

C.D.O.: 116.11

FACTORES REGULADORES DE LA INTERCEPCION EN UN BOSQUE ADULTO
DE *Pinus radiata* (D. DON.)*

A. Huber J. y C. Oyarzún O.

SUMMARY

RESUMEN

The influence that the intensity and duration of precipitations, wind speed and deficit of the saturation of the air have upon the interception of precipitations was studied in an adult forest of ***Pinus radiata***, near Valdivia (Lat. 39°48'S, Long. 73°14'W).

The amount of water necessary to saturate the crowns of the trees showed variations between 0.6 and 1.5 mm, depending this value on the intensity of precipitations. With rains of intensity under 1.0 mm/hr, the interception gradually reached its highest values, decreasing largely with the increase of the duration and intensity of precipitations.

Wind speed was the only meteorological parameter considered which had a significant influence upon the interception. With high speeds of the wind, the percentages of interception decreased considerably. Deficit of saturation of the air could not explain the magnitudes of interception, due to its values generally low during the precipitations, independently of their intensity or duration.

Se estudió la influencia que tiene la intensidad y duración de las precipitaciones, la velocidad del viento y el déficit de saturación del aire sobre la intercepción de las precipitaciones en un bosque de ***Pinus radiata***, en las cercanías de la ciudad de Valdivia (Lat. 39°48'S, Long. 73°14'O).

La cantidad de agua necesaria para saturar las copas de los árboles presentó variaciones entre 0,6 y 1,5 mm, dependiendo este valor de la intensidad de las precipitaciones. Con lluvias de intensidad inferior a 1.0 mm/hr, la intercepción porcentualmente alcanzó sus valores más altos, disminuyendo considerablemente con el aumento de la duración e intensidad de las precipitaciones.

La velocidad del viento tuvo una influencia significativa sobre la intercepción. Con velocidades altas de viento la intercepción se redujo considerablemente. El déficit de saturación del aire no pudo explicar las magnitudes de intercepción debido a que sus valores generalmente eran muy pequeños durante las precipitaciones, independientemente de la intensidad o duración de éstas.

* Proyecto RS-80-18, financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Austral de Chile.

INTRODUCCION

La redistribución de las precipitaciones resultado de la intercepción de una cubierta boscosa, es un antecedente necesario para estudiar el balance hídrico (Prebble y Stirk, 1980). Las pérdidas de agua por evaporación, debido a la intercepción producida por las copas y troncos de los árboles, son de primordial importancia para cuantificar y predecir las consecuencias de los cambios en la cubierta vegetal sobre el balance hídrico (Gash et al, 1980; Pearce y Rowe, 1981), ya que el proceso de intercepción puede reducir considerablemente la cantidad de agua por precipitación que alcanza la superficie del suelo (Rothacher, 1963).

En general, los valores que se encuentran en la literatura y que cuantifican la intercepción de algunos tipos de bosques (Leonard, 1961; Zinke, 1967; Forgeard et al, 1980) sólo expresan la relación que existe entre la cantidad total de agua retenida por las copas y troncos de los árboles y las precipitaciones durante un tiempo determinado, por lo tanto, estos valores son solamente un promedio obtenidos a partir de una serie de eventos individuales, desconocidos como tales, y que pueden variar considerablemente entre sí (Heuvel-dop, 1972; Jackson, 1975; Gash, 1979). Por lo tanto, es necesario no solamente relacionar la intercepción con las características de la vegetación, sino considerar también variables como la intensidad y duración de las precipitaciones y las condiciones meteorológicas que intervienen en el proceso de intercepción (Schmaltz, 1969; Schulze et al, 1978).

En el presente estudio se analizará la incidencia que tienen algunos parámetros como aporte, duración e intensidad de las precipitaciones y factores meteorológicos como déficit de saturación y velocidad del viento sobre los montos de intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata*.

MATERIAL Y METODO

Area de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en un bosque adulto y manejado de *Pinus radiata*, ubicado en el fundo Huape Tres Esteros distante 20 km al norte de la ciudad de Valdivia (Lat. 39°48'S, Long. 73°14'0). Características generales del bosque en estudio han sido previamente descritas por Huber y Oyarzún (1982).

