

C. D. O.: 116.13

BALANCE HIDRICO EN TRES PLANTACIONES DE *Pinus radiata* Y UNA PRADERA. II: HUMEDAD DEL SUELO Y EVAPOTRANSPIRACION (*)

A. Huber; C. Oyarzún; A. Ellies

SUMMARY

Soil water content and amount of water consumed by évapotranspiration were studied in three plantations of *Pinus radiata* D. DON: 26 -year-old (density: 733 tree/ha), 9 -year-old with conventional management (density: 1392 tree/ha), 9 year-old tree-faming management (density: 443 tree/ha) and a natural meadow. The study area is located in Huape Tres Esteros, 20 km northeast from Valdivia (Lat. 39°48'S, Long. 73°14'W, Alt. 20 m).

Soil water content was measured with tensiometers and Bouyoucos plaster capsules, to a depth of 270 cm. Evapotranspiration was calculated from the changes of soil water content plus net precipitation (throughfall plus stemflow), during the period with no percolation.

During summer, soil water reserves were considerably decreased up to 250 cm of the soil in the three plantations, and up to 100 cm in the meadow. Evapotranspiration between October 1, 1982, and April, 1983, for adult, conventional and tree farming forest was 1,057; 1,009 and 999 mm. respectively, and 501 mm for the meadow between October 28 and April 21.

Evapotranspiration for the period of measurements, corresponding to 76% in

adult and conventional forests and 63% in tree—farming forest, as related to the annual net precipitation. For the period October 28 to April 21 it is 29 % for the meadow. For the period when the soil is saturated the treefaming forest shows the greated percolation, due to the minor interception that realizes this cover.

RESUMEN

Se estudió el contenido de agua del suelo y la cantidad de agua consumida por evapotranspiración, en tres plantaciones de *Pinus radiata* D. DON: adulto de 26 años (densidad: 733 arb/ha), joven de 9 años con manejo tradicional (densidad: 1392 arb/ha), joven de 9 años destinado a silvopastoreo (densidad: 443 arb/ha) y una pradera natural, en el sur de Chile.

El contenido de agua del suelo, se determinó con tensiómetros y cápsulas de yeso de Bouyoucos, hasta una profundidad de 270 cm. La evapotranspiración fue calculada a partir del contenido de agua del suelo más los aportes por precipitación neta (precipitación directa más escurrimiento fustal), durante el período en el cual no existió percolación.

Las reservas de agua del suelo, durante

(*) Este estudio ha sido financiado por los proyectos RS—80—18 y S—83—14 de la Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Austral de Chile y proyecto 6—09 convenio Silvopastoreo — ODEPA.

el verano se agotaron considerablemente hasta los 250 cm de profundidad en las 3 plantaciones, mientras que en la pradera esta situación solamente se registró en los primeros 100 cm de suelo. La evapotranspiración entre el 1 de octubre de 1982 y el 21 de abril de 1983 para los rodales adulto, tradicional y silvopastoreo fue de 1.057; 1.009 y 999 mm respectivamente, mientras que para la pradera entre el 28 de octubre y 21 de abril fue de 501 mm.

La evapotranspiración para el período de mediciones correspondió al 76% en los bosques adulto y tradicional y al 63% en el rodal silvopastoreo, con respecto a la precipitación neta anual. La misma relación para la pradera, pero con la evapotranspiración del período 28 de octubre a 21 de abril, representó solo el 29%. En la plantación silvopastoreo, en la cual llega mayor precipitación al suelo debido a la menor interceptación que ejerce este tipo de cubierta, se registra la mayor percolación durante el período en el cual los suelos están saturados.

INTRODUCCION

La forestación de las cuencas puede reducir su productividad de agua (Calder 1979), lo cual es atribuible al hecho de que los bosques pueden interceptar cantidades importantes de precipitación, que vuelven a reintegrar rápidamente a la atmósfera por evapotranspiración (Roberts *et al.* 1982.) Además, por las características del desarrollo del sistema radicular de los árboles, éstos aprovechan el agua disponible en el suelo a mayores profundidades, utilizándola para el proceso de transpiración, en comparación con otros tipos de cubiertas vegetales (Lee, 1980).

