

DISPONIBILIDAD HIDRICA EN REPOBLACIONES DE *Pinus halepensis* Mill. EN MEDIOS SEMIARIDOS: EFECTOS DE LOS METODOS DE PREPARACION DEL SUELO

V.CASTILLO, J.I. QUEREJETA & J.ALBALADEJO

Departamento de Conservación de Suelos y Agua. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. CSIC. Apdo. 4195. 30080 Murcia (España)

RESUMEN

Se estudian los efectos de distintos tratamientos de preparación del suelo: aterrazado con ahoyado manual, aterrazado con subsolado y la adición de una enmienda orgánica sobre la reserva de agua del suelo. Los métodos que incluyen subsolado y adición de materia orgánica aumentan la disponibilidad de agua debido a la mejora de las propiedades físicas y el mayor desarrollo de las raíces. La efectividad del ahoyado manual es menor por que la compactación del terreno impide la extensión del sistema radicular a horizontes más profundos

P.C.: *Pinus halepensis*, repoblación, humedad del suelo, enmiendas orgánicas, aterrazado

SUMMARY

An afforestation experiment was conducted to evaluate the influence of site preparation on soil moisture and water availability. Three different treatments were tested: manual terracing with holes, subsoiling mechanical terracing and organic amendment. The study revealed significant differences among land treatments with respect to soil moisture content. Mechanical terracing increased soil water storage more effectively than manual terracing. The addition of organic matter increased the water reserve due to enhanced soil physical properties. Early root penetration to the deeper and wetter layers of the profile was observed in mechanical terraces but not in manual.

K.W.: *Pinus halepensis*, afforestation, soil water content, organic amendment, terracing

INTRODUCCIÓN

Los medios semiáridos se caracterizan por una limitada disponibilidad de agua en el suelo como consecuencia de la baja precipitación anual, la alta tasa de evapotranspiración y la gran variabilidad temporal de las precipitaciones, lo que origina prolongados períodos de sequía. En estos ambientes, el agua es el principal factor limitante, y el potencial biológico del suelo puede establecerse en términos de su balance hídrico (Noy-Meir, 1973). La degradación supone una alteración del papel desempeñado por los distintos procesos que definen este balance. Como consecuencia del deterioro de las propiedades físicas se incrementan las escorrentías y las pérdidas de agua por evaporación al mismo tiempo que disminuye la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Es por esto, que la mayoría de los métodos de restauración vegetal de suelos degradados intentan mejorar sus propiedades físicas con objeto de revertir la degradación, aumentando la capacidad de infiltración, disminuyendo las escorrentías, facilitando el almacenamiento de agua en el suelo para, en suma, incrementar la disponibilidad de este recurso para la vegetación.

Los métodos de preparación del suelo más utilizados en las repoblaciones forestales de zonas semiáridas han consistido en labores que aumentan la capacidad de retención de agua en el suelo, al menos temporalmente, mediante la remoción del terreno, como son el ahoyado y el subsolado. Otro grupo de técnicas, entre ellas los aterrazados, controlan las aguas de escorrentía mediante la alteración del perfil topográfico (García Salmerón, 1990). La aplicación de enmiendas orgánicas, con incorporación de residuos sólidos urbanos (RSU), ha sido ensayada con éxito como método para mejorar la calidad del suelo antes de la plantación (Querejeta 1998). La incorporación de compuestos orgánicos fácilmente descomponibles por los microorganismos del suelo estimula la formación de agregados estables, disminuye la densidad del suelo, incrementa la conductividad hidráulica y mejora la capacidad de retención del agua en el suelo (Querejeta *et al.*, 2000).

Con objeto de estudiar los efectos de distintos métodos de repoblación en la reserva de agua en el suelo y su disponibilidad para la vegetación se han planteado en la región de Murcia un proyecto

de investigación cuyos resultados se exponen en esta comunicación. Los métodos estudiados combinan acciones mecánicas: ahoyado , subsolado y aterrazado, con la incorporación de materia orgánica.

