

Cambios en el balance hídrico provocados por tala rasa de un rodal adulto de *Pinus radiata* (D. Don), Valdivia, Chile*

Hydric balance changes by cutting an adult *Pinus radiata* stand (Valdivia, Chile)

C.D.O.: 114.12-116.1

ANTON HUBER y DOMINGO LOPEZ

Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile,
Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

Seasonal and spatial variations of soil-water content and water consumption by evapotranspiration were determined for an adult stand of *Pinus radiata*, before and after clear-cutting. These variations were compared with those of a natural prairie. Soil water reserve during winter presented changes up to 280 cm deep in the forest, while in the prairie and deforested area this only occurred up to 100 cm.

Between July 1988 and May 1989 due to evapotranspiration and interception, the forest consumed 1.031 mm of water, 80% higher than the amount consumed by the prairie (568 mm). On the other hand water consumption in the prairie surpassed the water consumed by the deforested surface in 13%. During the same period, evapotranspiration was equivalent to 96.6% and 57.7% of total precipitation for the forest and the prairie, respectively.

Annual percolation for the June 1989-July 1990 period was 257 mm for the *Pinus radiata* stand before cutting, and 1.549 and 1.041 mm in the first and second years after cutting respectively. For the same period, percolation in the soil of the prairie was 586, 1.533 and 1.056 mm, respectively.

RESUMEN

Se determinó la variación temporal y espacial del contenido de humedad del suelo y el consumo de agua por evapotranspiración de un rodal adulto de *Pinus radiata*, antes y después de su tala, y se compararon estos valores con los de una pradera natural. El contenido de agua edáfica se estimó con una sonda de neutrones, hasta los 300 cm de profundidad, mientras que la evapotranspiración se calculó mediante la ecuación del balance hídrico.

Las reservas de agua del suelo forestal, durante el período estival, registraron cambios hasta los 280 cm de profundidad en el rodal, mientras que en la del suelo de pradera y del área deforestada esta situación se observó sólo hasta los 100 cm. El bosque consumió, entre julio 1988 y mayo 1989, 1.031 mm de agua por evapotranspiración e interceptación, valor que sobrepasó en más de un 80% a la consumida por la pradera (568 mm). A su vez, la pradera sobrepasó en un 13% el consumo de la superficie talada. La evapotranspiración, para este mismo período, fue equivalente al 96.6% y 57.7% de la precipitación total para el bosque y la pradera, respectivamente.

La percolación anual, correspondiente a los períodos julio 1989-junio 1990, fue de 257 mm para el rodal de *Pinus radiata* antes de la corta y de 1.549 y 1.041 mm para los dos años siguientes a su tala. Para los mismos períodos, la percolación en la pradera fue de 586, 1.533 y 1.056 mm respectivamente.

INTRODUCCION

La sustitución o eliminación de una cubierta vegetal provoca variaciones en el ciclo hidrológico,

conduciendo en numerosas oportunidades a cambios importantes en el balance hídrico de un lugar. Esta situación adquiere una particular relevancia cuando se talan superficies forestadas con especies de rápido crecimiento y de elevado consumo de agua (Huber, Oyarzún y Ellies, 1985; Anderson, Pyatt y Stannard 1991; Bosch y Smith, 1991).

La explotación de los bosques de *Pinus radiata*

* Proyecto RS 85-14 financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile y FONDECYT 0184-92.

en Chile se realiza generalmente a tala rasa. Este tipo de explotación deja prácticamente sin vegetación al suelo, por un período de tiempo variable, que dependerá de la velocidad de recuperación que tiene la vegetación que fue dañada durante la intervención o el tiempo que demora en establecerse una nueva cubierta vegetal.

La eliminación de un bosque produce alteraciones en la redistribución y cantidad de las precipitaciones que llegan a la superficie, distribución espacial y temporal de la reserva de agua del suelo y modifica el balance hídrico de un lugar (Huber, Oyarzún y Ellies, 1985; Pook, Moore y Hall, 1991; Seuna, 1991). También reduce la evapotranspiración, disminuyendo con ello la cantidad de agua necesaria para lograr la recarga hídrica del suelo (Van Haveren, 1988).