Métodos

La cantidad de agua interceptada por las copas y troncos de los árboles fue determinada a partir de la relación:

$I = P - (Pd + Pf)$ donde I = intercepción; P = precipitación; Pd = precipitación directa (agua que llega al suelo atravesando el dosel del bosque) y Pf = escurrimiento fustal (agua que llega al suelo utilizando el fuste).

La precipitación que llegó al bosque fue registrada con un pluviómetro (Wilh. Lambrecht KG), ubicado a campo abierto a 500 m del lugar de trabajo. En el rodal se instaló una canaleta metálica en forma de V de 13 cm de ancho y aproximadamente 30 m de largo (superficie de recolección = 4.05 m²) que recogía y conducía la precipitación directa (Pd) a un recipiente con un registrador de nivel. El agua que llegaba al suelo por escurrimiento fustal (Pf) fue recogida en 11 árboles mediante collares plásticos ajustados en espiral alrededor de los troncos, según el procedimiento de Ford y Deans (1978). El agua recogida fue transportada en un tubo de PVC a un recipiente con registrador de nivel.

La temperatura y humedad relativa del aire fueron obtenidas con higrómetrografo (Belfort) instalado en una caseta meteorológica, ubicada dentro del bosque y a 2 m sobre el nivel del suelo. El déficit de saturación del aire fue calculado según la ecuación de Magnus (en Eils, 1972). La velocidad del viento fue obtenida con un ane-

mógrafo (Wilh. Lambrecht), situado a campo abierto relativamente cerca del bosque.

En el presente estudio sólo se consideraron para el análisis, precipitaciones continuas, es decir, precipitaciones que tuvieron durante toda su duración una intensidad bastante pareja y, que a su vez, estuvieron precedidas por un lapso de tiempo lo suficientemente largo para asegurar que el agua interceptada por las copas de los árboles de la precipitación anterior haya tenido el tiempo suficiente para evaporar completamente. Fue necesario adoptar esta selección para evitar complicaciones metodológicas que podían aparecer cuando había que diferenciar la cantidad de agua ocupada en saturar las copas de cada una de las precipitaciones, especialmente cuando éstas se sucedían con sólo breves interrupciones. La inclusión en el análisis de lluvias intermitentes, introduce complicaciones debido a que se desconoce la cantidad de agua interceptada que se ha evaporado durante los períodos interlluviosos (Prebble y Stirk, 1980).

Basados en antecedentes existente sobre la cantidad de agua necesaria para saturar las copas de algunas coníferas (Delfs, 1955) y considerando las características que poseen los árboles de **Pinus radiata** adulto, se acordó fijar el tiempo mínimo de interrupción que debía preceder una precipitación continua para que fuera incluida en el análisis, en aproximadamente 18 horas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Fig. 1 y Cuadro 1, está presentada la influencia que tiene la cantidad e intensidad de las precipitaciones en los montos de agua interceptada por el rodal de **Pinus radiata** en estudio. Con precipitaciones inferiores a 2 mm, independientemente de su intensidad, prácticamente toda la lluvia es retenida por las copas de los árbo-

les hasta que se saturan con agua. La cantidad de precipitación para ello depende principalmente del tipo y estructura del bosque y, por lo tanto, puede variar considerablemente de un bosque a otro. Una vez que las precipitaciones aumentan sus aportes y se han saturado las copas de los árboles, los montos de intercepción se diferencian según la intensidad de cada lluvia (Fig. 1), existiendo una correlación

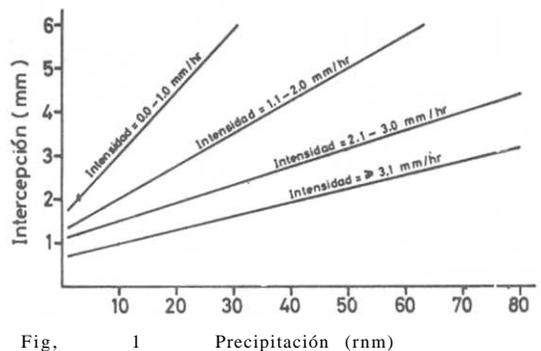


Fig. 1. Relaciones entre la intercepción y la cantidad de precipitación para diferentes rangos de intensidad de las lluvias.

