

C. D. O. : 116.11

BALANCE HIDRICO EN TRES PLANTACIONES DE *Pinus radiata*
I: REDISTRIBUCION DE LAS PRECIPITACIONES (1)

C. E. Oyarzún; A. W. Huber; S. G. Vásquez

SUMMARY

The redistribution of incident precipitation into throughfall, stemflow and interception has been investigated in three plantations of *Pinus radiata* D. DON: 26-year-old (density: 733 stems/ha), 9-year old with conventional management (density: 1392 stems/ha) an 9-year-old tree-farming management (density: 443 stems/ha), near Valdivia (X Región, Chile).

Precipitación reaching the soil (throughfall plus stemflow) in the 26 year old conventional and tree-farming plantations represented 86%, 82% and 92% of the incident precipitation. Interception loss was estimated to 14%, 18% and 9% respectively, and a direct relationship between the canopy covering and the interception was found. During winter, when throughfall and stemflow increase, the absolute amounts of interception increased whereas the relative amounts decreased in the three forests.

Canopy storage capacity was estimated in 1.1 mm for the tree-farming forest, 1.3 mm for the conventional forest and 2.2 mm for the 26 - years - old forest. Required precipitation to initiate stemflow was determined to be 0.8, 1.2 and 5.2 mm in the tree-farming, conventional and adult forest, respectively.

When the density of the plantations increased, the stemflow percentages increased with respect to incident precipitation and the absolute amounts of stemflow by individual trees decreased. The amount of stemflow for individual trees was positively correlated with the magnitude area of tree crowns.

RESUMEN

Se estudió la redistribución de la precipitación incidente en precipitación directa, escurrimiento fustal e intercepción en tres plantaciones de *Pinus radiata* D. DON: de 26 años (densidad: 733 arb/ha), de 9 años con manejo tradicional (densidad: 1392 arb/ha) y de 9 años con manejo silvopastoral (densidad: 443 arb/ha), en la zona de Valdivia (X Región, Chile).

La precipitación que alcanzó el suelo (precipitación directa más escurrimiento fustal) en las plantaciones adultos, tradicional y silvopastoreo representó el 86%, 82% y 92% de la precipitación incidente. Las pérdidas por intercepción se estimaron en 14%, 18% y 9%, respectivamente, encontrándose una relación directa entre la cobertura del dosel y la intercepción. Durante el período de invierno, cuando la precipitación directa y el escu-

(1) 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.

rrimiento fustal se incrementaron, los montos absolutos de intercepción aumentaron y los relativos decrecieron en los tres rodales.

La cantidad de agua necesaria para saturar el dosel fue estimado en 1,1 mm para el rodal silvopastoreo, 1,3 mm para el tradicional y 2,2 mm para el rodal de 26 años. La precipitación requerida para iniciar el escurrimiento fustal fue determinada en 0,8, 1,2 y 5,2 mm en los bosques silvopastoreo, tradicional y adulto, respectivamente.

Se comprobó que a medida que aumentaba la densidad de las plantaciones, aumentaron los porcentajes de escurrimiento fustal con respecto a la precipitación incidente y decrecieron los montos absolutos de escurrimiento fustal por árbol. Las cantidades de escurrimiento fustal por árbol están directamente relacionados con la magnitud del área de copa.

INTRODUCCION

De la precipitación total que ingresa a un ecosistema forestal una cantidad es retenida por las copas y troncos de los árboles (intercepción), y es reintegrada a la atmósfera por evaporación. Una parte del agua que llega al piso del bosque gotea de las hojas o pasa directamente a través del dosel para llegar al suelo (precipitación directa), mientras que la restante llega a través de los troncos (escurrimiento fustal). La cantidad total de agua que finalmente llega al suelo, escurre superficialmente o se infiltra en éste, determinando la cantidad de agua disponible para la cubierta vegetal o la que se integra al agua subterránea.

Se sabe que la redistribución de las precipitaciones en una cubierta boscosa está relacionada con las características de las lluvias, la estructura del dosel, la topografía, las características climáticas y

con el manejo del bosque (Mitscherlich 1971). La importancia de las características estructurales de la cubierta vegetal sobre la redistribución de las precipitaciones, con el fin de conocer las consecuencias del manejo de los bosques sobre el ciclo hidrológico, han sido materia de numerosas investigaciones (Stout, Mc Mahon 1961; Schmaltz 1969; Brechtel, Pavlov 1977; Ford, Deans 1978; Aussenac, Boulangeat 1980; Forgeard *et al.* 1980; Lockwood, Sellers 1982; Mahendrappa, Kingston 1982; Price 1982).

Según Ford y Deans (1978), las pérdidas por intercepción en bosques con doses cerrados son más altas que para superficies herbáceas, lo que indicaría que las cantidades de precipitación que alcanzan el suelo decrecen a medida que el dosel es más denso. En estudios realizados en *Pinus sylvestris* de 16 años de edad, Rutter (1963) ha calculado en 32 % la intercepción, mientras que Forgeard *et al.* (1980) obtuvieron un 50 % en plantaciones de 20 años y Brechtel (1962) la determinó entre 22 % y 26 % en bosques de 120 años. Delfs (1950), en *Picea abies* encontró que la intercepción se incrementa desde 11 % a 36 % cuando la edad de los bosques aumenta. Por otro lado, Forgeard *et al.* (1980) determinaron en diferentes bosques, que los porcentajes de intercepción aumentan a medida que se incrementa el área basal. Sin embargo, Aussenac y Boulangeat (1980) no encontraron diferencias de intercepción en bosques *Pseudotsuga menziesii*, considerando de diversas densidades y áreas basales.