Seuna (1991) determinó, en el nordeste de Finlandia, que la escorrentía anual experimentaba un aumento entre 15% y 20% sobre la media normal, como consecuencia de la eliminación del 55% de una masa boscosa de características comerciales. La tendencia de estas variaciones en los componentes del balance hídrico también ha sido corroborada en estudios de similares características (Bitukov, 1989; Ruprecht y Schofield, 1989; Anderson, Pyatt y Stannard, 1991).

En la presente investigación se determinaron la variación espacial y temporal de las reservas de agua del suelo y el consumo de agua por evapotranspiración en un rodal adulto de *Pinus radiata*, antes y después de ser talado. Los valores así obtenidos fueron comparados con los de una pradera natural.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en un rodal adulto de *Pinus radiata* (D. Don), ubicado a 20 km al nordeste de la ciudad de Valdivia. El bosque, plantado en 1957, se encontraba ubicado sobre lomas con ondulación suave, con orientación noroeste y una pendiente media del 7%. La altura media del rodal fue de 32 m, con un diámetro medio de copas de 3.7 m y una cobertura del dosel de un 72%. La densidad del bosque fue de 733 árboles/ha, con un área basal de 60 m² y un diámetro a la altura del pecho promedio de 35 cm. El sotobosque estaba conformado por *Aristotelia chilensis* (maqui),

Robus constrictus (zarzamora), *Boquila trifoliolata* (pil-pil voqui), *Cissus striata* (voqui naranjillo), *Drimys winteri* (canelo), *Nertera granadensis* (chaquirita del monte), *Uncinia phleoides* (clinclin), *Blechnum astatum* (helecho palmilla) (Ramírez *et al.*, 1984).

Los suelos del área corresponden a las series de Correltué, que se presentan como cenizas volcánicas, ubicadas sobre depósitos marinos de origen terciario (IREN, CORFO y UACH, 1978).

El rodal fue talado en junio de 1989; posteriormente, en mayo de 1991, la superficie se volvió a reforestar con la misma especie.

Para determinar los cambios que se produjeron en el balance hídrico, debido a la tala del bosque, se utilizó como parcela testigo una pradera natural colindante al rodal. Esta cubierta herbácea estaba conformada principalmente por *Agrostis capillaris* (chépica) y *Holcus lanatus* (pasto miel).

Los aportes de agua por precipitación se midieron con un pluviómetro ubicado en la pradera.

Las variaciones espacial y temporal de las reservas de agua en el suelo se determinaron mediante una sonda de neutrones Troxler, modelo 3333. Para realizar estas mediciones se enterraron 18 tubos de acero de 45 mm de diámetro y 300 cm de largo en el bosque y 4 en la pradera. Cada 30 días, desde julio 1988 hasta mayo 1991, se registró la precipitación y se determinó el contenido de humedad del suelo con la sonda. La sonda fue calibrada en terreno según la metodología propuesta por Brechtel (1983).

El consumo de agua por evapotranspiración en los dos ecosistemas se determinó empleando la metodología utilizada por Huber, Oyarzún y Ellies (1985). Para este propósito, se supuso que cuando el suelo deja de estar saturado y comienza a disminuir su contenido de humedad, la percolación es nula o despreciable y, por lo tanto, toda disminución en la reserva de agua del suelo se debe a la evapotranspiración. Para poder operar con este supuesto se definió el estado de saturación del suelo como aquel cuando éste tenía un potencial mátrico superior a -30 kPa. En este caso, los potenciales de energía para el movimiento descendente del agua están casi en equilibrio con las fuerzas opuestas (Hibbert, 1976) y, por lo tanto, el movimiento del agua en el suelo se hace extremadamente lento. Bajo estas condiciones, la evapotranspiración real se determinó empleando la ecuación general de continuidad del balance hídrico (Feller, 1981):

$$EVT = P \pm @W$$

donde: EVT : evapotranspiración (mm).
 P : precipitación (mm).
 @W : variación del contenido de agua del suelo (0-300 cm) (mm).

ción potencial medida con la bandeja evaporimétrica). A este valor se le sumó la intercepción para estimar la evapotranspiración del rodal.

P: precipitación (mm).
 @W: variación del contenido de agua del suelo (0-300 cm) (mm).