AREA DE ESTUDIO, MATERIAL Y METODOS

El área donde se realizó el proyecto se encuentra localizada en la finca El Aguilucho (UTM: 30S XG5395) en el piedemonte de la Sierra de Carrascoy en la provincia de Murcia (sureste de España). La altitud media es de 180 m s.n.m.. El clima es Mediterráneo semiárido. La precipitación media anual es de 300 mm., gran parte de ellos registrados en primavera y otoño. La temperatura media anual es de 18 ° C y la evapotranspiración potencial alcanza los 900- 1000 mm /año. Los suelos predominantes, desarrollados a partir de coluvios carbonatados , se clasificaron como Xerollic Calciorthid, y presentan una textura franco-arenosa.

El diseño experimental se ajustó a un modelo de parcelas divididas en dos niveles (two split plot) con cinco bloques de repetición. En verano de 1992 se instalaron dos parcelas experimentales de 1200 m² en una ladera de orientación Este, con una pendiente del 25%. Una de las parcelas fue aterrazada mecánicamente y posteriormente se realizó un subsolado sobre la línea de plantación para romper la costra caliza. La preparación del suelo en la parcela restante se realizó mediante fajas manuales (0.5 m de anchura por 60 m de longitud) con ahoyado manual de 0.4 x 0.4 x 0.4 m. Cada parcela se subdividió en dos subparcelas y se aplicó un residuo urbano (RSU) a una de las subparcelas.

Para el seguimiento del contenido de humedad del suelo se utilizaron tres métodos diferentes de medición: gravimetría, reflectometría (TDR) y sonda de neutrones. Con los dos primeros se obtuvieron los valores de humedad del horizonte más superficial del terreno. La sonda de neutrones permitió medir la cantidad de agua acumulada en el perfil hasta la profundidad de un metro.

RESULTADOS Y DISCUSION

La evolución de la humedad superficial del suelo durante la experiencia indica que los valores medidos en la parcela aterrazada y con enmienda orgánica son claramente superiores ($p < 0.01$) al del resto de parcelas .Entre los 0 y 10 centímetros , el contenido medio de humedad del suelo en las terrazas mecánicas con enmienda orgánica fue un 49% superior al de las fajas manuales, un 37 % superior al de las fajas manuales con RSU y 47% al de las terrazas manuales sin residuo. Similares resultados se obtuvieron al comparar el contenido de humedad a más profundidad (10-20 cm). Estas diferencias en contenido de agua del suelo entre las terrazas con RSU y el resto de tratamientos fueron mayores durante los períodos más secos (73%- 106%) que durante los más húmedos (23%- 50%).

El estudio del efecto de las técnicas de preparación del suelo sobre la reserva de agua se hizo mediante mediciones a distintas profundidades 30, 40, 50, 60, 70 cm, con sonda de neutrones. Los resultados obtenidos confirmaron la mayor capacidad de las terrazas mecánicas con respecto a las fajas para retener las aguas de escorrentía de la ladera, favorecer su infiltración y aumentar así la reserva hídrica del suelo. La figura 1 muestra el registro bianual de las cantidades totales de agua almacenadas en los 70 cm superficiales del perfil en cada uno de los tratamientos. Durante los períodos lluviosos en los que se producía la máxima recarga de los perfiles existía en las terrazas mecánicas una disponibilidad de agua hasta un 72% superior a la de las fajas manuales (abril de 1994). En los períodos secos estas diferencias llegaron a alcanzar el 98% (febrero de 1994).