El escurrimiento fustal, determinado como porcentaje de las precipitaciones incidentes, generalmente se ha considerado de poca importancia (Price 1982) porque habitualmente fluctúa entre 0% y 5% (Mitscherlich *et al.* 1966; Forgeard *et al.* 1980); sin embargo, si el escurrimiento fustal es considerado como una aplicación concentrada de agua al suelo alrededor de

los troncos, es significativo (Price 1982), debido a que puede constituir un mecanismo de autoabastecimiento de agua para el árbol. Mitscherlich *et al.* (1966) encontraron en *Pseudotsuga menziesii* que el escurrimiento fustal aumenta desde un 5,6% en bosques fuertemente raleados hasta 8,7% en aquellos débilmente raleados, con respecto a las precipitaciones de campo abierto; mientras que Aussenac y Boulangeat (1980) establecieron para esta misma especie, que los montos de escurrimiento fustal por árbol disminuyen a medida que la densidad del bosque se incrementa. Por otro lado, Brechtel y Pavlov (1977) determinaron en diversos tipos de bosques, que los montos de escurrimiento fustal en general decrecen a medida que el bosque envejece.

El conocimiento de la influencia de las especies de crecimiento rápido, particularmente las coníferas, sobre el balance hídrico es importante para la evaluación del uso del suelo y manejo de los recursos de agua (Price 1982). A pesar de que en Chile se han reforestado extensas áreas (1 millón de ha.) con *Pinus radiata*, es muy poco lo que se conoce con respecto a la influencia que puede producir esta especie sobre el balance hídrico. Los objetivos del presente trabajo son investigar la influencia que ejercen, la estructura del bosque y las características de las precipitaciones sobre la intercepción, precipitación direc-

ta y escurrimiento fustal en tres tipos de plantaciones de *Pinus radiata*.

MATERIAL Y METODO

Area de estudio

La investigación se realizó en el fundo Huape Tres Esteros, distante 20 km al norte de la ciudad de Valdivia (Lat. 39° 48'S, Long. 73° 14'W). En este lugar, donde existen plantaciones de *Pinus radiata* de diversas edades, se eligieron tres superficies con diferente manejo y estructura, cuyas características se detallan en el Cuadro 1. La zona posee un clima templado-lluvioso con influencia mediterránea (Fuenzalida 1971) con temperatura promedio anual de 12,0°C y una precipitación anual cercana a los 2.000 mm.

Métodos de medición

La intercepción de las precipitaciones fue determinada a partir de la relación:

$$I = P - (Pd + PF)$$

donde: I = intercepción; P = precipitación en campo abierto; Pd = precipitación directa y Pf = escurrimiento fustal.

Cuadro 1.- Características generales de las plantaciones de *Pinus radiata*
General characteristics of Pinus radiata forests.

Planta- ción	Edad (años)	Altura (m)	Cobertura (%)	Densidad (arb/ha)	DAP (cm)	Area basal (m ² /ha)	Area prom. de copa (m ²)
26 años	26	32	72	733	32	57,1	10,2
Tradi- cional	9	11	80	1392	14	19,8	7,1
Silvo- pastoreo	9	11	37-65(*)	443	17	10,5	22,5

(*) Cobertura al inicio y término del ensayo.

Las precipitaciones se registraron con un pluviógrafo (Wilh. Lambrecht KG) instalado en una pradera, situada en las proximidades de los rodales en estudio.

Las precipitaciones que llegaron directamente al suelo fueron recogidas por cañaleras metálicas en forma de V, de 14 cm de ancho y 30 m de largo (superficie promedio de recolección = 4,20 m²), instaladas a 0,80 m sobre el suelo y que desembocan en registradores de nivel de agua. Este método permite una mejor integración de las fluctuaciones espaciales de las precipitaciones, resultantes de la heterogeneidad de la cubierta vegetal (Rapp, Ibrahim 1978).

El agua de escurrimiento fustal fue recogida mediante collares plásticos ajustados en espiral alrededor de los troncos, según lo diseñado por Ford y Deans (1978). La precipitación recogida de esta manera, en 9 árboles por cada plantación, fue conducida mediante tubos de PVC de 38 mm de diámetro, que desembocaban en sus respectivos registradores de nivel de agua.

Para analizar estadísticamente las relaciones entre la precipitación directa, escurrimiento fustal e interceptación con las características de las precipitaciones se consideraron solamente las precipitaciones continuas, y que a su vez, estuvieron precedidas por un lapso de tiempo lo suficientemente largo como para asegurar que el agua de la precipitación anterior interceptada por el dosel, hubiera tenido el tiempo suficiente para evaporar completamente.

Mayores detalles del área de estudio y de la metodología utilizada se encuentran en Huber y Oyarzún (1983, 1984). El período de mediciones se extendió entre julio de 1982 y marzo de 1984.