El escurrimiento superficial no fue considerado, teniendo en cuenta las características topográficas del lugar. De igual modo, no se consideró el aporte de agua que podría provenir de la capa freática, debido a que ésta se encontraba fuera de la zona de influencia del sistema radicular.

Un inconveniente metodológico se produjo cuando el suelo se encontraba saturado y había percolación; en estos casos, la evapotranspiración real para la pradera se consideró equivalente a la evaporación medida en una bandeja evaporimétrica, ubicada en el área de estudio. Para el bosque, se agregó además al valor anterior el agua interceptada por los árboles, estimada de acuerdo a los estudios realizados por Huber y Oyarzún (1983) para el mismo rodal.

Para que el agua edáfica percole desde los primeros tres metros de suelo hacia profundidades mayores tiene que existir al menos en esta profundidad un potencial mátrico inferior a -30 kPa (Hibbert, 1976). Cuando se daban estas condiciones, la percolación para cada ecosistema se calculó a partir de la relación:

$$P - EVT \pm @W = A$$

donde: A: percolación (mm)
 EVT: evapotranspiración de la pradera (mm) (se consideró equivalente a la evapora-

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua útil del suelo para sus diferentes horizontes y hasta los 300 cm de profundidad, para la pradera y el rodal, se presentan en los cuadros 1 y 2. La cantidad de agua útil del perfil, hasta los tres metros de profundidad, es de 20.9 y 23% de su volumen, lo que equivale a 629 y 690/m² litros respectivamente.

El cuadro 3 presenta la precipitación mensual, durante el período de julio 1988 a mayo 1991. El verano del 88-89 tuvo una precipitación inferior a la media, mientras que el estío 89-90 presentó un mes de diciembre extraordinariamente húmedo. El verano 90-91 fue anormalmente seco, las precipitaciones no alcanzaron al 50% del valor promedio para este período. En las figuras 1 y 3 se presentan las isóneas de contenido de humedad del suelo, expresado como porcentaje del volumen de suelo ocupado por el agua y las isóneas de potencial mátrico de humedad hasta los 300 cm de profundidad (figs. 2 y 4) para la pradera y el rodal de *Pinus radiata* respectivamente. Durante todo el período de observación, en ambos ecosistemas, hubo una fuerte oscilación estacional del contenido de agua del suelo. En el bosque se pudo obser-

Cuadro 1

Valores de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua disponible (% base vol.) por horizonte edáfico para el bosque de *Pinus radiata*

Field capacity, permanent wilting point and available water (% base vol.) for each soil horizon in the *Pinus radiata* forest

Horizonte	Profundidad (cm)	Capacidad de campo	Punto de marchitez	Agua aprovechable
A1	0-17	47.15	25.55	21.60
A3	17-42	46.07	26.50	19.57
B2	42-153	47.95	29.00	18.95
B3	153-256	51.08	27.30	23.78
C	256-300	49.91	30.00	19.91

CUADRO 2

Valores de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua disponible (% base vol.) por horizonte edáfico para la pradera

Field capacity, permanent wilting point and available water (% base vol.) for each soil horizon in the prairie

Horizonte	Profundidad (cm)	Capacidad de campo	Punto de marchitez	Agua aprovechable
A1	0-14	47.62	28.06	19.56
A3	14-32	50.05	29.50	20.55
B1	32-62	51.13	27.61	23.52
B2	62-153	51.15	28.01	23.14
B3	153-205	49.72	26.50	23.22
C	205-300	52.75	29.03	23.72

CUADRO 3

Precipitación mensual (mm) registrada durante el período de estudio y precipitación promedio mensual (mm) para la zona

Monthly rainfall (mm) of the period under study and average monthly rainfall (mm) for the zone

Mes	1988	1989	1990	1991	Media
Ene	-	45	46	29	72
Feb	-	24	80	29	64
Mar	-	64	127	86	71
Abr	-	74	199	106	146
May	-	93	311	269	379
Jun	-	334	373	-	369
Jul	94	349	204	-	408
Ago	298	312	323	-	326
Set	108	91	289	-	199
Oct	124	104	126	-	149
Nov	27	51	72	-	99
Dic	72	228	34	-	85
Total		1.769	2.184		2.367

var un cambio importante en la distribución espacial del contenido de agua del suelo, antes y después de su tala (fig. 3).