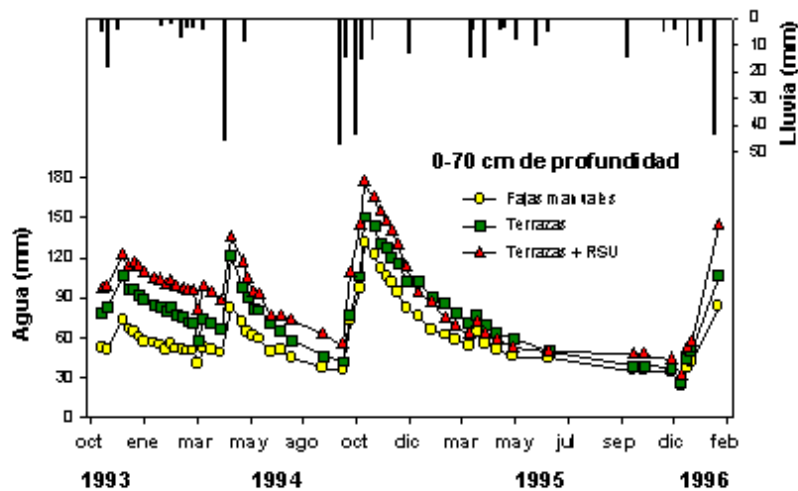
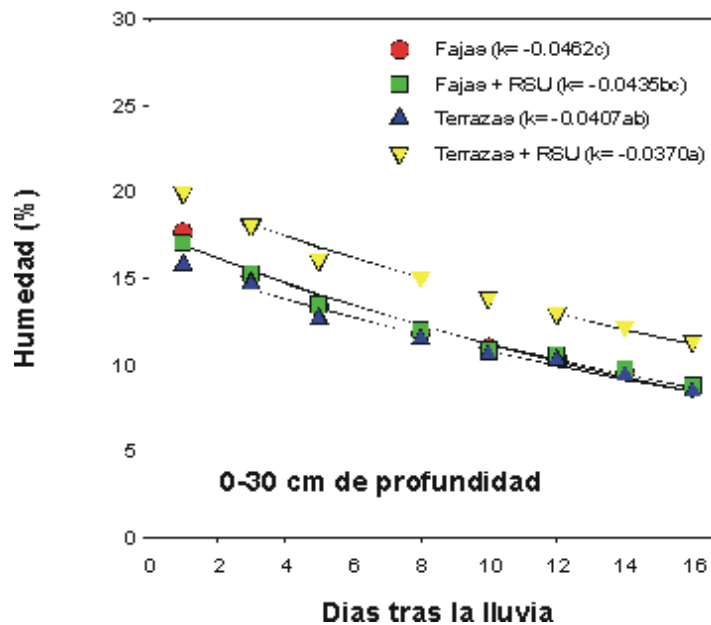
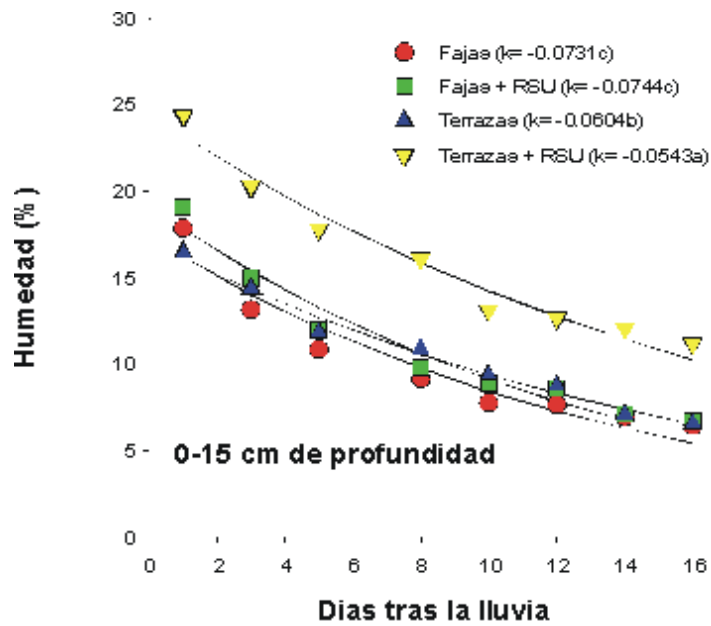


Figura 1: Evolución de la cantidad de agua acumulada en los 70 cm superficiales del suelo según tratamientos