RESULTADOS Y DISCUSION

a) Precipitación directa

La precipitación directa en los rodales adulto y silvopastoreo alcanzó valores de 74% y 80%, respectivamente, con respecto a la precipitación incidente, durante el período de mediciones; mientras que en el rodal tradicional representó sólo el 61% (Cuadro 2). Estos diferentes porcentajes de precipitación directa se deben probablemente a las diferentes coberturas de copas (Cuadro 1) que están en relación inversa a la cantidad de agua que llega al suelo.

La precipitación directa, en general, presenta en su curso anual una tendencia similar a la precipitación incidente. Alcanza los valores absolutos más altos durante los meses de invierno, superando el 80% de la precipitación incidente. Los montos absolutos más bajos se encuentran en los períodos de baja precipitación en verano, donde gran parte de las lluvias incidentes son interceptadas debido a las características de las precipitaciones y de las condiciones meteorológicas reinantes que favorecen la evaporación. A consecuencia de ello, la precipitación directa mensual alcanzó valores inferiores al 50% en febrero de 1983 (Cuadro 2).

Valores de precipitación neta (precipitación directa más escurrimiento fustal) superiores al 100%, fueron obtenidos durante los meses de julio, agosto y septiembre de 1983 en el rodal silvopastoreo, lo cual puede ser atribuido a la localización de los receptores de agua bajo posibles posiciones de goteo concentrado de las ramas u hojas (Prebble, Stirk 1980).

Cuadro 2.- Precipitación (P), precipitación directa (Pd), escurrimiento fustal (Pf), intercepción (I) y escurrimiento fustal por árbol en litros (E) en un bosque adultos (A), joven con manejo tradicional (T) y joven destinado a silvopastoreo (S).

Rainfall (P), throughfall (Pd), stemflow (Pf), interception (I) and stemflow by individual trees (E) in Pinus radiata forests: 26-year-old (A), 9-year-old with conventional management (T) and 9-year-old tree-farming management (S).

	P(mm)	Pd(mm)			Pf(mm)				J(mm)		E(l)		
		A	T	S	A	T	S	A	T	S	A	T	S
Julio (mm) 1982 (°/o)	428,1	346,5	264,8	332,9	59,1	111,6	56,8	22,5	51,7	38,4	806	797	1282
Agosto	342,0	251,2	189,9	267,0	45,9	81,1	41,8	44,9	71,0	33,2	626	579	944
Septiembre	179,9	124,7	103,9	144,2	19,2	41,5	15,3	36,0	34,5	20,4	262	296	345
Octubre	188,0	132,4	112,0	149,8	17,6	43,8	16,5	38,0	32,2	21,7	240	312	372
Noviembre	71,3	54,1	40,0	48,9	2,5	12,3	5,7	14,7	19,0	16,7	34	87	129
Diciembre	17,5	11,9	9,7	12,4	1,8	3,3	1,2	3,8	4,5	3,9	25	24	27
Enero 1983	94,2	69,9	55,0	67,5	8,0	17,6	6,6	16,3	21,6	20,1	109	125	149
Febrero	4,1	1,5	1,8	2,3	0,0	0,0	0,0	2,6	2,3	1,8	0	0	0
Marzo	84,9	61,9	54,3	60,7	7,9	15,1	10,4	15,1	15,5	13,8	108	107	235
Abril	166,5	124,1	104,1	130,5	17,7	35,3	17,2	24,7	27,1	18,8	241	252	388
Mayo	164,0	126,7	104,2	126,6	16,9	33,1	18,3	20,4	26,7	19,1	230	236	413
Junio	310,0	250,7	187,6	239,5	49,1	60,3	37,6	10,2	62,1	32,9	670	430	848
Julio	241,9	175,0	154,1	220,5	35,4	51,6	42,0	31,5	36,2	—	483	367	948
Agosto	194,3	143,7	124,2	175,0	19,9	29,4	28,8	30,7	40,7	—	271	209	650
Septiembre	239,1	186,9	154,3	204,5	33,0	43,3	36,2	19,2	41,5	—	450	308	817
Octubre	88,0	57,7	56,0	66,4	10,5	17,2	13,2	19,8	14,8	8,4	143	122	298
Noviembre	20,5	15,4	15,3	18,2	1,3	2,6	1,2	3,8	2,6	1,1	18	18	27
Diciembre	20,2	15,7	13,4	17,2	2,3	2,6	1,9	2,2	4,2	1,1	31	18	43
Enero 1984	48,1	31,0	27,2	37,5	1,7	3,5	3,4	15,4	17,4	7,2	23	25	77
Febrero	87,2	53,2	49,5	67,5	6,2	9,8	8,5	27,8	27,9	11,2	85	70	192
Marzo	42,0	22,1	24,8	29,1	2,4	5,6	4,2	17,5	11,6	8,7	33	40	95
TOTAL	3031,8	2256,3	1846,1	2418,2	358,4	620,6	366,8	417,1	565,1	278,5	4888	4422	8279
		74	61	80	12	21	12	14	18	9			

Este efecto sobreestima los montos de precipitación directa y se puede ver incrementado con lluvias intensas y acompañadas por fuertes vientos.