Toda modificación de una cubierta boscosa producto de la intervención del hombre o consecuencia de su desarrollo natural, afecta la cantidad de agua que llega al

suelo y la de su reserva (Swank, Douglas 1974; Lockwood, Sellers 1982; Price 1982; Smith *et al.* (1974), en Langford y O'Sahughnessy (1977), indicaron en un estudio hidrológico en plantaciones de *Pinus radiata*, que la alta interceptación de los pinos reduce las reservas de agua del suelo y, consecuentemente el escurrimiento. También Swank y Douglas (1974), que han realizado estudios de *Pinus strobus* L., postulan que el efecto combinado de altas pérdidas por interceptación y transpiración provocan reducciones importantes en las reservas de agua. Por otro lado, Aussenac y Boulangeat (1980) han demostrado en plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco que las pérdidas de agua por evapotranspiración son más bajas en bosques con densidades más ralas. Price (1982), en un estudio comparativo del balance hídrico de diversas cubiertas boscosas, encontró que el efecto combinado de una baja precipitación directa, alta evaporación y moderadamente alta transpiración provocan un rápido decrecimiento de la humedad del suelo. Roberts *et al.* (1982), al hacer estudios similares en plantaciones de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*, encontraron que los montos de interceptación y transpiración eran similares y, por lo tanto, concluyeron que la producción de agua no es afectada al reemplazar una cubierta por otra.

En la actualidad, los estudios destinados a determinar la influencia que ejercen los bosques sobre el ciclo hídrico han tenido un resurgimiento, debido a que estas cubiertas vegetales son consideradas como las principales fuentes destinadas a producir cantidad y, principalmente calidad de agua (Mitscherlich 1966; Jellyman 1973; Lee 1980; Feller 1981).

Oyarzún, Huber y Vásquez (1985) evaluaron los componentes de la redistribución de las precipitaciones en plantaciones de *Pinus radiata* y definieron la importan-

cia de las características de las precipitaciones y de la estructura y densidad del bosque en los montos de agua que alcanzan el suelo. El presente trabajo, continuación del anterior, describe un estudio comparativo de las variaciones del contenido de agua del suelo y de la cantidad de agua consumida por evapotranspiración en tres plantaciones de *Pinus radiata* de diferentes edades y densidades y por una pradera en la zona sur de Chile.

MATERIAL Y METODO

Area de estudio

Las observaciones se realizaron en el fundo Huape Tres Esteros, distante 20 km al nordeste de la ciudad de Valdivia (Latitud 39°48' S, Longitud 73°14' W, Altitud 20 m). Las características generales de las plantaciones son: bosque adulto de 26 años de edad, 32 m de altura y 733 arb./ha; bosque joven con manejo tradicional de 9 años de edad, 11 m de altura y 1392 arb./ha; bosque joven destinado a silvopastoreo de 9 años de edad, 11 m de altura y 433 arb./ha. La pradera natural está constituida principalmente por *Agrostis tenuis* (chépica) y *Holcus lanatus* (pasto miel). Mayores detalles de estas cubiertas han sido descritas en trabajos previos (Vásquez 1983; Huber, Oyarzún 1983, 1984; Oyarzún *et al.* 1985).

Los suelos de esta zona corresponden a la Serie Correltue (COR) que se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas pleistocénicas depositadas sobre el complejo metamórfico de la costa. Son suelos profundos con colores pardo oscuros, la textura es moderadamente fina hasta los 60 cm y muy fina en profundidades mayores. Son suelos blandos, friables, ligeramente plásticos y adhesivos hasta los 85 cm y firmes, plásticos y adhesivos en profundidad (Iren-Corfo, Uach., 1978). En la Fig. 1

se muestran las características del perfil del suelo en el área de estudio, según los datos de Vásquez (1983).