En el rodal la variación de la reserva se produjo hasta los 280 cm de profundidad (fig. 3), pero una vez eliminados los árboles las reservas de agua se asemejaron a la distribución de la pradera (fig. 1), donde las oscilaciones se registraron sólo hasta los primeros 100 cm. Esta evolución temporal y espacial coincide con los resultados obtenidos por Lockwood y Sellers (1982), quienes estudiaron las

reservas de agua del suelo y los consumos por evapotranspiración de cubiertas vegetales de variada composición.

Las mayores disponibilidades de agua del suelo se registraron desde fines de otoño hasta principios de primavera, para ambas superficies, debido a que las precipitaciones fueron lo suficientemente altas como para mantener saturado el suelo (figs. 2 y 4).

El contenido promedio de agua en el perfil, hasta los 300 cm de profundidad durante este período, fluctuó entre el 55 y 59% para la pradera y el 53

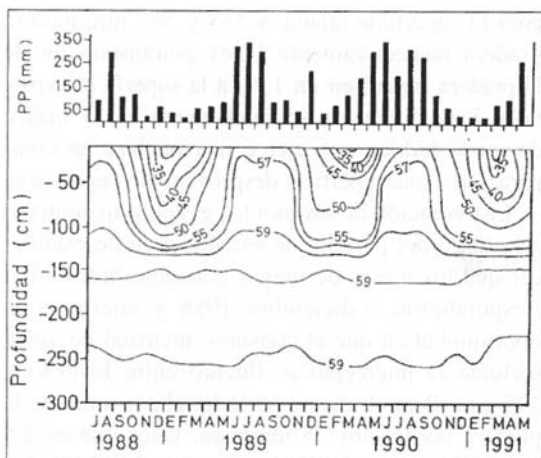


Figura 1. Variación temporal y espacial del contenido de humedad del suelo (%/vol.) para la pradera.

Temporal and spatial soil-water variation content (% vol.) for the prairie.

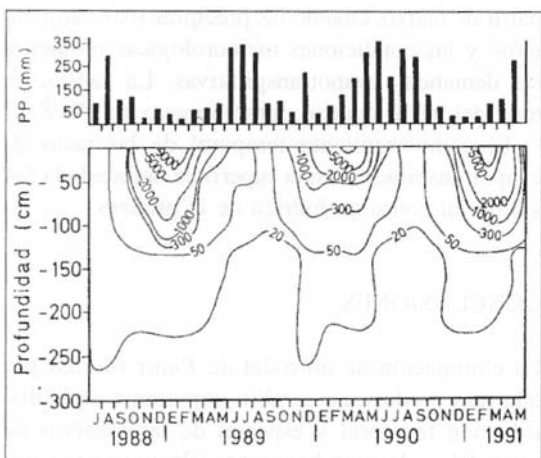


Figura 2. Isolíneas de tensión (cm) para la pradera.

Tension isolines (cm) for the prairie.

y 57% para el bosque sin talar, respectivamente.

Ocasionalmente, durante el período estival, el horizonte superficial de la pradera alcanzó el punto de marchitez permanente, lo que produjo la muerte de la cubierta herbácea (fig. 2); esta condición extrema nunca sucedió en el bosque (fig. 4).

En la pradera, durante el verano, el aprovechamiento del agua del suelo llegó hasta los 120 cm de profundidad, mientras que en el rodal la zona de saturación permanente estuvo a los 280 cm. Esta diferencia se debe, principalmente, al distinto desarrollo del sistema radicular de cada una de las cubiertas vegetales (Langford y O'Shaughnessy, 1977). A mayor profundidad, ambos suelos se mantuvieron saturados (figs. 2 y 4). Las diferencias más grandes en el contenido de agua, entre los dos

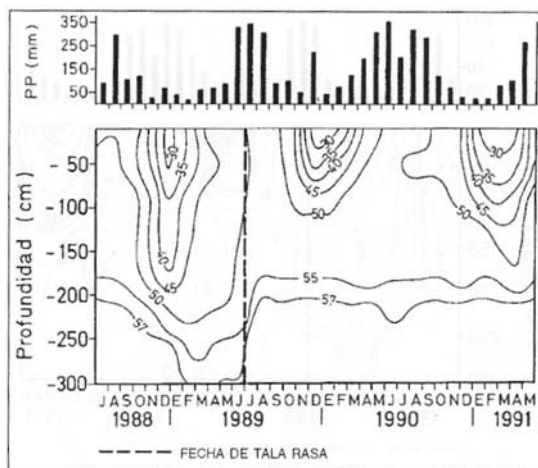


Figura 3. Variación temporal y espacial del contenido de humedad del suelo (%/vol.) para el rodal de *Pinus radiata* antes y después de la tala.

