Invest Agrar: Sist Recur For (2004) Fuera de serie, 142-151

Modificación del microclima edáfico producido por riegos en forestaciones de zonas semiáridas

M. N. Jiménez*, M. A. Ripoll, F. B. Navarro, I. Bocio y E. de Simón

Departamento Forestal. Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada (IFAPA). Camino de Purchil, s/n. Apartado 2027. 18080 Granada. España

Resumen

En este trabajo se analiza el efecto que producen los riegos realizados en distintas épocas durante la sequía estival sobre el microclima edáfico en plantas de encina (*Quercus rotundifolia*)[1] en terrenos agrícolas abandonados de clima semiárido continental. El estudio se ha hecho sobre 5 parcelas de 60 plantas cada una, situadas en los Altiplanos de Rambla Becerra (Guadix-Granada). En ellas se realizó el seguimiento de la tasa de supervivencia y desarrollo tras la plantación durante dos años (2001-2002). La respuesta de la planta al nuevo medio fue excelente en todas las parcelas que reciben riegos, mientras que en la parcela testigo (sin riego) la supervivencia es notablemente inferior. La altura de las encinas en las parcelas que presentan algún riego es significativamente superior que la parcela testigo, y el diámetro de las encinas de la parcela que recibe riego estival continuo muestra diferencias significativas con respecto al resto de parcelas. Los diagramas bioclimáticos realizados en cada parcela reflejan importantes diferencias; el aporte de un riego estival consigue reducir el período de xericidad e incluso, en la parcela que recibe riego estival continuo la eliminan, generando un nuevo período de actividad vegetativa. La humedad del suelo muestra diferencias significativas, siendo la parcela 8 que se riega continuamente la única que mantiene la humedad en profundidad. El déficit hídrico disminuye de forma puntual en las parcelas que se riegan una sola vez mientras que en la parcela 8 disminuye de forma acusada con el consiguiente aumento de la actividad vegetativa.

Palabras clave: microclima, humedad, suelo, agrícola.

Abstract

Modification of the edaphic microclimate produced by irrigation in reafforestations of semiarid areas

In this work, we analyse the effect that the irrigation carried out in different times during the summer drought produces on the edaphic microclimate over holm oak plants (*Quercus rotundifolia)* in abandoned agricultural soils of continental semiarid climate. The study has been done over 5 plots of 60 plants each, located in the high plateaux of *Rambla Becerra (Guadix-Granada),* in which it has been accomplished a continuation of the survival rate and development after the planting during two years (2001-2002). The answer of the plant to its new medium was excellent in all the irrigated plots, whereas in the witness plot (without irrigation) the survival is considerably inferior. The height of the holm oaks in those plots with any kind of irrigation is significantly superior than the ones in the witness plot, and the diameter of the holm oaks of the plots which receive continuous summer irrigation shows significant differences with respect to the rest of the plots. The bioclimatic diagrams achieved in each plot reflect relevant differences; the summer irrigation reaches to reduce the drought period and even, in the plot that receives the continuous summer irrigation, this is eradicated, thus generating a new period of vegetation activity. The humidity of the soil shows significant differences, being the plot number 8, which is continually being irrigated, the only one that keeps the humidity in depth. The hydric deficit diminishes punctually in the plots irrigated only once, whereas in the parcel n. 8 diminishes drastically with the following increase in the vegetation activity.

Key words: microclimate, humidity, soil, agricultural, bioclimatic diagrams.

* Autor para la correpondencia: noelia.jimenez.ext@juntadeandalucia.es

Recibido: 11-09-03; Aceptado: 08-03-04.

[1] *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.).

Introducción

Las forestaciones de tierras agrarias en ambientes semiáridos tienen en su fase de establecimiento, un período de adaptación a su nuevo medio que puede resultar crítico para las plantas repobladas si se adelanta el período de sequía estival, por la falta de las tan necesarias lluvias de primavera.

La carencia de agua en el momento en que la repoblación más la necesita puede producir un alto índice de marras, por la falta de humedad en el suelo, que cuestione la viabilidad de las forestaciones en estos ambientes, y provoque unas pérdidas cuantiosas para los agricultores que pretenden transformar sus tierras agrarias en terrenos forestales, al amparo de los programas de subvenciones que se recogen en los R.D. 152/96, de 2 de febrero, y el D. 127/98, de 16 de junio y la Orden de 5 de agosto de 1998 que desarrolla éste Decreto. Éstos terrenos que se forestan, son los más necesitados de unas eficientes cubiertas vegetales permanentes, encontrándose en estados de degradación irreversibles hacia la recuperación de la vegetación natural ancestral (Aronson *et al*., 2000; Godron, 1995).

En las zonas con especiales condiciones climáticas, con un largo período seco y una acusada irregularidad en las lluvias, que favorecen períodos de sequía, puede ser muy conveniente considerar la posibilidad de un riego de establecimiento en las plantaciones (Pemán & Navarro, 1998).

La práctica del riego es inusual en las repoblaciones forestales, exceptuando las plantaciones para la producción de madera, como son las choperas, porque la utilización del riego está muy limitada por la disponibilidad de agua para estos menesteres, por la dificultad de su distribución y acceso a grandes superficies, y consecuentemente por los costes económicos y ecológicos. Sin embargo, en determinados terrenos agrícolas, pueden ser viables riegos puntuales en parcelas de pequeña superficie a un coste razonable. Aunque siempre es conveniente considerar que tanto en las repoblaciones como en la forestación de tierras agrarias, si se eligen convenientemente las especies y las densidades de plantación, de acuerdo con la ecología del terreno y la situación actual del suelo y consecuentemente, si se planta en la época adecuada y con planta de calidad, en principio, no serían necesarios los riegos (Pemán & Navarro, 1998).