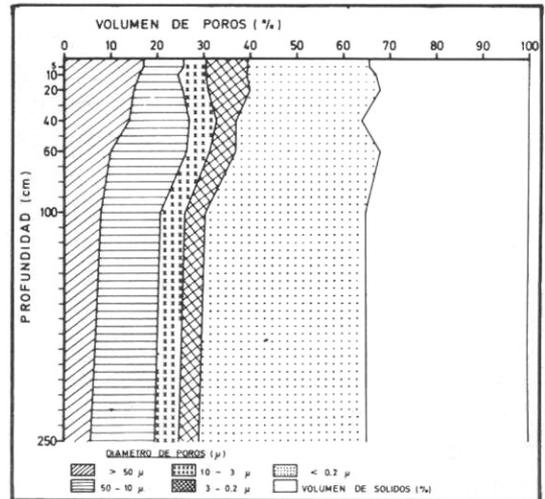


Fig. 1. Características del perfil poroso del suelo en Huape Tres Esteros.

Characteristics of the soil porous profile at Huape Tres Esteros.

Método de Medición

Los aportes netos de agua al suelo se determinaron mediante la relación:

$$P_n = P_d + P_f \quad (\text{mm})$$

donde P_n = precipitación neta (precipitación que alcanza la superficie del suelo), P_d = precipitación directa y P_f = escurrimiento fustal. El procedimiento seguido en la determinación de estos parámetros ha sido explicado en un trabajo previo (Oyarzún *et al.* 1985). Las mediciones corresponden al período comprendido entre agosto de 1982 y julio de 1983.

La evapotranspiración fue calculada a partir de las variaciones del contenido de agua del suelo más los aportes por precipitación neta, según la relación:

$$EVT = P_n \pm w \quad (\text{mm})$$

donde EVT = evapotranspiración (mm),

P_n = precipitación neta (mm) y W = variación del contenido de agua en el suelo (mm).

El escurrimiento superficial fue desestimado considerando las características del terreno, las cuales corresponden a superficies con pendientes menores al 5°/o.

Por las limitaciones del método utilizado, la evapotranspiración solamente pudo ser calculada para el período cuando no existió percolación (octubre de 1982-abril de 1983). Durante este período, cuando la humedad del suelo se encontraba con un potencial menor de 330 cm de columna de agua, se suponía que el agua quedaba retenida en el suelo y, por lo tanto, no habían posibilidades de percolación (Rutter 1963). La percolación se determinó mediante 6 bandejas recolectadas de agua (Chu-San Lin 1968) instaladas a 3 m de profundidad, conectadas por tuberías a un sistema de registro. Durante las fechas en que las bandejas no recibieron agua proveniente desde la superficie se consideró que no existía percolación. Para la pradera el período del balance estimado es entre noviembre de 1982 y abril de 1983, ya que durante octubre todavía una cantidad importante de agua percolaba hacia profundidades mayores.

No se consideraron los aportes de agua desde la napa hacia la superficie, debido a que el agua subterránea se encuentra situada a profundidades mucho mayores y, por lo tanto, este escurrimiento es de poca consideración.

Las variaciones del contenido de agua del suelo se estimaron hasta una profundidad de 270 cm, determinándose con tensiómetros y cápsulas de Bouyoucos instalados a 5, 10, 20, 30, 60, 100, 140, 200 y 270 cm de profundidad. Se realizaron 6 repeticiones para cada rodal, instalándose los sensores en lugares adyacentes a los troncos y en zonas intermedias a ellos para que quedaran mejor representadas las

variaciones espaciales del contenido de agua del suelo. En la pradera se hicieron solamente 3 repeticiones considerando la mayor homogeneidad de este tipo de cubierta vegetal. El perfil poroso de suelo se determinó mediante la metodología de Richards (1949).