Temporal and spatial soil-water variation content (% vol) in the *Pinus radiata* forest before and after cutting.

ecosistemas, se observaron a fines del verano de 1989, el cual correspondió al último año antes de que se talara el bosque. El suelo del rodal, durante el verano, mostró una mayor disminución de su reserva de agua en los primeros 300 cm (fig. 3). Tendencias similares bajo cubiertas forestales han sido mencionadas en numerosos estudios por Roberts, Pitman y Wallace (1982). Estos autores señalan además que la forestación de terrenos agrícolas conlleva a la inevitable reducción del caudal de los cursos de agua.

Durante los meses de enero a marzo de 1989, en los primeros 40 cm del suelo en el bosque, las reservas de agua fueron siempre superiores a las de la pradera (fig. 3).

En los períodos estivales (1990 y 1991) que sucedieron a la eliminación del bosque las variaciones que se habían registrado en las reservas de agua, entre los 100 y 200 cm de profundidad, disminuyeron considerablemente (figs. 1 y 3). En la superficie talada, durante el verano, para los primeros cm, hubo una mayor pérdida de agua que en la pradera. Ello se debió a que este suelo quedó casi totalmente desprovisto de vegetación y, por lo tanto, expuesto directamente a la evaporación. Paulatinamente, a finales del verano, la distribución espacial del contenido de agua en ambas parcelas se hacía más similar, debido a que se recuperaba la vegetación arbustiva o al establecimiento de una nueva cubierta herbácea, lo que aumentó el consumo de agua por transpiración.

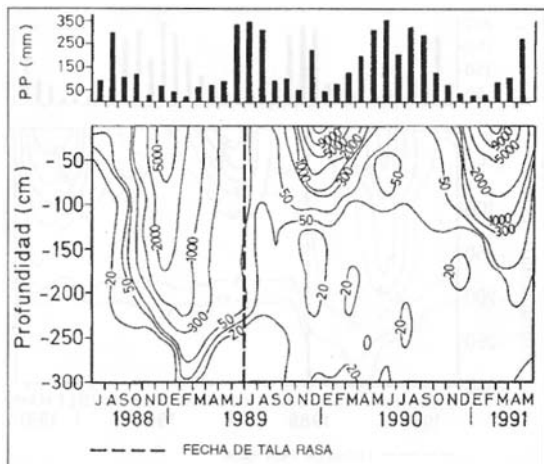


Figura 4. Isolíneas de tensión (cm) para el rodal de *Pinus radiata* antes y después de la tala.

Tension isolines (cm) for the *Pinus radiata* forest before and after cutting.

Bajo los 100 cm de profundidad, prácticamente no existieron diferencias en el contenido de agua del suelo, porque se mantuvieron permanentemente saturados (figs. 2 y 4). Durante el verano de 1990-1991 se acentuaron algunas diferencias. La recuperación definitiva de la vegetación arbustiva, que posee un sistema radicular más profundo que la pradera, y el establecimiento de especies arbustivas de carácter invasor como *Robus constrictus* y *Aristolelia chilensis* contribuyeron a que la desecación del suelo alcanzara otra vez profundidades mayores.

Los montos mensuales de agua consumidos por evapotranspiración para los dos ecosistemas se presentan en los cuadros 4 y 5.

La evapotranspiración para el período julio 1988-mayo 1989, incluida la interceptación, fue de 1.030 mm para el bosque y de 567 mm para la pradera respectivamente. El consumo de agua del rodal superó al de la pradera en más de un 80%. El hecho de que la tasa de evapotranspiración del bosque de *Pinus radiata* fuera considerablemente superior a la de la cubierta herbácea, también ha sido descrito por Langford y O'Shaughnessy (1977), quienes mencionaron que rodales de esta conifera, en Australia, superaron en 2.2 veces a la de una pradera. Price (1982) ha descrito que las altas pérdidas por interceptación y elevados consumos de agua en bosques de rápido crecimiento son algunas de las causas en la disminución de las reservas de agua de un lugar.