Debido a las características especiales de los terrenos agrícolas (Díaz, 1997) y al clima de los ambientes semiáridos, en los que se puede producir un estrés hídrico intenso cuando la planta introducida con la forestación esté en su período de adaptación, el método más eficaz para reducir el estrés hídrico de la planta es el riego. En cualquier caso, el riego sólo sirve para ayudar a la plantación en sus primeros años, por lo que sólo sería necesario riegos de establecimiento o de mantenimiento que a lo sumo se repetirán el segundo y tercer año, hasta que la raíz de la planta se haya desarrollado lo suficiente para que ésta pueda sobrevivir de forma independiente (Navarro, 1996).

El riego se puede aplicar solamente en terrenos llanos o con pendientes suaves, como suelen ser los terrenos agrícolas que se forestan, y se realiza por el pié. El riego pié a pié con cisternas, tiene como objetivo reducir las marras en plantaciones de baja densidad, sobre terrenos de fácil acceso a tractores con remolque y para plantas que tienen una parte aérea excesivamente grande para un sistema radical reducido. Estos riegos pié a pié con cisterna pueden tener una doble intención: riegos de establecimiento y riegos de mantenimiento (Serrada, 2000).

El objetivo del trabajo es conocer el efecto de diferentes riegos sobre el microclima edáfico en plantas de encina forestadas, así como el efecto sobre la supervivencia y los parámetros físicos, altura y diámetro basal, en condiciones mediterráneas semiáridas.

Este trabajo recoge los resultados parciales del Proyecto INIA-RTA 01-132 *«Efectos de los tratamientos culturales, binas, riegos y mulches sobre la forestación de tierras agrarias»*, que están llevando a cabo el Departamento Forestal del CIFA de Granada.

Material y Métodos

Área de estudio

La zona de experimentación está situada en los Altiplanos de Rambla Becerra (depresión de Guadix-Baza, Granada), en el SE de la península Ibérica. Sus coordenadas son 37º 26´N y 3º 5´W. Se trata de una zona de bioclima xérico-oceánico, termotipo mesomediterráneo y ombrotipo semiárido (Rivas-Martínez & Loidi, 1999), de topografía llana y homogénea, con precipitaciones medias anuales de 320 mm con una acusada irregularidad anual. Es una altiplanicie situada sobre los 1.000 m con suelos tipo cambisoles cálcicos con presencia de un horizonte petrocálcico, pH de 7,5, textura franco-arcillo-arenosa, alta capacidad de retención y baja escorrentía superficial (Pérez-Pujalte, 1997).

Valle *et al*. (2002) distinguen en la zona dos series de vegetación: la serie mesomediterránea bética basófila de la encina, *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifolia* S., que se extiende por los altiplanos (cambisoles) y la serie mesomediterránea semiárida de la coscoja, *Rhamno lycioidis-Querceto cocciferae* S. que ocupa las laderas laterales y el fondo de la rambla (fluvisoles).

Durante décadas la superficie del ensayo se dedicó al cultivo extensivo de cereal (Gámez, 1995), pero debido a la decadencia socioeconómica arrastrada desde la década de los años 50-60 el terreno fue adquirido por la Junta de Andalucía (IARA) en 1993. En la actualidad buena parte de este territorio se utiliza para proyectos de investigación forestal.

Análisis de la respuesta en campo

En la zona de ensayo se instalaron 5 parcelas de 1.000 m^2 (40 × 25m) plantándose 60 encinas (*Quercus rotundifolia*) en cada una, a 5 × 4 m de distancia y con marco regular en febrero de 2001. Previamente, en noviembre de 2000 se realizó una preparación del terreno puntual, con retroexcavadora de 80 H.P., con cucharón grande profundizando entre 70 y 80 cm con objeto de romper la costra caliza que presenta este suelo para que las raíces no encuentren ningún impedimento mecánico al explorar en profundidad este perfil; se hizo una pequeña explanación en la superficie del terreno removido que constituye la banqueta de plantación. Las plantas fueron adquiridas en un vivero comercial, en contenedor de 250 cm^3 con sistema antiespiralizante, de 1 savia, y cumplían los requisitos mínimos de calidad (Navarro, 1998). Los tratamientos empleados en las diferentes parcelas y el cronograma de actuación se esquematiza en la tabla 1.

A todas las plantas forestadas se les midió altura y diámetro basal en Abril, Julio y Octubre de 2001 y en Julio y Octubre de 2002.

Los datos obtenidos en las mediciones de campo fueron analizados con los programas Microsoft Excel 97 y Statgraphics 4.0 para Windows, con el que se realizaron distintos análisis de la varianza, para los factores «tiempo» y «parcelas», a un nivel de confianza del 95%. Para comprobar la igualdad de varianzas se aplicó el test de Cochran; en algunos casos fue necesario hacer una transformación de los datos para aplicar éste test. En caso de asumirse varianzas iguales se aplicó el test de comparación de medias LSD. En caso de no cumplirse el test de igualdad de varianzas se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Pérez, 2001).

Durante el período de muestreo se realizó un seguimiento del clima con la Estación Meteorológica completa Thies mod. DL-15 instalada en Rambla Becerra, y con un sensor de temperatura con datalogger, de la marca «Hobo» tipo «Pro Series» situado en el Altiplano. Para estudiar la humedad del suelo en cada parcela se han realizado medidas en laboratorio del porcentaje de humedad correspondiente a un potencial hídrico determinado de la muestra de suelo, y medidas continuas del contenido de humedad en campo mediante sensores Watermark® colocados en las parcelas

Tabla 1. Número de parcelas, tratamientos culturales aplicados y cronograma de riegos durante los años 2001 y 2002