En la Fig. 1 están representadas las relaciones entre la precipitación directa y la

duración e intensidad de las precipitaciones incidentes. En general, la precipitación directa en los tres rodales comienza con el inicio de las lluvias debido a que la cobertura de los doseles no son totales y, por lo tanto, una parte de las precipitaciones

nes llega en forma inmediata al suelo. Cuando las copas comienzan a saturarse aumenta progresivamente el porcentaje de precipitación que llega al suelo, haciéndose esta relación más marcada cuando las lluvias son de mayor intensidad. Con intensidades superior a 1 mm/h y de larga duración (> 15 h), en los bosques de 26 años, silvopastoreo y tradicional, la precipitación directa se estabiliza entre el 60%

y el 80% de la precipitación incidente (Fig. IB, C, D). La excepción se produce en el bosque adulto con lluvias de intensidad mayor a 3,1 mm/h; el gran desarrollo vertical de sus copas, genera condiciones meteorológicas que disminuyen considerablemente la evaporación, lo que reduce casi totalmente las pérdidas de agua por interceptación (Fig. 3D).

En el rodal silvopastoreo, debido a la

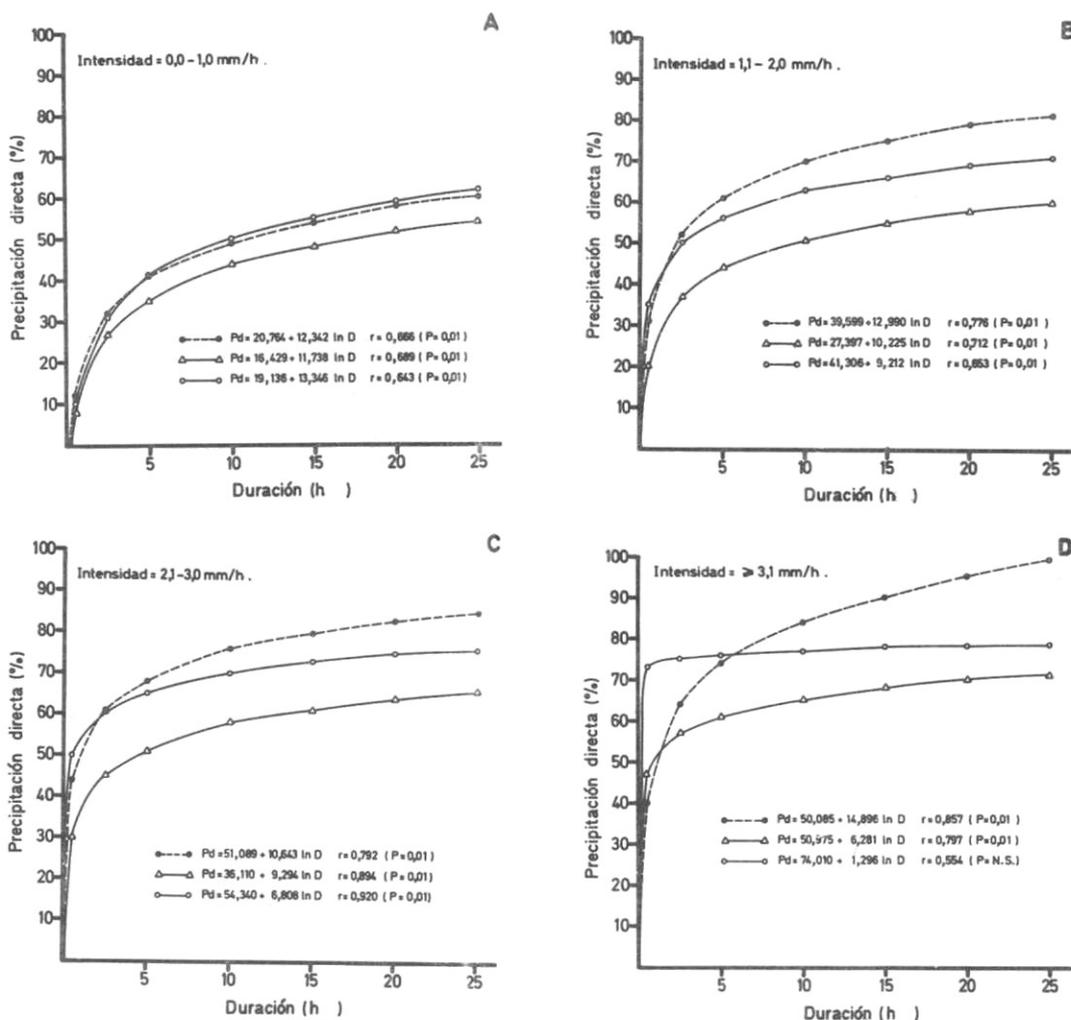


FIG. 1 : Relaciones entre precipitación directa y duración de las precipitaciones, para diferentes rangos de intensidad (A, B, C, D) de las lluvias, en plantaciones de *Pinus radiata* adulto (●—●), tradicional (△—△) y silvopastoreo (○—○).

Relationships between throughfall and rainfall duration, fir different categories of rainfall intensity (A, B, C, D) in plantaciones of Pinus radiata adult (●—●), conventional (△—△) and tree-farming management (○—○).

menor altura de los árboles y a su mayor espaciamento, la acción del viento se hace más importante provocando condiciones que facilitan la evaporación. Esta situación tiene también especial relevancia en el bosque tradicional por el volumen de sus copas, las que pueden retener gran cantidad de agua que está potencialmente disponible para evaporar. De acuerdo con lo anteriormente mencionado, en precipitaciones con intensidad superior a 1 mm/h y duración mayor de 5 h, la mayor cantidad de precipitación directa llega en el bosque adulto y la menor en el tradicional.