Después de la tala rasa, la evapotranspiración en los dos años siguientes fue de 489 y 501 mm

para la superficie talada, y 558 y 567 mm para la pradera, respectivamente. La evapotranspiración de la pradera superó en un 13% a la superficie explotada. Esta diferencia se fundamenta en la mayor demanda hídrica que ejerce una pradera en comparación a una superficie desprovista de vegetación.

La evolución de los montos evapotranspirativos a lo largo del período de estudio permite establecer que los meses de mayor consumo hídrico correspondieron a diciembre 1988 y enero 1989, oportunidad en que el consumo mensual de agua, incluida la interceptación, fluctuó entre los 180 y 195 mm. Para el mismo período, el consumo de la pradera bordeó los 75 mm/mes, valor que es 2.5 veces menor que la del bosque (cuadro 5).

La disminución del contenido de agua en el perfil del suelo del rodal se evidencia a partir de octubre, mientras que su recuperación se inicia a partir de marzo, cuando las precipitaciones aumentaron y las condiciones meteorológicas redujeron las demandas evapotranspirativas. La saturación total del perfil ocurrió durante mayo de 1989.

El comportamiento temporal de las tasas de evapotranspiración en la superficie deforestada fue similar al consumo hídrico de la pradera.

CONCLUSIONES

La eliminación de un rodal de *Pinus radiata* por tala rasa produce un cambio importante en la distribución temporal y espacial de las reservas de agua del suelo y en los montos de agua consumidos por evapotranspiración.

Las pérdidas de agua por interceptación y evapotranspiración del bosque superaron en más de un 80% a las de la pradera. Después de la tala rasa, la pradera superó en un 13% a la evapotranspiración de la superficie explotada, que había quedado prácticamente sin cubierta vegetal.

La disminución de las reservas de agua del suelo en el bosque se registró hasta los 280 cm de profundidad, mientras que en la pradera sólo se produjo hasta los 120 cm. El consumo de agua por evapotranspiración e interceptación para el bosque, en un período de 11 meses (julio 1988-mayo 1989) fue de 1.031 mm, valor considerablemente mayor que el encontrado para la pradera (568 mm).

La eliminación de un rodal adulto de *Pinus radiata* eleva en forma importante la escorrentía, lo que incide en el reabastecimiento de la capa freática y, por ende, en la producción de agua de un lugar.

CUADRO 4

Consumo mensual de agua por evapotranspiración de la pradera (mm) entre julio 1988 y junio 1991
 Monthly water consumption by evapotranspiration of the prairie (mm) between July 1988 and June 1991

Mes	1988	1989	1990	1991
Ene	-	72	77	67
Feb	-	73	54	66
Mar	-	61	46	70
Abr	-	59	34	54
May	-	48	35	42
Jun	-	11	*22	-
Jul	*15	*19	*17	-
Ago	*24	*21	*26	-
Set	54	47	47	-
Oct	58	77	58	-
Nov	51	70	44	-
Dic	76	67	54	-
Total	277	625	509	299

* Evaporación medida en una bandeja evaporimétrica.

CUADRO 5

Consumo mensual de agua por evapotranspiración (mm) del rodal de *Pinus radiata* antes
 y después de la tala rasa
 Monthly water consumption by evapotranspiration of a *Pinus radiata* forest before and after cutting

Mes	1988	1989	1989	1990	1991
Ene	-	195	-	59	45
Feb	-	109	-	49	60
Mar	-	101	-	36	62
Abr	-	73	-	41	45
May	-	55	-	26	40
Jun	-	#	*23	*22	-
Jul	**23	-	*19	*17	-
Ago	**59	-	*21	*26	-
Set	79	-	34	*47	-
Oct	73	-	55	56	-
Nov	84	-	66	37	-
Dic	181	-	62	44	-
Total	499	532	278	455	252

* Evaporación medida en bandeja evaporimétrica.