N.º de parcela	Tratamiento cultural	Cronograma de riegos en los años 2001 y 2002					
		Junio	Julio		Agosto		Sept.
		2.ª quincena	1.ª quincena	2.ª quincena	1.ª quincena	2.ª quincena	1.ª quincena
5	Riegos de prolongación del período vegetativo[1]	×					
6	Riegos en períodos de máximo estrés hídrico[2]			×			
7	Riegos para acortar el período de sequía[3]						×
8	Riego continuo[4]	×	×	×	×	×	×
9	Testigo[5]						

[1] Se realizan a comienzos de verano, con lo cual se pretende alargar el período vegetativo de crecimiento y aumentar las reservas de las plantas forestales. [2] En período de máximo estrés hídrico, en verano, se realiza un riego. [3] Con este riego se pretende acortar el período de xericidad estival. [4] Se trata de regar las plantas periódicamente, cada 15 días, para eliminar los efectos de la sequía estival. [5] En la parcela testigo no se realiza ningún tratamiento. Los riegos fueron de 50 litros a cada planta.

de experimentación a tres profundidades, 20, 40 y 70 cm. Estos sensores funcionan a modo de tensiómetros, al medir el estado de energía de la fase de solución del suelo; a medida que disminuye la humedad del suelo que rodea la cápsula porosa del sensor, el nivel de energía de la humedad disminuye en relación al del agua en la cápsula, provocando la salida de agua del tensiómetro a través de los poros de la cápsula llegando al suelo. Cuando el valor mostrado por el tensiómentro es 0 cbar indica que hay humedad en el suelo y la planta puede extraerla aplicando poca presión; sin embargo, un valor cercano a 200 cbar indica que existe poca agua y por tanto, la presión que debe aplicar la planta es muy elevada. A mayor humedad del suelo menor presión es necesario aplicar para extraer agua por las raíces. Para determinar la capacidad de retención del suelo se ha calculado previamente el porcentaje de humedad a 15 atmósferas y a 1/3 de atmósfera. Con estos datos, la densidad aparente de tierra fina calculada con la fórmula propuesta por Santos (1979), el porcentaje de tierra fina en volumen calculado con la fórmula propuesta por el Soil Conservation Service (1972) y la profundidad efectiva del perfil se ha calculado la capacidad de retención del suelo.

A partir de los regímenes de humedad y temperatura del suelo, definidos por la Soil Taxonomy (USDA, 1975), se ha realizado una ficha climática del suelo de cada parcela, teniendo en cuenta que sólo cambia la precipitación en función del riego, en la que se refleja el balance hídrico del perfil a lo largo del año (Gandullo, 2000). La realización de estas fichas climáticas descansan en las siguientes hipótesis:

— Si un mes la precipitación supera a la evapotranspiración potencial (ETP), existe un exceso de agua que quedará retenido en el suelo si este no ha completado su capacidad de retención; cuando el exceso de agua supera la capacidad de retención del suelo puede ocurrir, bien que esa agua drene en profundidad si no hay pendiente, o que se pierda por escorrentía superficial cuando haya pendiente. En nuestro caso es un suelo llano con capacidad de retención de 150 mm. En cualquier caso la evapotranspiración real (ETR) coincide con la potencial. La comunidad vegetal no padece sequía fisiológica. En los períodos donde hay recarga o exceso de agua que no es nuestro caso porque nunca se supera la capacidad de retención , las plantas presentarán actividad vegetativa siempre que la temperatura supere los 7,5ºC.

— Si un mes la precipitación coincide con la ETP, es un caso similar al anterior en lo que respecta a la ausencia de sequía fisiológica y de valores de ETR, pero no habrá variación en la reserva de agua, ni drenaje ni escorrentía superficial.

— Si la precipitación es inferior a la ETP, existe sequía meteorológica ya que la eficacia térmica exige una pérdida de agua superior a la que las lluvias mensuales aportan. Esta sequía tiende a ser paliada por el agua existente en el suelo que reduce su reserva para atender a ese déficit de agua. La ETR es la suma de la precipitación caída y de la reducción de reserva de agua del suelo. La sequía fisiológica puede evaluarse a través de la diferencia entre los valores de ETP y ETR.

El cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) definido por Thornthwaite en 1984 como la cantidad máxima de agua devuelta a la atmósfera por evaporación y transpiración en un suelo totalmente cubierto de vegetación y en el supuesto de que no exista ningún déficit de agua se ha realizado a partir del el método que integra el método de Penman con el de Blaney-Criddle (Montero de Burgos, González Rebollar, 1983).

Siguiendo la metodología de Montero de Burgos y González Rebollar (1983) se han elaborado los diagramas bioclimáticos de acuerdo a la precipitación (más riegos) y la temperatura acontecida durante los dos años de estudio, en cada una de las parcelas de experimentación. Estos diagramas pretenden establecer los períodos efectivos de productividad vegetal, cuya cuantificación se realiza con las denominadas «intensidades bioclimáticas». Se diferencian las siguientes intensidades:

IBL. Intensidad Bioclimática Libre. Refleja el período de actividad vegetativa. Cuantifica la productividad climática con una determinada capacidad de retención (CR) y escorrentía superficial (W). Los valores de CR y W correspondientes a las condiciones reales del suelo en todas las parcelas son 150mm y 0% respectivamente.

IBC. Intensidad Bioclimática Condicionada. Representa un período en el que la actividad vegetativa se encuentra seriamente limitada, condicionada, en aquellas especies que deben recuperarse hídricamente de la sequía, porque aún no se ha compensado el déficit hídrico provocado por la sequía estival.

IBS. Intensidad Bioclimática del período seco. Expresa la paralización vegetativa por sequía.

IBF. Intensidad Bioclimática del período frío. Expresa la paralización vegetativa por frío.

IBF. Intensidad Bioclimática Condicionada del Período Frío. Expresa el período de paralización vegetativa por frío en el que aún no se ha compensado el

déficit hídrico provocado por la sequía estival o por escasez de lluvias invernales y/u otoñales o por presencia de agua en estado sólido (nieve o hielo).