Los distintos tratamientos también afectaron a la tasa de pérdida de la humedad del suelo. En noviembre de 1996 se midió con el sistema de TDR la humedad volumétrica del suelo durante los 16 días inmediatamente posteriores a una lluvia de 56 mm. El análisis de las curvas de secado (Figura 2), ajustadas a un modelo exponencial negativo $h=h_0 \exp(-kt)$ (Ting & Chang, 1985), muestra que el suelo superficial de las terrazas mecánicas con RSU fue perdiendo humedad de modo significativamente más lento que el de los demás tratamientos durante los días siguientes a la lluvia. El hecho de que esta diferencia fuera mayor en los 0-15 cm que en los 0-30 cm de profundidad indica que estaba relacionada con la enmienda orgánica, ya que el RSU había quedado incorporado fundamentalmente en el suelo más superficial. También los 15 cm superficiales del suelo de las terrazas sin RSU se secaron más lentamente que los de las fajas manuales (con RSU o sin él).

Figura 2. Curvas de secado a dos profundidades en los diferentes tratamientos del suelo tras una lluvia de 56 mm en noviembre de 1996. Los valores de k representan tasas de pérdida de humedad. Los valores de k que comparten letra no difieren significativamente según el análisis de covarianza.



Así pues, las tasas de pérdida de humedad del terreno superficial fueron claramente mayores en los suelos aterrizados en fajas manuales que en los aterrizados mecánicamente. Puesto que todas las medidas de TDR fueron tomadas en la rizosfera de los pinos, esto indica que en las fajas manuales el agua acumulada en los hoyos de plantación de los pinos tendía a agotarse de manera más rápida que en las terrazas mecánicas, donde los pinos se plantaron a lo largo de la línea de subsolado. Esta disparidad entre terrazas y fajas respecto a las tasa de pérdida de humedad del suelo más superficial podría estar relacionada con un diferente patrón de consumo del agua acumulada en el perfil por parte de los pinos.

Para comprobar esta última hipótesis se estudiaron las distribuciones de agua en el suelo a distintas profundidades del perfil: 30,40,50,60 y70 cm., en distintos periodos del experimento (Querejeta *et al.*, 2001). El primer periodo corresponde a los meses de otoño e invierno, un año posterior a la plantación (1993-94). Durante estos meses la tasa más lenta de pérdida de humedad del suelo superficial se produjo en las fajas manuales, lo que contrasta con la brusca disminución de esta tasa al profundizar en el perfil. Este patrón parece indicar una absorción preferente por parte de los

pinos del agua superficial del suelo, así como una dificultad de extracción de la misma creciente con la profundidad. En las terrazas sin RSU se observa un fenómeno similar, aunque no tan marcado ya que ni el consumo del agua es tan rápido en superficie ni disminuye tan bruscamente con la profundidad como en las fajas. Finalmente, en las terrazas con RSU la disparidad entre las tasas de pérdida de humedad a 30 y 50 cm es menor, lo que indica un aprovechamiento más homogéneo del agua acumulada en el perfil por parte de la vegetación.

Conforme transcurre el tiempo y se desarrolla la vegetación implantada, los patrones de absorción de agua presentan diferencias más acusadas. Durante un período anormalmente seco, con una primavera pobre en precipitaciones seguida de un verano sin lluvias (1994). Las tasas de pérdida de humedad en los horizontes profundos (60-70 cm) eran un 200% superior en las terrazas con RSU que en las terrazas sin RSU, mientras que durante el periodo anterior no hubo diferencias. Estos resultados parecen indicar que las raíces de los pinos en las terrazas con residuo habían alcanzado ya los niveles inferiores del perfil y estaban utilizando activamente esta nueva reserva de agua. En las fajas manuales las tasas de pérdida de humedad a 30 cm fueron similares a las de las terrazas sin RSU, pero a 40 y 50 cm fueron significativamente más bajas que en estas últimas. Las bajas tasas obtenidas a 40 y 50 cm confirman la dificultad que encontraban los pinos de las fajas para extraer agua del suelo incluso a estas profundidades teóricamente tan accesibles para sus sistemas radicales. La alta resistencia a la penetración del suelo en las fajas manuales debió dificultar enormemente la profundización de las raíces en el perfil, de modo que los pinos eran muy dependientes del agua contenida en la capa más superficial (tal y como indica la alta tasa de pérdida de humedad a 30 cm). Precisamente coincidiendo con este período, en concreto durante el verano de 1994, se registró una importante mortalidad entre los pinos de las fajas manuales.