Los montos semanales de evapotranspiración fueron tratados estadísticamente con un prueba de Andeva y una comparación entre medias (Snedecor, Cochran 1981) para comprobar si existían diferencias significativas entre los 4 tratamientos considerados en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Fig. 2, se presentan las variaciones semanales de la reserva de agua del suelo hasta los 270 cm de profundidad en las 3 plantaciones y en la pradera. Durante los meses de agosto, septiembre y parte de octubre de 1982 y junio-julio de 1983, los contenidos de humedad del suelo para los 4 tratamientos son similares, debido a que las precipitaciones durante este período saturaban casi totalmente el suelo y los montos de evapotranspiración de las 4 cubiertas son bajos.

A partir de octubre, disminuyeron progresivamente las reservas de agua en el suelo, debido a los escasos aportes por precipitación y alto uso-consumo. Esta tendencia se nota principalmente en los tratamientos con rodales jóvenes, lo cual puede ser atribuido al hecho de que estas plantaciones inician su consumo de agua en forma más intensa en esta estación del año, en comparación al bosque adulto (Cuadro 1). En el bosque adulto, el agotamiento del agua se produce en forma más retardada. Desde mediados de enero y hasta fines de marzo las reservas de agua en los rodales, jóvenes prácticamente está agotadas, mientras que en rodal adulto el decrecimiento continúa en forma lenta hasta fi-

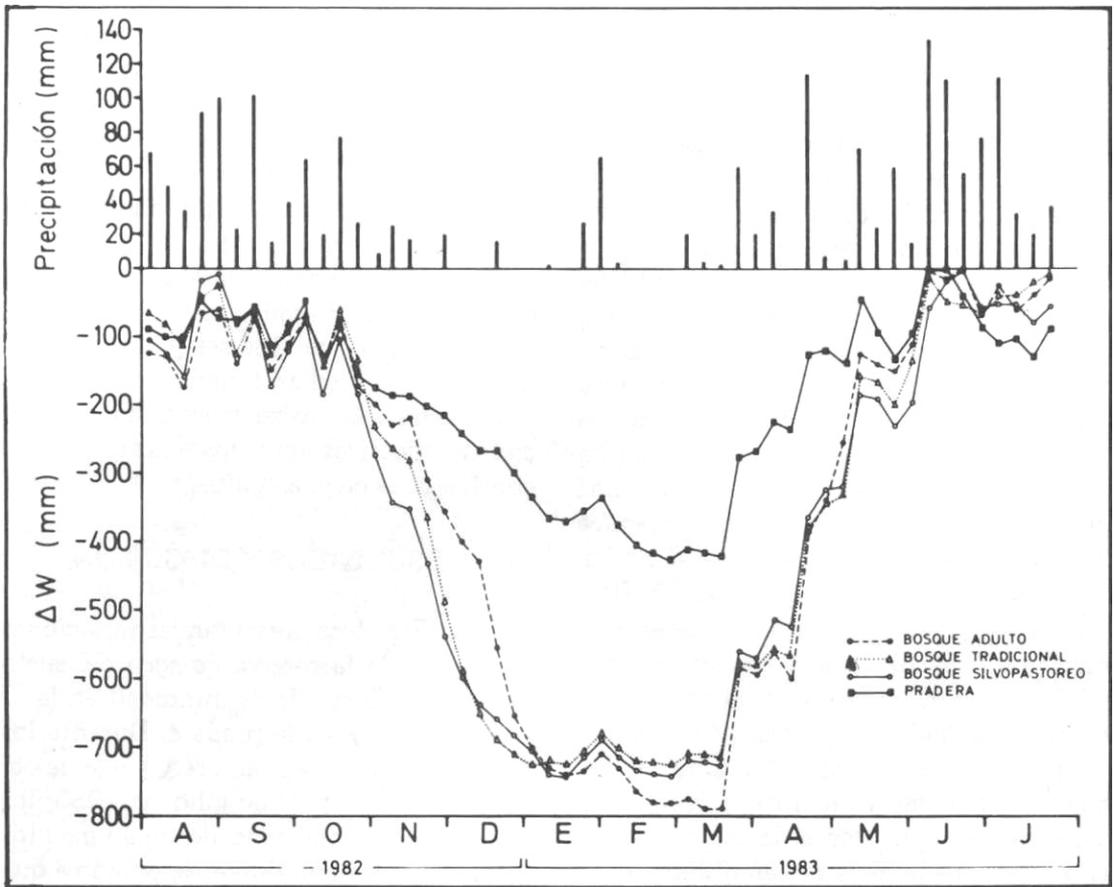


Fig. 2. Cambios en el contenido de agua del suelo (W), en tres plantaciones de *Pinus radiata* y en una pradera.