Las ecuaciones de regresión de la Fig. 1, en general, todas son estadísticamente significativas ($P = 0,01$), con la excepción del rodal silvopastoreo cuando la intensidad de las precipitaciones es mayor a 3,1 mm/h (Fig. ID). Esto probablemente se deba a que estas lluvias van acompañadas por vientos de muy diversa intensidad y dirección. El mayor espaciamento de los árboles permite que las precipitaciones puedan incidir sobre los fustes con ángulos más perpendiculares cuando existen vientos fuertes, aumentando con ello el escurrimiento fustal en desmedro de la precipitación directa.

b) Escurrimiento fustal

Las cantidades de agua que llegan al suelo a través del escurrimiento fustal en los tres rodales, siguen la misma tendencia que el curso de las precipitaciones, alcanzando por lo tanto sus valores máximos durante los meses de invierno y los montos mínimos durante el verano (Cuadro 2)

El escurrimiento fustal en el bosque de 26 años y silvopastoreo alcanzó valores muy similares (12%), con respecto a la precipitación incidente. Esta similitud entre ambos valores, a pesar de la gran diferencia entre los aportes de agua por árbol

(4.888 y 8.279 litros, respectivamente), es consecuencia de la densidad de los bosques. Las diferentes cantidades de agua que alcanzaron el suelo por escurrimiento fustal por árbol, se deben principalmente al área de intercepción del corte transversal de las copas, que es mucho mayor en el rodal silvopastoreo que en el de 26 años (Cuadro 1). Resultados semejantes obtuvieron Ford y Deans (1978) al correlacionar positivamente la proyección del área de copas con el escurrimiento fustal por árbol en *Picea sitchensis*. Este aporte de agua, con una localización circunscrita alrededor del fuste, puede tener una especial importancia durante períodos de escasa precipitación, al constituir un mecanismo de autoabastecimiento de agua. Comparado con otros estudios de este tipo, el escurrimiento fustal en esta especie es alto, especialmente en los rodales jóvenes, como resultado de la disposición geométrica de las ramas y el tamaño de las copas.

Los mayores montos de escurrimiento fustal, con respecto a la precipitación incidente, se encuentran en el bosque tradicional (Cuadro 2), a pesar de que, por árbol, llega la menor cantidad de agua al suelo. Esto se debe al menor tamaño de las copas como consecuencia de la alta densidad de árboles. Por lo tanto, el alto porcentaje de escurrimiento fustal de esta plantación, es el resultado del mayor número de árboles por hectárea (Cuadro 1), comparado con los otros rodales. Relaciones similares entre densidad y escurrimiento fustal se encontraron en bosques *Pseudotsuga menziesii* (Mitscherlich *et al.* 1966; Aussenac, Boulangeat 1980).

En la Fig. 2 están representadas las ecuaciones que muestran la relación entre la duración e intensidad de las precipitaciones y los porcentajes de escurrimiento fustal. En general, con precipitaciones de baja densidad (0,0 - 1,0 mm/h) el escurrimiento fustal se inició aproximadamente

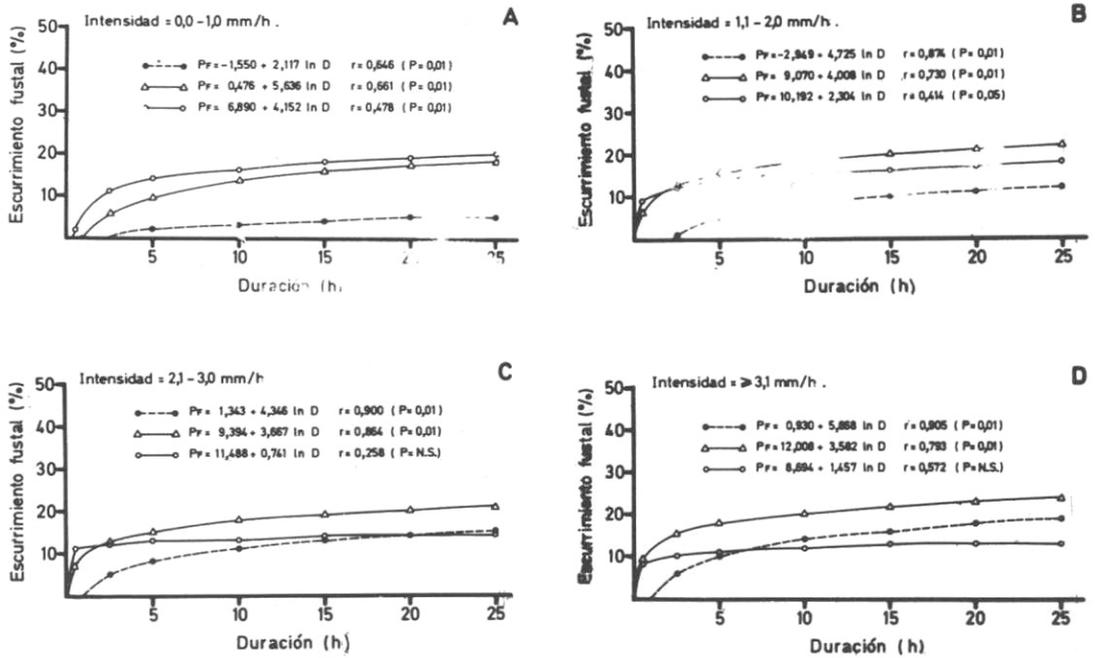


FIG 2 : Relaciones entre escurrimiento fustal y duración de las precipitaciones, para diferentes rangos de intensidad (A, B, C, D) de las lluvias, en plantaciones de *Pinus radiata* adulto (●—●), tradicional (△—△) y silvopastoreo(○—○).