En el periodo de máxima recarga de la reserva de agua en el suelo, otoño de 1994 e invierno de 1995, dos años después de la plantación, las tasas de pérdida de humedad de los horizontes superficiales del perfil fueron , al contrario de lo ocurrido anteriormente, significativamente superiores en las terrazas con RSU que en las terrazas sin RSU. Esto resulta lógico, ya que a estas alturas del experimento las diferencias entre terrazas con y sin RSU en cuanto a biomasa vegetal eran ya muy acusadas. Las tasas de pérdida de humedad por horizontes mantienen los patrones observados en cada uno de los tratamientos. Destaca de nuevo el brusco contraste existente en las fajas manuales entre los 30 y los 50 cm de profundidad. La tasa a 30 cm en las fajas era casi tan alta como en las terrazas con RSU, pero a 50 cm era mucho más baja. En las terrazas mecánicas sin RSU las tasas también disminuyeron acentuadamente entre 30 y 40 cm de profundidad, pero a partir de ese nivel incluso aumentaron (eran mayores a 50 y 70 cm que a 40 cm), lo que indica que los pinos eran ya capaces de utilizar el agua acumulada en la parte inferior del perfil. Por último, en las terrazas con RSU se registraron tasas muy elevadas y bastante similares entre sí en todos los horizontes, consecuencia del fuerte crecimiento de los pinos y de la proliferación de la vegetación silvestre en este tratamiento. Las altas tasas de pérdida de humedad de los horizontes inferiores revelan que los pinos poseían ya potentes sistemas radicales capaces de drenar de manera más o menos homogénea las reservas de agua del perfil al menos hasta una profundidad de un metro

CONCLUSIONES

Los métodos que incluyen subsolado e incorporación de materia orgánica resultaron los más favorables para aumentar la reserva de agua del suelo. Además de producir una mejora en las propiedades hídricas del suelo, estos métodos facilitan la expansión de los sistemas radicales. La efectividad de los ahoyados manuales para mejorar la disponibilidad hídrica es reducida por el escaso volumen de suelo removido, lo que dificulta la extensión de las raíces de las plántulas, incapaces de capturar agua a horizontes más profundos.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados expuestos en este trabajo son fruto de dos proyectos de investigación financiados por la CICYT dentro del Plan Nacional de I+D. (Proyectos AGF-95-0097 y AGF99-1132).

REFERENCIAS

GARCÍA SALMERÓN, J. (1990). La repoblación forestal: técnicas y repercusión en la mejora de la

- calidad del suelo. In: *Soil degradation and rehabilitation in Mediterranean environmental conditions*. J. Albaladejo, M. Stocking & E. Díaz (eds). pp117-137. CSIC. Murcia.
- NOY-MEIR, I.; (1973) Desert ecosystems: environment and producers. *Ann. Review of Ecology and Systematics* 4: 25-51.
- QUEREJETA, J.I. (1998) Efecto del tratamiento combinado de suelo y planta sobre una repoblación con *Pinus halepensis* en ambiente semiárido. Tesis doctoral. Universidad de Murcia (no publicada)
- QUEREJETA, J.I.; ROLDAN, A.; ALBALADEJO, J. & V. CASTILLO (2000) Soil physical properties and moisture content affected by site preparation in the afforestation of a semiarid rangeland. *Soil Science Society of America Journal* 64: 2087-2096.
- QUEREJETA, J.I.; ROLDAN, A.; ALBALADEJO, J. & V. CASTILLO (2001) Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *Forest Ecology and Management* (en prensa).
- TING, J. C. & M. CHANG.; (1985) Soil-moisture depletion under three southern pine plantations in East Texas. *For. Ecol. Manage.* 12:179-193.