** Evaporación medida en bandeja evaporimétrica más intercepción.

Eliminación cubierta arbórea.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, A.R., D.G. PYATT, D.P. STANNARD. 1991. "The effects of clear - felling a sitka spruce stand on the water balance of a peaty gley soil at Kershoper Forest, Cumbria", *Forestry Abstracts* 52 (2): 60.
- BITYUKOV, N.A. 1989. "Water balance of catchments in relation to feelings in beech forests in the NW Caucasus", *Forestry Abstracts* 50 (11): 727.
- BOSCH, J.M., RE. SMITH. 1991. "The Effect of Afforestation of Indigenous Scrub Forest With Eucalyptus on Streamflow From a Small Catchment in the Transvaal, South Africa", *Forestry Abstracts* 52 (11): 1166-1167.
- BRECHTEL, H.M. 1983. *Probleme beim Einsatz von Neutronenonde im Rahmen Hydrologischer Messprogramme. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau*. Verlag Paul Parey, 301 pp.
- FELLER, M.C. 1981. "Water balances in *Eucalyptus regnans*, *E. obliqua* and *Pinus radiata* forests in Victoria. *Australian Forestry* 44 (3): 153-161.
- FUENZALIDA, H. 1971. *Climatología de Chile*. Departamento de Geofísica y Geografía, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 69 pp.
- HIBBERT, A.R. 1976. "Percolation and Streamflow in Range and forest Lands. Watershed Management on Range and Forest Lands", *Proceedings of the Fifth Workshop of the United States/Australia Rangelands Panel Boise*. Idaho, June 15-22, 1975. Utah Water Research Laboratory. Utah State University. Logan, Utah. 61-72.
- HUBER, A., C. OYARZUN. 1983. "Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* (D. Don)", *Bosque* 5(1): 13-20.
- HUBER, A., C. OYARZUN, A. ELLIES. 1985. "Balance hídrico en tres plantaciones de *Pinus radiata* y una pradera. II: humedad del suelo y evapotranspiración", *Bosque* 6 (2): 74-82.
- IREN. CORFO, UACH, 1978. *Estudio de suelos de la provincia de Valdivia*. Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales, Corporación de Fomento de la Producción, Universidad Austral de Chile, Santiago, Chile, 178 pp.
- LANGFORD, K.J., P.J. O'SHAUGHNESSY. 1977. "Some effects of forest change on water values", *Australian Forestry* 40 (3): 192-218.
- LOCKWOOD, J.G., P.J. SELLERS. 1982. "Comparisons of interception Loss From Tropical and Temperate Vegetation Canopies", *Journal of Applied Meteorology* 21 (10): 1405-1412.
- LOPEZ CADENA L., M. BLANCO CRIADO. 1978. *Hidrología Forestal 2ª Parte*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, 134 pp.
- POOK, E.W., P.H.R. MOORE, T. HALL. 1991. "Rainfall interception by trees of *Pinus radiata* and *Eucalyptus viminalis* in a 1.300 mm rainfall area of Southeastern New South Wales. I: Gross Losses and their variability", *Forestry Abstracts* 52 (11): 1167.
- PRICE, N.W. 1982. "A Comparisons of water balance components in natural and plantation forest in El Salvador, Central America", *Turrialba* 32 (4): 399-416.
- RAMIREZ, C., H. FIGUEROA, R. CARRILLO, D. CONTRERAS. 1984. "Estudios fitosociológicos de los estratos inferiores en un bosque de pino (Valdivia, Chile)", *Bosque* 5 (2): 65-81.
- ROBERTS, J., R.M. PITTMAN, J.S. WALLACE. 1982. "A comparison of evaporation from stands of scots pine and corsican pine in theford chase, East Anglia", *Journal of Applied Ecology* 19: 859-872.
- RUPRECHT, J.K., N.J. SHOFIELD. 1989. Analysis of streamflow generation following deforestation in South-west Western Australia", *Forestry Abstracts* 50 (12): 806.
- SEUNA, P. 1991. "Effects of Clear - Cutting and Forestry Drainage on Runoff in the Nurmes - Study", *Forestry Abstracts* 52 (9): 905.
- VAN HAVEREN, B.P. 1988. "A Reevaluation of the Wagon Wheel Gap forest watershed experiment", *Forest Science* 34 (1): 208-214.