Resultados

Climatología y diagramas bioclimáticos

Los datos aportados por la estación meteorológica y el sensor de temperatura muestran que la precipitación anual durante el período meteorológico 2000-2001 fue de 299,1 mm y en 2001-2002 de 288,7 mm; la temperatura media durante 2000-2001 fue 13,7ºC y en 2001-2002 de 12,7 ºC. Las precipitaciones anuales son menores al valor medio de la serie histórica (318 mm); en cuanto a las temperaturas también se producen grandes contrastes, alcanzándose una temperatura máxima absoluta de 41,5ºC en junio y agosto de 2001, y mínima absoluta de –7,6ºC en diciembre del mismo año.

Los diagramas bioclimáticos obtenidos aplicando los datos pluviométricos (precipitación más agua aportada en los riegos) y termométricos del período 2001-2002 y aplicando los valores reales de capacidad de retención y escorrentía se muestran en la figura 1. De éstos se puede destacar la intensidad y duración del período de xericidad estival durante los años 2001-2002 en la parcela 9, y la existencia de un período de crecimiento vegetativo bastante reducido. El resto de parcelas al recibir un riego estival reducen el período de xericidad estival: la parcela 5 en mayo o junio durante los dos años de estudio, presenta un segundo período de crecimiento vegetativo; la parcela 6 en julio de 2001 aunque recibe un riego, las plantas no consiguen recuperarse hídricamente de la sequía mientras que en julio de 2002 se recuperan y presentan un período de actividad vegetativa; la parcela 7 aunque al recibir el aporte de agua reduce el período de xericidad, ésta agua no es suficiente para recuperarse hídricamente y generar un período de crecimiento; la parcela 8 destaca por presentar tan sólo un mes de sequía y actividad vegetativa prácticamente durante todo el año.

Microclima edáfico

Los perfiles de humedad del suelo a 20, 40 y 70 cm de profundidad obtenidos a partir de los sensores de humedad colocados en cada una de las parcelas se muestran en la figura 2. A 20 cm de profundidad la parcela 5 aumenta levemente la humedad tras el riego mientras que la parcela 6 si aumenta bastante la humedad. Por el contrario, la parcela 7 no presenta ningún cambio una vez que ha recibido el riego. La parcela 8 cada vez que se riega aumenta la humedad hasta ponerse el sensor en 0 cbar. En general, las parcelas que reciben un único riego estival no presentan diferencias importantes con respecto a la parcela testigo, de manera que en los primeros 20 cm el suelo permanece seco hasta que llegan las lluvias de otoño. A 40 cm de profundidad no hay variaciones significativas entre las parcelas que reciben un solo riego y la testigo, pues el perfil aumentan la humedad después de las lluvias de otoño y no tras los riegos estivales; la parcela 8 por el contrario, mantiene la humedad con pequeños altibajos hasta llegar el otoño que empieza a tener el comportamiento normal de acuerdo al régimen pluviométrico. A 70 cm de profundidad los resultados aportados por el sensor son prácticamente similares que los obtenidos a 40 cm. La parcela 8 mantiene la humedad constante todo el verano y a partir de otoño tras las primeras lluvias aumenta bastante la humedad.

Los balances hídricos del perfil en cada parcela (Figura 3) durante el periodo de estudio confirman los datos obtenidos con los diagramas bioclimáticos al reflejar la disminución del periodo de sequía estival en función de los riegos, lo que implica un aumento de la ETR (Figura 4), de forma puntual en las parcelas que se riegan en una sola ocasión y de forma continuada en la parcela 8; en la Figura 5 se observa como los riegos continuos disminuyen el déficit hídrico durante todo el verano mientras que los riegos ocasionales solo lo hacen de manera puntual.

Supervivencia y crecimiento

Los porcentajes de supervivencia durante el período de estudio se muestran en la figura 6. En el último muestreo las parcelas 6 y 8 presentaron un 100% de supervivencia y es la parcela 9 la que presenta la menor supervivencia (66%). En general, las cuatro parcelas que reciben aporte extra de agua, mediante un riego en verano, presentan porcentajes de marras muy pequeños.

El análisis de los datos medios obtenidos para las variables medidas en campo (± SD) se muestra en las

Tablas 2 y 3. El análisis indica que la altura de las encinas al inicio de la plantación mostraba diferencias significativas entre distintas parcelas; a partir de julio de 2002 empieza a aparecer un crecimiento en altura significativamente diferente entre las parcelas que reciben riego y la testigo, no existiendo diferencias sig-