Relationship between interception and amount of precipitation for different categories of rainfall intensity.

significativa entre la cantidad e intensidad de las precipitaciones y la intercepción (Cuadro 1). También se puede observar que la cantidad de agua necesaria para saturar las copas y esto como consecuencia principalmente del tiempo necesario para lograrlo, es de 1.6; 1.3; 1.1 y 0.6 mm de lluvia para los rangos de intensidades entre 0.0-1.0; 1.1-2.0; 2.1-3.0 y mayores de 3.1 mm/hr, respectivamente.

Cuadro 1: Relaciones entre intercepción (I) y la cantidad de precipitación (P) para diferentes rangos de intensidad de la precipitación.

Relationship between interception (I) and amount of precipitation (P) for different categories of rainfall intensity.

| Intensidad (mm/hr) | Nº de lluvias consideradas | Ecuación I(mm) P(mm) | Coefficiente de correlación |
|--------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 0.0 - 1.0 | 35 | $I = 0.142P + 1.610$ | +0.809 |
| 1.1 - 2.0 | 24 | $I = 0.074P + 1.295$ | +0.811 |
| 2.1 - 3.0 | 15 | $I = 0.041P + 1.096$ | +0.873 |
| ≥ 3.1 | 6 | $I = 0.033P + 0.626$ | +0.869 |

La cantidad de agua interceptada por los árboles, a igual cantidad de precipitaciones, va decreciendo proporcionalmente a medida que aumenta la intensidad de las lluvias. Este efecto de la intensidad de lluvia sobre la intercepción se debe a que el agua de lluvia tiene un menor tiempo de permanencia en las copas y, por lo tanto, un menor tiempo potencial para evaporar. Además, en estos casos, la humedad relativa del aire generalmente es superior al 90 % lo que reduce aún más las posibles pérdidas por evaporación durante el tiempo de lluvia.

Las mayores intercepciones se registraron durante precipitaciones con intensidad de 0.0 - 1.0 mm/hr y, como era de esperar, sus montos aumentan a medida que se incrementa la cantidad de las precipitaciones (Fig.1). Las condiciones meteorológicas que acompañan a lluvias de baja intensidad, generalmente permiten todavía una pequeña evaporación de agua retenida por el follaje, aumentando con ello las pérdidas por intercepción.

En la Fig. 2 y Cuadro 2, se puede observar el efecto que ejerce la duración y la intensidad de las precipitaciones sobre los porcentajes de intercepción. Se trataron diversas formas de ecuaciones y se encontró que la forma semilogarítmica producía resultados más satisfactorios que una relación lineal, un hecho ya comprobado por otros investigadores (Schulze et al, 1978), debido a su mejor ajuste estadístico. En general, a medida que aumenta la duración y la intensidad de las precipitaciones disminuye porcentualmente la importancia de la intercepción. Con precipitaciones de intensidad entre 0.0 - 1.0 mm/hr y duración inferior a 2 horas, la intercepción de la lluvia retenida por las copas alcanza valores superiores al 80 %. A medida que la duración de las lluvias aumenta, comienzan a saturarse completamente los árboles y el porcentaje de agua retenida en relación a la cantidad de precipitaciones

va decreciendo, llegando a valores inferiores al 40 % cuando la duración supera las 15 horas (Fig. 2).

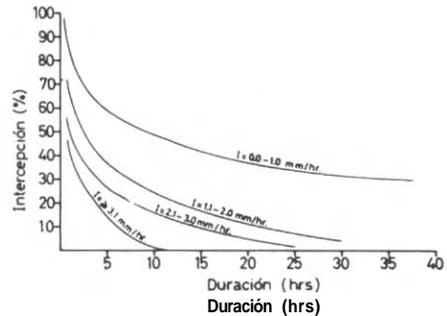


Fig. 2 Relaciones entre la intercepción y duración de las precipitaciones para diferentes rangos de intensidad de las lluvias.

