida cubierta; Dn: diámetro normal medio; AB: área basimétrica; Hm: altura media; Ho: altura dominante; Edad: edad media de los pies dominantes; Np Jth Regener: número medio de regenerado.

Cuadro 5. Parámetros de crecimiento de los pies adultos de *Juniperus thurifera* en las parcelas estudiadas.

| PARCELA       | EDAD (años) | CREC RADIAL (mm.año <sup>-1</sup> ) | CREC ALTURA MEDIA (cm.año <sup>-1</sup> ) | CREC ALTURA DOMIN. (cm.año <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Ladera solana | 56 ± 15     | 1,45 ± 0,36                         | 5,65 ± 1,67                               | 6,89 ± 1,97                                |
| Ladera umbría | 54 ± 19     | 1,72 ± 0,45                         | 7,26 ± 2,31                               | 9,44 ± 2,50                                |
| Plataforma    | 41 ± 15     | 1,48 ± 0,45                         | 6,67 ± 1,22                               | 9,01 ± 1,82                                |
| Fondo         | 42 ± 4      | 2,40 ± 0,73                         | 13,01 ± 3,37                              | 16,57 ± 2,92                               |

Crec. radial: Crecimiento medio anual radial; Crec. altura media: Crecimiento medio anual en altura media; Crec. altura domin. Crecimiento medio anual en altura dominante.