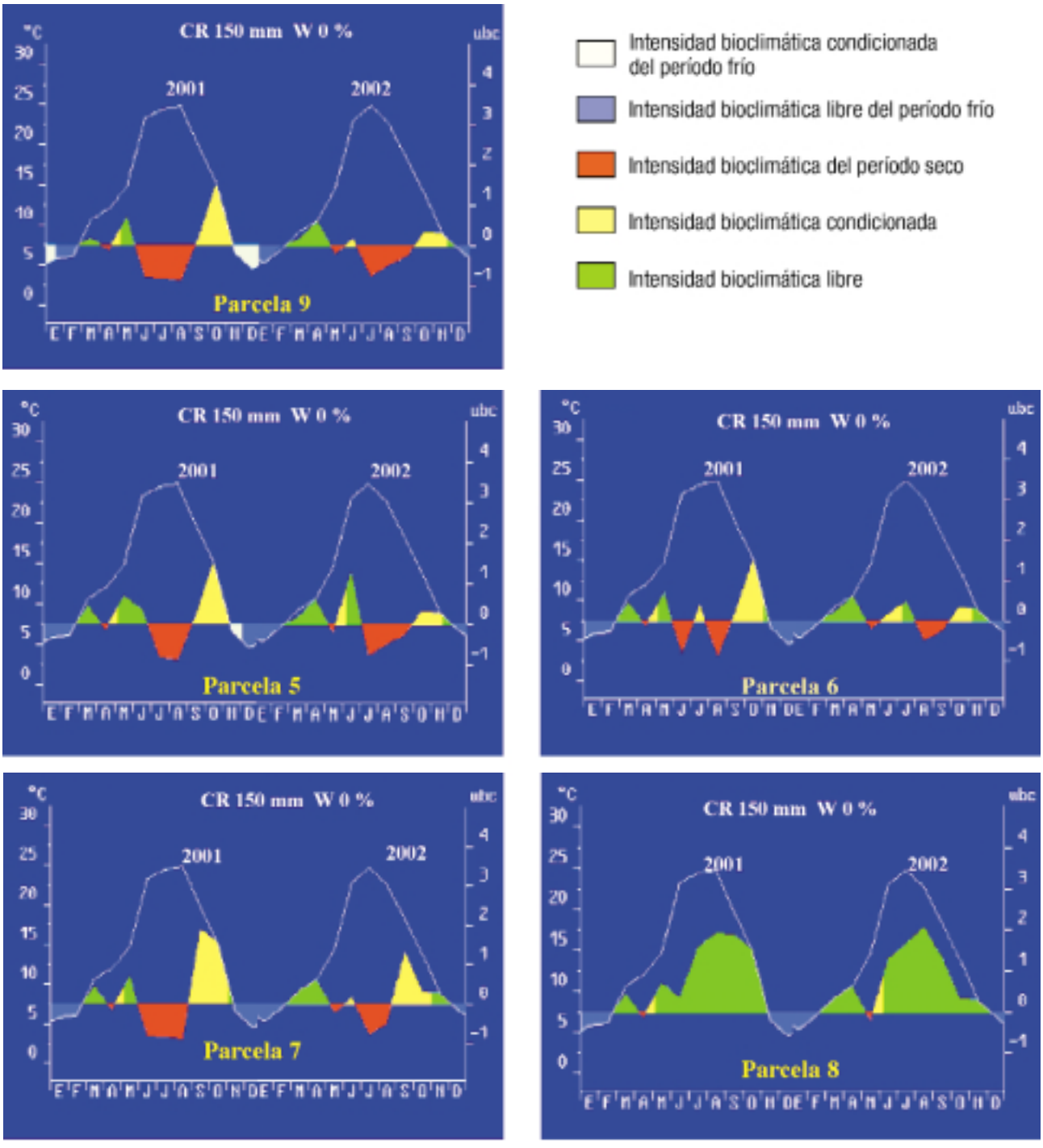

Figura 1. Diagramas bioclimáticos de las diferentes parcelas a partir de los datos de temperatura y precipitación recogidos de la estación meteorológica y el sensor de temperatura de Rambla Becerra. Parcela 9: testigo. Parcela 5: riego de prolongación del período vegetativo. Parcela 6: riego en período de máximo estrés hídrico. Parcela 7: riego para acortar el período de sequía. Parcela 8: riego estival continuo.