Relationships between stemflow and rainfall duration, for different categories of rainfall of Pinus radiata adult (●—●), conventional (△—△), and tree-farming management (○—○).

entre 1 y 2,5 h después de iniciada la lluvia, en los rodales de 9 años y de 26 años, respectivamente. Con intensidades superiores a 1 mm/h, en los rodales de 9 años el inicio del escurrimiento fustal se produce casi simultáneamente con la precipitación, en el rodal de 26 años, en cambio, existe un desfase de 1 a 2 horas.

El tiempo de inicio del escurrimiento fustal de los árboles del rodal silvopastoreo, tradicional y de 26 años, puede ser atribuido a las características de sus cortezas. En los primeros dos, los árboles de 9 años tienen una corteza lisa y delgada que se impregna rápidamente, mientras que los del bosque de 26 años poseen una corteza gruesa, irregular y absorbente. Estas características también

determinan la cantidad de precipitación necesaria para iniciar el escurrimiento fustal que, en promedio, fue estimada en 5,2 mm para el rodal de 26 años; mientras que en los rodales tradicional y silvopastoreo es de 1,3 y 0,8 mm, respectivamente.

Con precipitaciones de intensidad inferior a 1 mm/h y duración mayor a 5 horas, los porcentajes de escurrimiento fustal en el rodal adulto están muy por debajo que el de los rodales de 9 años, seguramente porque la mayor parte del agua que converge al tronco es absorbida por la corteza y queda expuesta a la evaporación. Cuando la intensidad y duración de las precipitaciones aumenta, el escurrimiento fustal se incrementa considerablemente, debido probablemente a que

estas lluvias originan condiciones poco propicias para la evaporación dentro del bosque adulto.

c) Intercepción

El curso anual de los montos relativos de la intercepción es inversamente proporcional a las cantidades de precipitación incidente, ocurriendo los valores mínimos durante los meses de invierno mientras que los máximos se registran en verano (Cuadro 2). La intercepción representó el 9%, 14% y 18% de la precipitación incidente en los rodales silvopastoreo, de 26 años y tradicional. Estos diferentes valores se encuentran estrechamente relacionados con las diversas coberturas de copas, pudiendo establecerse una relación directa con este parámetro (Cuadro 1). Las diferencias de intercepción también han sido explicadas por las diferentes capacidades de saturación del dosel (Aussenac, Boulangeat 1980).

En este trabajo se determinó la capacidad de saturación de la cubierta analizando las precipitaciones nocturnas, continuas (> 5 mm) y de corta duración (menor a 5 h), en las cuales las pérdidas por evaporación son mínimas durante la lluvia (Rutter 1963). Los valores estimados de capacidad de saturación resultaron ser de $2,2 \pm 0,9$ mm en el bosque adulto, $1,3 \pm 0,5$ mm en el tradicional y $1,1 \pm 0,1$ en el silvopastoreo.

En la Fig. 3 está representadas las ecuaciones que muestran las relaciones entre intercepción y duración e intensidad de las precipitaciones. En general, la intercepción disminuye con el incremento de la intensidad y duración de las lluvias, porque a medida que aumenta la duración, las copas se saturan con agua lo que hace aumentar la precipitación directa y con ello disminuir la intercepción.

En general se pudieron establecer buenas

correlaciones entre la intercepción y la duración e intensidad de las precipitaciones en las tres plantaciones de *Pinus radiata*. Relaciones significativas han sido encontradas por Jackson (1975) y Schulze *et al.* (1978) en otros tipos de bosques, pero no así por Prebble y Stirk (1980) en *Eucalyptus melanophloia* que lo atribuyen a la ausencia de una forma característica del dosel y al gran distanciamiento entre los árboles.

En las precipitaciones poco intensas (< 1 mm/h), la intercepción en los tres rodales es siempre más alta que en los otros rangos de intensidad debido a que el agua aportada por estas lluvias tiene un mayor tiempo potencial de evaporación. Con precipitaciones de intensidad inferior a 3 mm/h, la intercepción en el rodal silvopastoreo siempre es inferior a la del tradicional seguramente debido a la menor cobertura de copas y a la diferente capacidad de saturación de la cubierta.

Con precipitaciones de intensidad superior a 2 mm/h se destacan las curvas que representan el bosque de 26 años, donde la intercepción se hace considerablemente menor. Tal como ya se ha mencionado, esto podría ser atribuido a que estas lluvias producen condiciones meteorológicas dentro del bosque que no permiten la evaporación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la cantidad de agua que alcanzó la superficie del suelo en las plantaciones de *Pinus radiata* depende de la densidad del bosque, cobertura de copas e intensidad de las precipitaciones.