*Changes in soil water content (W) in three plantations of *Pinus radiata* and a meadow.*

nes de marzo, debido principalmente a la mayor profundidad de su sistema radicular, lo cual indica que su uso-consumo para este período sigue más activo (Fig. 2).

La disminución del agua de reserva en la pradera se muestra considerablemente menor que la de las tres plantaciones, dado, que la distribución del sistema radicular de esta cubierta vegetal permite que la desecación del suelo se restrinja principalmente a la superficie.

Las reservas de agua en las tres plantaciones y la pradera vuelven a recuperarse a partir de abril, hasta alcanzar sus valores máximos en junio (Fig. 2).

En la Fig. 3 se representan las cronoiso-

pletas de tensión de agua entre noviembre de 1982 y abril de 1983 para las 4 cubiertas vegetales. Ellas muestran un fuerte gradiente negativo en la superficie, especialmente durante el período estival. La concentración de las isolíneas de altos valores cerca de la superficie en la pradera (Fig. 3 A) indica que la cubierta herbácea obtiene sus mayores recursos de agua de los primeros 100 cm del suelo. Durante el verano, debido a las escasas precipitaciones, la tensión de agua del suelo en los primeros 20 cm alcanzó tensiones hasta 14.000 cm de columna de agua, lo que indica que bajo estas condiciones no existió agua disponible para la cubierta herbácea. Este he-

cho coincidió con el período de secado total de esta cubierta, a pesar de una precipitación de más de 65 mm registrada durante la semana del 27 de enero al 3 de febrero.

Cuadro 1. Resumen de valores del balance hídrico en plantaciones de *Pinus radiata* adulto, joven con manejo tradicional, joven con manejo de silvopastoreo y una pradera.

Summary of values of the water balance in plantations of adult Pinus radiata, young with conventional management, young with tree-farming management and a meadow.

	Adulto	Tradicional	Silvo pastoreo	Pradera
1.1. Precipitación (mm)				
2 sept. 1982-1 sept. 1983	1716,6	1716,6	1716,6	1716,6
1 oct. 1982-21 abr. 1983	512,6	512,6	512,6	512,6
Precipitación neta (mm)				
2 sept. 1982-1 sept. 1983	1473,3	1394,2	1577,5	1716,6
1 oct. 1982-21 abr. 1983	409,4	402,4	426,8	512,6
1.2. Intercepción (mm)				
2 sept. 1982-1 sept. 1983	243,3	322,4	139,1	0,0
1 oct. 1982-21 abr. 1983	103,2	110,2	85,8	0,0
1.3. Evapotranspiración (mm)				
1 oct. 1982-21 abr. 1983	1057,0	1009,9	998,9	500,8*
1 oct. 1982-27 oct. 1982	210,0	231,0	237,8	**
28 oct. 1982-1 dic. 1982	240,6	404,2	410,6	130,3
2 dic. 1982-29 dic. 1982	311,7	233,7	158,8	101,4
30 dic. 1982-2 feb. 1983	131,9	44,5	81,7	129,2
3 feb. 1983-2 mar. 1983	76,5	45,6	59,3	93,1
3 mar. 1983-30 mar. 1983	25,3	9,1	11,8	23,9
31 mar. 1983-21 abr. 1983	61,6	41,8	38,9	22,9
* Monto de evapotranspiración entre 28 de octubre 1982-21 de abril 1983				
** Datos no calculados.				

La distribución espacial de las isopletas en los tres rodales es similar, diferenciándose esencialmente en su distribución superficial. La mayor concentración de altos valores en la superficie del rodal silvopastoreo (Fig. 3 D) es consecuencia de su menor densidad de árboles, que originan condiciones micrometeorológicas que permiten la existencia de una cubierta herbácea, y con ello un fuerte agotamiento de agua en el suelo superficial, quedando en condiciones similares a la de la pradera.