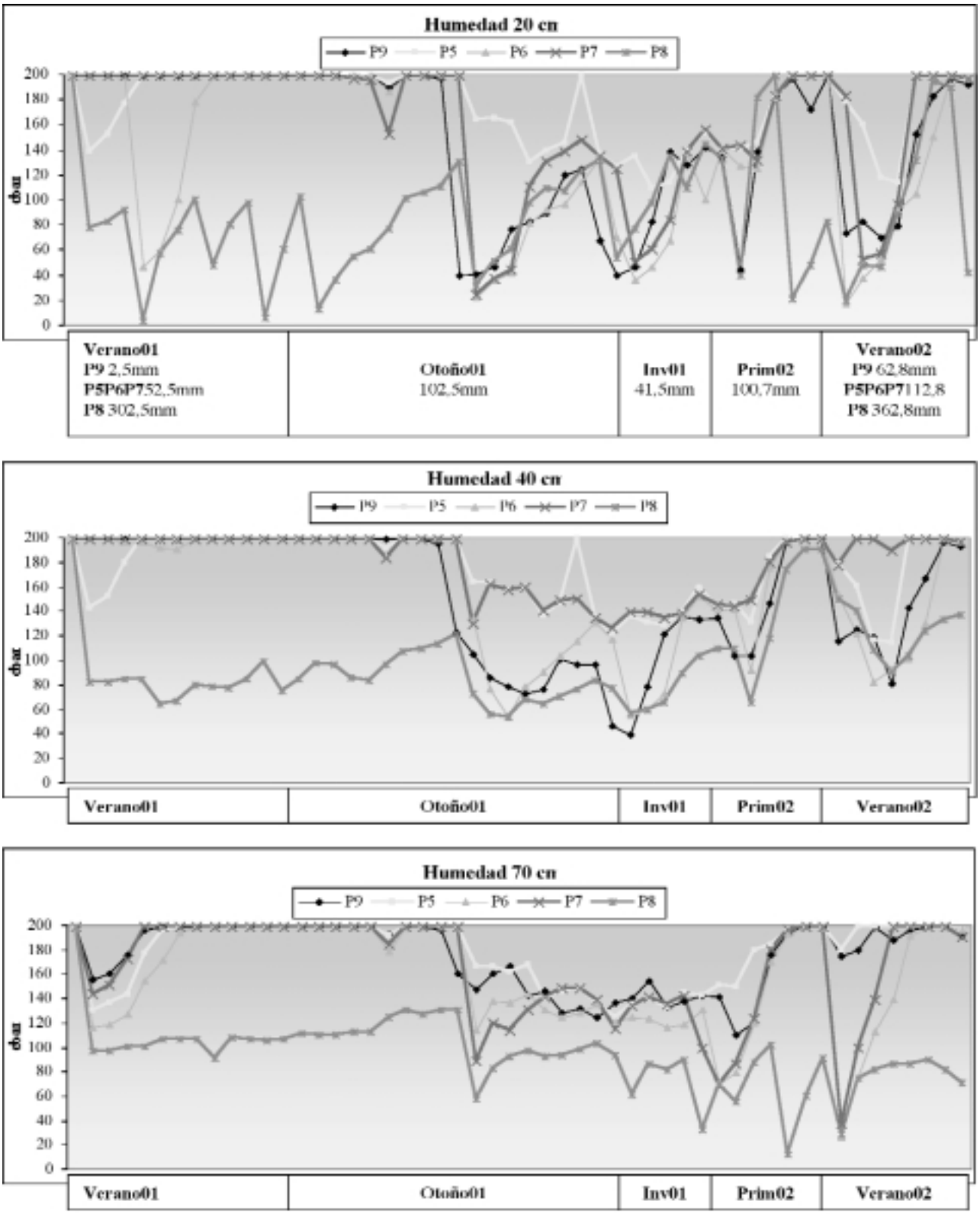

Figura 2. Perfiles de humedad del suelo obtenidos a partir de los sensores de humedad colocados a 20, 40 y 70 cm de profundidad en cada una de las parcelas de experimentación. El cuadro inferior muestra la precipitación o precipitación+riego de cada parcela y en cada estación. En Otoño01, Inv01 y Prim02 todas las parcelas reciben la misma precipitación. 200: seco. 0: húmedo.

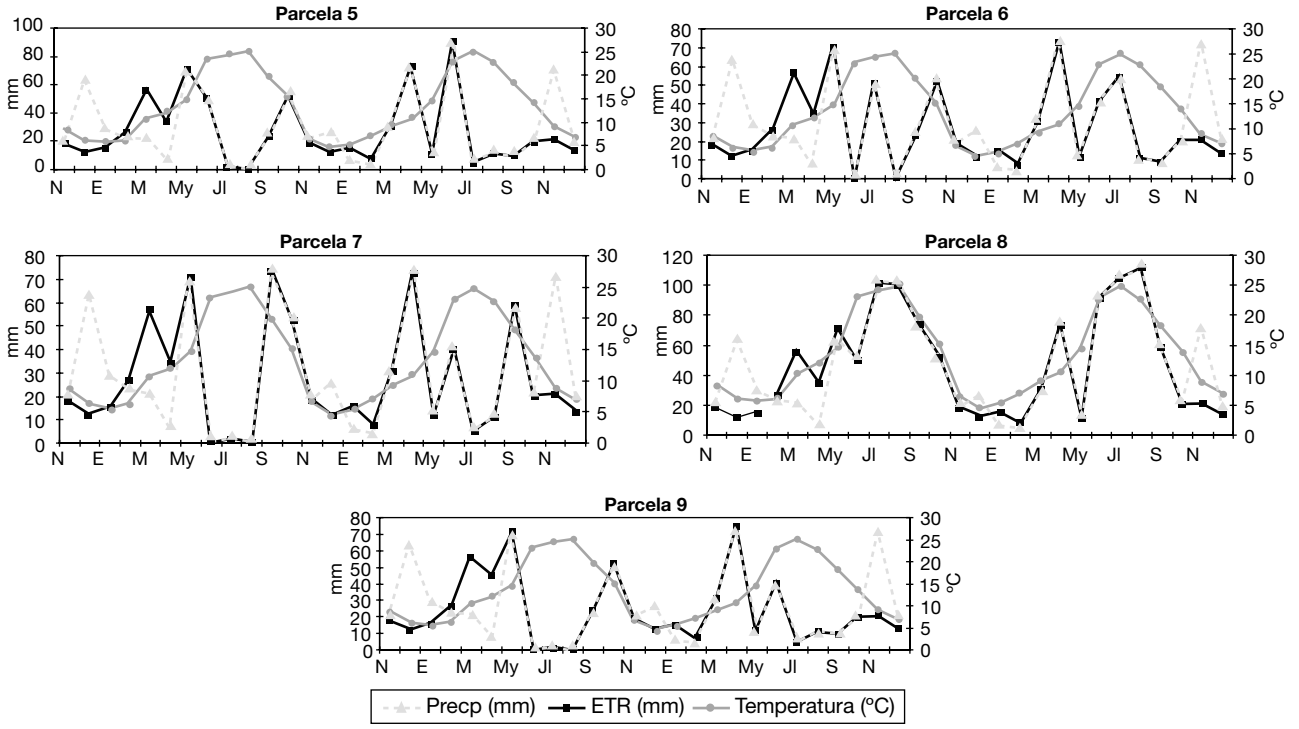

Figura 3. Balances hídricos de cada una de las parcelas de experimentación.

nificativas entre las parcelas regadas. Respecto al factor «tiempo» las parcelas 5, 6 y 9 muestran crecimientos significativamente diferentes a partir de la primera primavera (jul01), mientras que las parcelas 7 y 8 es a partir de octubre de 2001.

El diámetro de las encinas también era significativamente diferente al inicio de la plantación; al segundo año tras su plantación aparecen diferencias significativas entre la parcela 8 y el resto de parcelas. Todas las parcelas excepto la 5, muestran diferencias significativas con respecto al factor «tiempo» a partir de la primera primavera.