La precipitación directa es el mecanismo más importante en el abastecimiento de agua al suelo, especialmente en los rodales de 26 años y silvopastoreo que poseen una menor cobertura de copas y me-

ñor densidad de árboles. Sus aportes constituyeron el 74% y 80% de la precipitación incidente, respectivamente. En el rodal tradicional, que posee la mayor cobertura y densidad, los aportes de precipitación directa alcanzaron el 61%.

En el rodal tradicional con mayor densidad, el escurrimiento fustal representó el

21%; mientras que en los rodales de 26 años y silvopastoreo, este valor representa solamente el 12% de la precipitación incidente. Los aportes de agua al suelo por escurrimiento fustal, con respecto a la precipitación incidente, están determinados tanto por el escurrimiento por árbol como por la densidad de árboles.

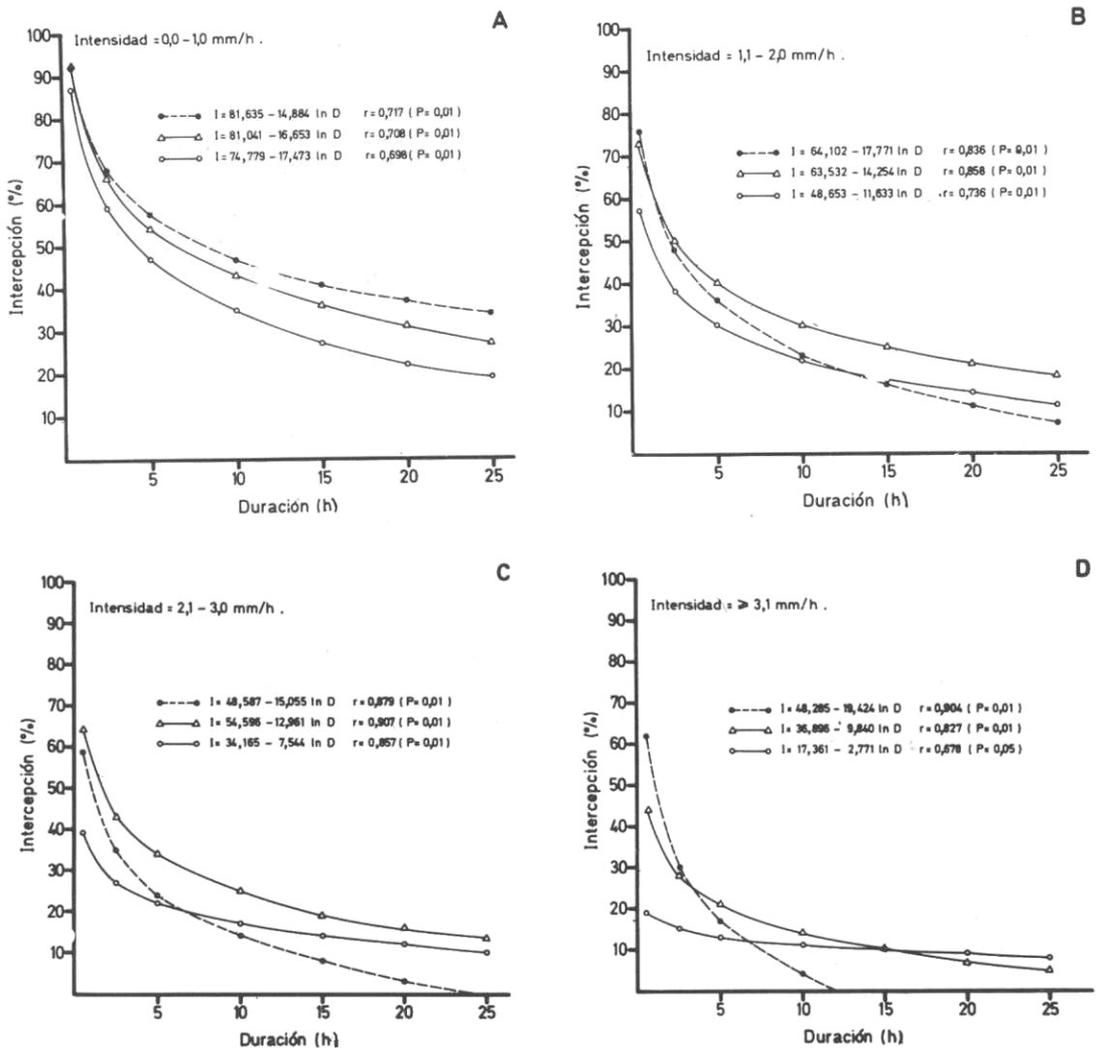


FIG. 3 : Relaciones entre intercepción y duración de las precipitaciones, para diferentes rangos de intensidad (A, B, C, D) de las lluvias, en plantaciones de *Pinus radiata* adulto (●—●), tradicional (△—△) y silvopastoreo (○—○).