Los menores potenciales de retención de agua registrados en la superficie de los

bosques adulto y tradicional, se pueden atribuir principalmente a que la estructura de estos rodales originan condiciones micrometeorológicas, que inhiben la transpiración a nivel del suelo y a la menor profusidad del sistema radicular del sotobosque. La distribución de las isotensiones en los rodales corrobora el hecho de que las plantaciones jóvenes inician el consumo de agua más temprano que en el bosque adulto.

La evapotranspiración estimada para el período 1 de octubre 1982 al 21 de abril 1983, fue de 1057, 1010 y 999 mm pa-

ra los rodales adulto, tradicional y silvopastoreo, respectivamente (Cuadro 1). Los consumos semanales de agua por evapotranspiración no mostraron diferencias significativas entre estos tres tratamientos. Si los montos de evapotranspiración se relacionan con la precipitación total anual, ellos representan el 62%, 60% y 58%, respectivamente; pero si se relacionan con la precipitación neta, estos porcentajes son el 72% para los rodales adulto y tradicional y 63% para el rodal silvopastoreo. De los resultados expuestos se puede inferir que las cantidades de agua que percolan difieren para los tres tratamientos,

debido a las diferentes cantidades de precipitación neta que reciben (Cuadro 1). Los porcentajes de los montos de percolación estimados en relación a la precipitación neta, si no se considera la evapotranspiración del período mayo a septiembre, serían del 28% para los rodales adulto y tradicional y 37% para el silvopastoreo, respectivamente. Esto permite deducir que un raleo fuerte, al aumentar la precipitación neta, provoca que estos mayores montos de agua incrementan la percolación, durante la época en que los suelos están saturados.