Discusión y Conclusión

En el primer año tras su plantación, la altura de las encinas en todas las parcelas es significativamente diferente con respecto al factor «tiempo», siendo las parcelas 5, 6 y 9 en las que primero se refleja ese aumento. A partir del segundo año tras su plantación aparecen diferencias significativas entre las parcelas que reciben algún riego y la testigo. Por tanto, da igual la fecha del riego y si es continuo o no, lo importante es que reciban un riego en el período estival afectando así al período vegetativo. Todas las parcelas excepto

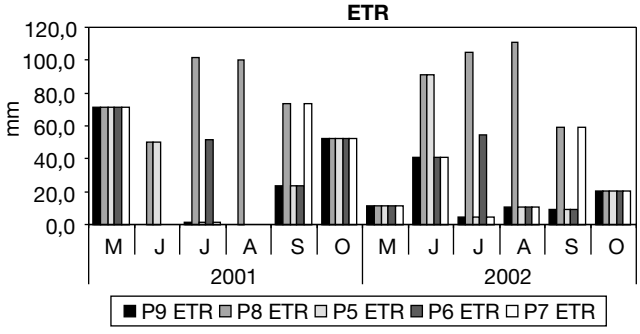

Figura 4. Evolución de la evapotranspiración real de cada parcela de experimentación durante los períodos más secos de cada año.

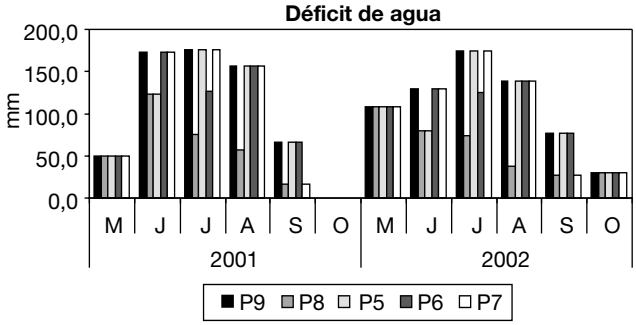

Figura 5. Evolución del déficit hídrico en cada parcela durante los períodos más secos de cada año.

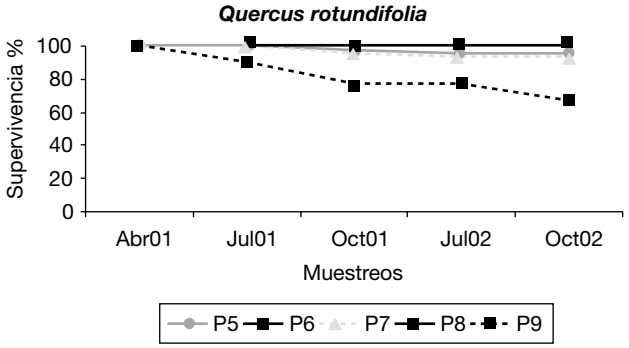

Figura 6. Porcentaje de supervivencia de las encinas *(Q. rotundifolia)* en cada parcela de experimentación a lo largo del tiempo.

la 5, muestran crecimientos en diámetro significativamente diferentes a partir de la primera primavera, y es a partir del segundo año tras su plantación cuando en las encinas aparecen diferencias significativas entre la parcela que recibe un riego continuo estival y las restantes.

El aporte de un riego estival consigue reducir el período de xericidad estival e incluso en parcelas que reciben un riego estival continuo lo eliminan. Las plantas que reciben un riego estival pueden presentar un nuevo período de actividad vegetativa (parcelas 5 y 6) o bien presentar un mayor período de compensación hídrica de los déficit generados durante los meses estivales (parcela 7). Estos resultados se reflejan bastante bien en la tasa de supervivencia de las plantas en cada una de las parcelas, de manera que ésta es bastante superior en aquellas parcelas que reciben riego.

En cuanto a los perfiles de humedad, la parcela 8 que recibe un riego estival continuo es la única que muestra importantes diferencias con respecto al resto de parcelas ya que mantiene la humedad a lo largo de todo el perfil y durante todo el año, aunque a 20 cm de profundidad debido a las elevadas temperaturas reinantes en la zona que ocasionan altas tasas de evaporación, el sensor llega a secarse totalmente en primavera y verano de 2002. El riego continuo estival hace

Tabla 2. Medias de los datos obtenidos para las alturas (cm) de las encinas medidas en campo ± SD en cada una de las parcelas y en cada campaña de muestreo

	P5	P6	P7	P8	P9	P-value
Abril 2001	14,5 ± 3,51aA	12,2 ± 4,50 aAB	15,6 ± 4,41 aBC	12,4 ± 3,53 aCD	13,3 ± 2,64 aD	0,000
Julio 2001	16,3 ± 3,54 bBC	14,8 ± 4,42 bAB	16,6 ± 4,36 abC	13,8 ± 3,48 aA	15,6 ± 2,54 bBC	0,004
Octubre 2001	16,6 ± 3,52 bA	15,8 ± 4,54 bAB	17,8 ± 4,11 bcAB	18,5 ± 5,76 bB	16,0 ± 2,50 bC	0,000
Jullio 2002	18,6 ± 4,10 bA	18,0 ± 5,11 cA	19,4 ± 4,49 cdA	23,1 ± 7,31 cA	18,4 ± 3,33 cB	0,000
Octutbre 002	20,2 ± 4,83 cA	19,2 ± 2,56 cA	20,3 ± 4,65 dA	26,4 ± 8,80 dA	19,6 ± 3,84 cB	0,000
P-value	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

P-value < 0,05 indica diferencias significativas para el factor «parcela» y «tiempo» obtenido mediante One-way ANOVAS. Letras distintas revelan diferencias significativas entre pares de medias obtenidos a partir del test LSD; letras minúsculas distintas muestran diferencias significativas con respecto al factor tiempo, y letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas con respecto al factor parcela. P9: testigo. P5: riego de prolongación del período vegetativo. P6: riego en período de máximo estrés hídrico. P7: riego para acortar el período de sequía. P8: riego estival continuo.