*Relationships between interception and rainfall duration, for different categories of rainfall intensity (A, B, C, D) in plantaciones of *Pinus radiata* adult (●—●), conventional (△—△), and tree-farming management (○—○).*

Los aportes de escurrimiento fustal por árbol dependen principalmente, en estos tipos de bosque, de la magnitud del área de copas. En el rodal silvopastoreo, como consecuencia de la baja densidad de los árboles, éstos experimentaron un gran desarrollo de sus copas, y el escurrimiento fustal por árbol alcanzó los valores mayores (8.279 litros/árbol), durante el período de estudio. En los rodales de 26 años y el tradicional con menor área de copas, el escurrimiento fustal alcanzó a 4.888 y 4.422 litros por árbol, respectivamente.

Las pérdidas de agua por intercepción están reguladas por la cobertura de copas, características de los fustes, intensidad de

las precipitaciones y condiciones meteorológicas que las acompañan. Así, en el bosque tradicional, con mayor densidad y cobertura de copas, la intercepción representó el 18%. El rodal silvopastoreo, con menor densidad y cobertura de copas, alcanzó una intercepción de solo 9%.

Considerando la influencia que tiene, principalmente la densidad del bosque, sobre los diversos componentes de la redistribución de las precipitaciones, es necesario considerar este factor. Particularmente en el raleo y poda de las plantaciones, especialmente en aquellas ubicadas en lugares de escasa o heterogénea distribución pluviométrica anual.

REFERENCIAS

- AUSSENAC, G.; BOULANGEAT, C. 1980. Interception des précipitations et évapotranspiration réelle dans des peuplements de feuill (*Fagus sylvatica* L.) et de résineux (*Pseudotsuga menziesii* (mirb) Franco). Annales des Sciences forestières. 37 (2): 91-107.
- BRECHTEL, H. M. 1962. Methodische Beiträge zur Ökologie der Überschirmung und Auflichtung einschichtiger Waldbestände. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Bad. Württ. 14 p.
- 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 p.
- DELFS, J. 1958. Die Niederschlagszurückhaltung in Beständen (Interception). Aus dem Walde. 3: 76-107.
- FORD, E. D.; DEANS, J. D. 1978. The effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young Sitka spruce plantation. Journal of Applied Ecology. 15: 905-917.
- FORGEARD, F.; GLOAGUEN, J.; TOUFFET, J. 1980. Interception des précipitations et apport au sol d'éléments minéraux par les eaux de pluie et les pluviollessivats dans une hetairie atlantique et dans quelques peuplements résineux en Bretagne. Annales des Sciences forestières. 37(1): 53-71.
- FUENZALIDA, H. 1971. Climatología de Chile. Depto. Geofísica y Geodesia. Universidad de Chile. 66 p.
- HUBER, A.; OYARZUN, C. 1983. Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* D. DON. Bosque, 5(1): 13 - 20.
- HUBER, A.; OYARZUN, C. 1984. Factores reguladores de la intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* D. DON. Bosque, 5(2): 59-64.
- JACKSON, I. J. 1975. Relationship between rainfall parameters and interception by tropical forests. Journal of Hydrology. 24: 215-238.
- 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.
- MAHENDRAPPA, M. K; KINGSTON, D. G. 1982. Prediction of throughfall quantities under different forest stands. Canadian Journal of Forest Research. 12(3): 474-481.
- MITSCHERLICH, G. 1971. Wissenschaft und Fortschritt, aufgezeigt am Beispiel: Wald und Wasser. Allgemeine Forst und Jagdzeitung 142(10): 237-246.
- MITSCHERLICH, G.; MOLL, W.; KUNSTLE, E.; MAURER, P. 1966. Ertrags kundlich-ökologische Untersuchungen im Rein-und Mischbestand. IV: Niederschlag, Stammablauf und Bodenfeuch-

- tigkeit. Allgemeine Forst und Jagdzeitung. 137(1): 1-13.
- PREBBLE, R. E.; STIRK, G. B. 1980. Throughfall and stemflow on silverleaf ironbark (*Eucalyptus melanophloia*) trees. Australian Journal of Ecology. 5: 419-427.
- PRICE, N. W. 1982. A comparison of water balance components in natural and plantation forest in El Salvador, Central America. Turrialba. 32(4): 399-416.
- RAPP, M.; IBRAHIM, M. 1978. Egouttement, écoulement et interception des précipitations par un peuplement de *Pinus pinea* L. Oecologia Plantarum. 13(4): 321-330.
- RUTTER, A. J. 1963. Studies in the water relations of *Pinus sylvestris* in plantation conditions. I. Measurements of rainfall and interception. Journal of Ecology. 51: 191-203.
- SCHMALTZ, J. 1969. Die Bedeutung des Waldes für den Wasserkreislauf. Forstarchiv. 40(7/8): 132-147.
- SCHULZE, R. E.; SCOTT-SHAW, C. R.; NANNI, U. W. 1978. Interception by *Pinus patula* in relation to rainfall parameters. Journal of Hydrology. 36: 393-396.
- STOUT, B.; MCMAHON, R. 1961. Throughfall variation under tree crowns. Journal of Geophysical Research. 66(6): 1839-1843.

(Recibido 25 de mayo 1984)

Los autores

- OYARZUN, CARLOS E. Lic. en Ciencias. Instituto de Geociencias. Universidad Austral de Chile. Casilla 567. Valdivia, Chile.
- HUBER, ANTON W. Dr. rer. silv. Instituto de Geociencias. Universidad Austral de Chile. Casilla 567. Valdivia, Chile.
- VASQUEZ, SERGIO G. Ingeniero Forestal.