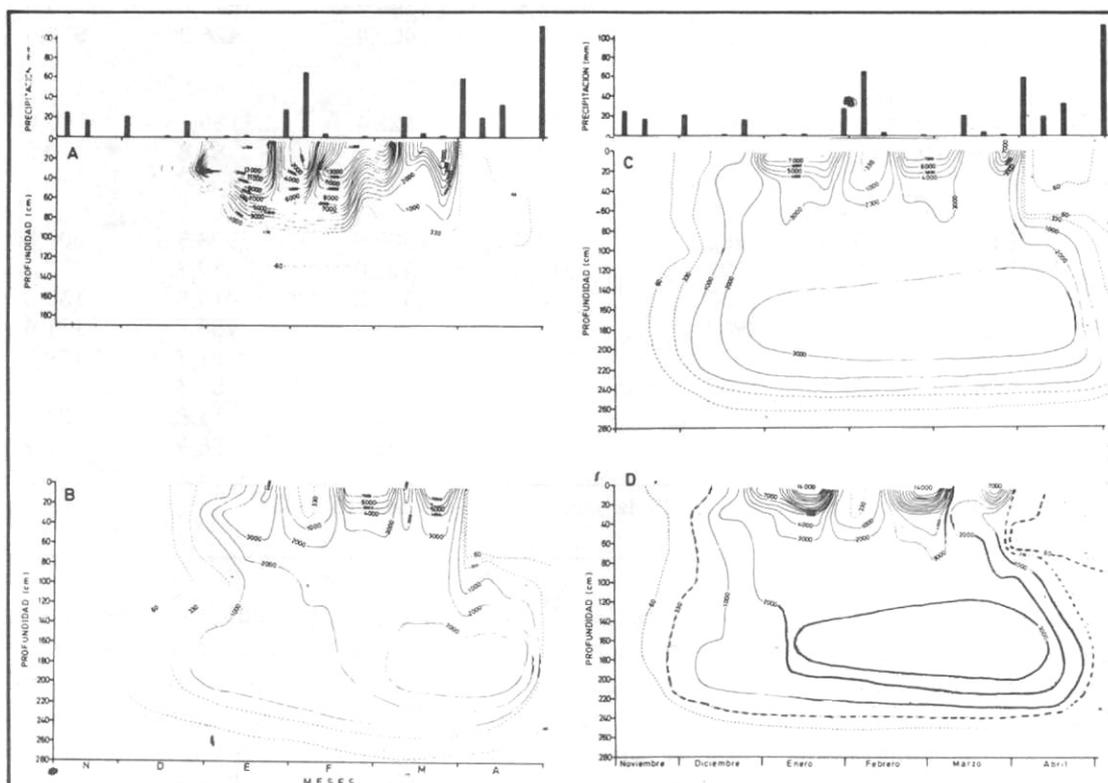


Fig. 3. Cronoisopletas de tensión de agua del suelo (A - B) lo (cm) en una pradera (A) y un rodal de *Pinus radiata* adulto (B).

*Chronoisopleths of soil water tension (cm) in a meadow (A) and adult for est of *Pinus radiata* (B).*

Fig. 3. Cronoisopletas de tensión de agua del suelo (C - D) lo tradicional (C) y otro destinado a silvopastoreo (D).

*Chronoisopleths of soil water tension (cm) in a young forest of *Pinus radiata* with conventional management (C) and a forest with tree-farming management (D).*

Resultados similares aparecen en Langford y O'Shaughnessy (1977), que muestran que en bosques jóvenes de *Pinus radiata* raleados, los porcentajes de intercepción decrecieron y los montos de percolación aumentaron en un 9% con respecto a las precipitaciones.

Si se redujera aún más la densidad de árboles en el rodal silvopastoreo, las reservas de agua en el perfil del suelo durante el período estival, deberían aumentar. La actual densidad de los árboles en el silvopastoreo, permite que con la distribución espacial de su sistema radicular ellos se entrecrucen en sus bordes. Por ello entre los 100 y 200 cm de profundidad, donde el agua del suelo está fuera del alcance del sistema radicular de la cubierta herbácea, no se encuentran zonas con mayor contenido de humedad. Ocasionalmente durante el verano se pudo apreciar un aumento del contenido de agua del suelo, al compararse los valores de los tensiómetros ubicados en forma equidistante de los árboles y aquellos inmediatamente adyacentes a los fustes.

Los montos de agua consumidos por evapotranspiración de la pradera, entre noviembre de 1982 y abril de 1983, alcanzaron un valor total de 501 mm y fueron significativamente diferentes ($p < 0,01$) en relación a los rodales (Cuadro 1). Esto

significa que la cantidad de agua que queda disponible para la percolación representa el 71% de la precipitación total anual, si no se consideran los montos de evapotranspiración del período mayo-octubre.

Estos resultados son similares a los de Holmes y Colville (1970) y Allison y Hughes (1972), en Langford y O'Shaughnessy (1977), que al hacer estudios comparativos del balance hídrico entre plantaciones de *Pinus radiata* y pradera, en el sur de Australia, encontraron que con las plantaciones no existe recarga de agua hacia el subsuelo.

De los antecedentes expuestos anteriormente se puede deducir que las reservas de agua del suelo en una pradera son marcadamente mayores que en plantaciones de *Pinus radiata*, especialmente durante el período de primavera. Por tanto, es importante para un adecuado manejo de cuencas conocer la redistribución de las precipitaciones y los montos de uso-consumo de una especie introducida, que puede alterar los ciclos hidrológicos y con ello, otras actividades económicas. Los resultados obtenidos en rodales de *Pinus radiata* no deben extrapolarse a bosques nativos, debido a que aparentemente en ellos el balance hídrico permite un mayor reflujo de agua al ciclo hidrológico.