Tabla 3. Medias de los datos obtenidos para los diámetros (mm) de las encinas medidas en campo ± SD en cada una de las parcelas y en cada campaña de muestreo

	P5	P6	P7	P8	P9	P-value
Abril 2001	5,03 ± 1,28aA	3,47 ± 1,05aB	4,43 ± 1,30aA	3,55 ± 0,89aB	3,82 ± 0,75aB	0,000
Julio 2001	5,41 ± 1,22abC	4,76 ± 1,71bAB	5,00 ± 1,39bBC	3,92 ± 1,0bA	4,70 ± 0,91bB	0,000
Octubre 2001	5,48 ± 1,19bcB	5,15 ± 1,68bcAB	5,30 ± 1,38bcAB	5,29 ± 1,26cAB	5,17 ± 1,11cAB	0,35
Julio 2002	5,69 ± 1,20bcAB	5,56 ± 1,74cdA	5,60 ± 1,31cAB	6,04 ± 1,46dBC	5,51 ± 1,17cA	0,177
Octubre 2002	5,93 ± 1,22cA	5,77 ± 1,68dA	6,10 ± 1,23dA	6,97 ± 1,85eB	6,02 ± 1,118dA	0,000
P-value	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	

P-value < 0,05 indica diferencias significativas para el factor «parcela» y «tiempo» obtenido mediante One-way ANOVAS. Letras distintas revelan diferencias significativas entre pares de medias obtenidos a partir del test LSD y la prueba de Kruskal-Wallis; letras minúsculas distintas muestran diferencias significativas con respecto al factor tiempo, y letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas con respecto al factor parcela. P9: testigo. P5: rRiego de prolongación del período vegetativo. P6: riego en período de máximo estrés hídrico. P7: riego para acortar el período de sequía. P8: riego estival continuo.

que se mantenga la humedad y las plantas no sufran estrés hídrico, con lo cual no hay paralización vegetativa debida a la xericidad estival. El resto de parcelas que reciben un riego estival aunque a 20 cm aumentan la humedad del suelo en el momento del riego, a 40 y 70 cm de profundidad no, y además no aparecen diferencias importantes entre parcelas; la parcela 7 que recibe el riego al final del verano es la parcela que menos diferencias muestras con respecto a la testigo, pues sólo presenta humedad el suelo desde mediados de otoño a mediados de primavera, período durante el cual normalmente caen las precipitaciones en la región mediterránea. En estos terrenos donde las precipitaciones son escasas el perfil no llega a humedecerse totalmente en ninguna parcela, excepto la 8.

Referencias bibliográficas

ARONSON J., GONDARD H., GRANDJANNY M., ROMANE F., 2000. Indicators and constraints for autogenic return to original forest vegetation in the Cévennes. En: White P.S., Mucina L., Leps J., eds. Vegetation science in retrospect and perspective. Proceedings IAVS Symposium, Opulus press, Uppsala, pp. 51-54.

DÍAZ J.L., 1997. Aspectos diferenciales de los suelos agrícolas y forestales para la forestación, En: E. Orozco, Monreal, J. A., eds. Forestación en tierras agrícolas, pp. 43-71. Cuenca.

GÁMEZ J., 1995. El espacio geográfico de Guadix: aprovechamiento agrario, propiedad y explotación. Ed. Universidad de Granada y Fundación Caja de Granada. Granada.

GANDULLO J.M., 2000. Climatología y Ciencia del Suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar, 408 pp.

GODRON M., 1995. Paisajes mediterráneos sometidos a perturbación: consideraciones básicas, En*:* Pastor-López A., Seva-Román E., eds. Restauración de la cubierta vegetal en ecosistemas mediterráneos, Diputación Provincial de Alicante, pp. 13-20.

JIMÉNEZ M.P., DÍAZ P., IGLESIAS S., DE TUERO M., GIL L., 1996. Regiones de procedencia de *Quercus ilex* L. en España. ICONA, 73-75 pp.

MONTERO DE BURGOS J.L., GONZÁLEZ REBOLLAR J.L., 1983. Diagramas Bioclimáticos. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, 379 pp.

NAVARRO R.M., MARTÍNEZ A., 1996. Forestación en explotaciones agrarias. Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla.

NAVARRO R.M., GÁLVEZ C., CONTRERAS V., DEL CAMPO A., 1998. Protocolo para la caracterización del cultivo de plantas forestales en contenedor. ETSI Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.

PEMÁN J.R., NAVARRO, 1998. Repoblaciones forestales. EINES, 24. Universidad de Lleida, 399 pp.

PÉREZ C., 2001. Estadística Práctica con Statgraphics. Pearson Educación, S. A., 691 pp.

PÉREZ-PUJALTE A., 1997. Mapa de suelos del Proyecto LUCDEME a escala 1: 100.000 (Hoja 993-Benalúa de Guadix). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. España.

RIVAS-MARTÍNEZ S., LOIDI J., 1999. Bioclimatology of the Iberian Peninsula. Itinera Geobot 13, 41-47.

SANTOS F., 1979. Estudio geológico y edafológico del Sector Montiel-Alcaraz. Bienservida. Tesis doctoral. Universidad de Granada.

SERRADA R., 2000. Apuntes de repoblaciones forestales. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Forestal. Madrid, 435 pp.

SOIL CONSERVATION SERVICE USDA, 1973. Investigación de suelos. Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras. Ed. Trillas. México.

USDA-SOIL CONSERVATION SERVICE. SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. U. S. Departament of Agriculture. Handbook 436, 754pp.

VALLE F., ALGARRA J.A., ARROJO E., ASENSI A., CABELLO J., CANO E., CAÑADAS E., CUETO M., DANA E., DE SIMÓN E., DÍEZ B., GARCÍA A., GIMÉNEZ E., GÓMEZ F., JIMÉNEZ M.N., LINARES J.E., LORITE J., MELENDO M., MONTOYA M.C., MOTA J.F., NAVARRO F.B., PEÑAS J., SALAZAR C., TORRES J. A., 2002. Mapa de Series de Vegetación de Andalucía. Junta Andalucía, 131 pp.