REFERENCIAS

- AUSSENAC G.; BOULANGEAT, G. 1980. Interception des précipitations et évapotranspiration réelle dans des peuplements de feuillu (*Fagus sylvatica* L.) et de résineux (*Pseudotsuga menziessi* (Mirb. Franco). Annales des Sciences forestières. 37 (2): 91-107.
- BRECHTEL, H.M.; PAVLOV, M.B. 1977. Niederschlagsbilanz von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Alterklassen in der Rhein-Main-Ebene. Institut für Forsthydrologie. Hessische Forstliche Versuchsanstalt. 80 pp.
- CALDER, I.R. 1979. Do trees use more water than grass? Water Services, 83: 11-14.
- CHU-SAN LIN, P. 1968. Einflüsse Verschiedener Pflanzenbestände auf den Wasserhaushalt in ainem Einzugsgebiet. Ludwig-Maximilians-Universität zu München. 108 pp.
- FELLER, M.C. 1981. Water balances in *Eucalyptus regnans*, *E. obliqua*, and *Pinus radiata* forests in Victoria. Australian Forestry, 44 (3): 153-161.
- HUBER, A.; OYARZUN, C. 1983. Precipitación neta e interpretación en un bosque adulto de *Pinus radiata* D. DON Bosque, 5 (1): 13-20.

- HUBER, A.W.; OYARZUN, C.E. 1984. Estudio comparativo del balance hídrico en plantaciones de *Pinus radiata* D. DON y una pradera en el sur de Chile. Actas IV Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo. CI S7. 6 pp.
- IREN-CORFO; UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1978. Suelos provincia de Valdivia. IREN-CORFO y Universidad Austral de Chile. Instituto de Suelos. Fac. de Ciencias Agrarias. 178 pp.
- JELLYMAN, A.D. 1973. Water as a forest product. New Zealand Journal of Forestry 211-216.
- LANGFORD, K.J.; O'SHAUGHNESSY, P.J. 1977. Some Effects of Forest Change on Water Values. Australian Forestry, 40 (3): 192-218.
- LEE, R. 1980. Forest Hydrology. Columbia University Press. New York. 349 pp.
- LOCKWOOD, J.G.; SELLERS, P.J. 1982. Comparisons of Interception Loss from Tropical and Temperate Vegetation Canopies. Journal of Applied Meteorology, 21(10): 1405-1412.
- MITSCHERLICH, G; MOLL, W.; KUNSTLE, E.; MAURER, P. 1966. Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen in Rhein-und Mischbestand. IV: Niederschlag, Stammablauf und Bodenfeuchtigkeit. Allgemeine Forst und Jagdzeitung. 137 (1): 1-13.
- OYARZUN, C.E.; HUBER, A.W.; VASQUEZ, S.G. 1985. Balance hídrico en tres plantaciones de *Pinus radiata*. I: Redistribución de las precipitaciones. Bosque 6 (1): 3-14.
- PRICE, N.W. 1982. A comparison of water balance components in natural and plantation forests in El Salvador, Central America. Soil Science, 68: 95-112.
- RICHARDS, L.A. 1949. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Science. 68: 95-112.
- ROBERTS, J.; PITMAN, R.M.; WALLACE, J.S. 1982. A comparison of evaporation from stands of Scots pine and Corsican pine in Thetford Chase, East Anglia. Journal Applied Ecology, 19: 859-872.
- RUTTER, A.J. 1963. Studies in the water relations of *Pinus sylvestris* in plantations conditions. I: Measurements of rainfall and interception. Journal of Ecology, 51: 191-203.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G 1981. Métodos estadísticos. Editorial Continental, S.A., México. 702 pp.
- SWANK, W.T.; DOUGLASS, J.E. 1974. Streamflow Greatly Reduced by Converting Deciduous Hardwood Stands to Pine. Science, 185: 857-859.
- VASQUEZ, S.G. 1983. Características del ciclo hidrológico en plantaciones de *Pinus radiata* D. DON con distinto manejo. Tesis Instituto de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 114 pp.

Recibido Mayo 1985

Los autores

- ANTON W. HUBER Dr. rer. silv. Instituto de Geociencias. Universidad Austral de Chile. Casilla 567 Valdivia, Chile.
- CARLOS E. OYARZUN. Lic. en Ciencias. Instituto de Geociencias. Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.
- ACHIM ELLIES. Dr. rer. hort. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.