Relationship between interception and rainfall duration for different categories of rainfall intensity.

La cantidad de precipitación interceptada, que es devuelta a la atmósfera por evaporación, tiene una mayor importancia en precipitaciones cortas y de baja intensidad que en las de mayor intensidad y duración. A consecuencia de ello, en general, el porcentaje intercepción en lluvias débiles y cortas es siempre alto (Fig. 2). Así, se puede estimar que con intensidades inferiores a 2.0 mm/hr, la intercepción tiene valores superiores al 70 % cuando las lluvias tienen una duración inferior a 1 hora (Fig. 2).

A medida que aumenta la intensidad y duración de las precipitaciones, los porcentajes de intercepción empiezan a decrecer. Esto se debe a que rápidamente se sa-

Cuadro 2: Relaciones entre intercepción (I) y duración (D) para diferentes rangos de intensidad de la precipitación.

Relationship between interception (I) and rainfall duration (D) for different categories of rainfall intensity.

| Intensidad (mm/hr) | Ecuación I(%) | D(hrs) | Coefficiente de correlación |
|--------------------|-----------------------------|--------|-----------------------------|
| 0.0 - 1.0 | $I = 84.912 - 15.579 \ln D$ | | -0.736 |
| 1.1 - 2.0 | $I = 66.347 - 18.469 \ln D$ | | -0.879 |
| 2.1 - 3.0 | $I = 51.630 - 15.647 \ln D$ | | -0.854 |
| > 3.1 | $I = 44.503 - 18.791 \ln D$ | | -0.882 |

turan las copas con agua y la mayor parte de las precipitaciones llega al suelo. Además, la cantidad de agua que es devuelta a la atmósfera por evaporación empieza a perder importancia cuando aumenta el agua aportada por las precipitaciones.

Cuadro 3: Relaciones entre intercepción (I) y la velocidad del viento (V) para diferentes rangos de intensidad de la precipitación.

Relationship between interception (I) and wind velocity (V) for different categories of rainfall intensity.

| Intensidad (mm/hr) | Ecuación | | Coeficiente de correlación |
|--------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|
| | I(%) | V(m/seg) | |
| 0.0 - 1.0 | $I = 56.650 - 13.115 \ln V$ | | -0.650 |
| 1.1 - 2.0 | $I = 29.102 - 9.626 \ln V$ | | -0.565 |
| 2.1 - 3.0 | $I = 11.871 - 2.693 \ln V$ | | -0.698 |
| ≥ 3.1 | $I = 6.885 - 1.524 \ln V$ | | -0.596 |

En las precipitaciones con intensidades mayores de 2.1 mm/hr y una duración superior a 10 horas, el porcentaje de intercepción se reduce considerablemente. Así, por ejemplo, se puede ver que con intensidades superiores a 3.1 mm/hr, la intercepción presenta valores inferiores al 10 % cuando las lluvias tienen una duración superior a 6 horas (Fig. 2). Parte de estas precipitaciones, que se caracterizan por estar constituidas por gotas de mayor tamaño, al estrellarse contra el follaje alcanzan el suelo aún antes que se saturen las copas de los árboles. Además, con este tipo de lluvias, el aire está siempre saturado con vapor de agua lo que disminuye considerablemente las posibilidades de evaporación y con ello también las de la intercepción.

El viento es uno de los factores meteorológicos que afecta a la intercepción. Sus relaciones con ella se presentan en la Fig. 3 y Cuadro 3. Para analizar estos parámetros se utilizó nuevamente la forma semi-logarítmica, en vez de una relación lineal, por su mejor ajuste estadístico. En general, se observa que un aumento de la ventilación disminuye los porcentajes de intercepción,

debido principalmente a que el viento sacude las copas de los árboles disminuyendo con ello la cantidad máxima de agua que pueden retener. La influencia de la ventilación se hace más importante durante las precipitaciones de mayor intensidad. En estos casos, el agua adherida a las acículas es sacudida de ellas, disminuyéndose así el tiempo de exposición para una potencial evaporación.

En precipitaciones de intensidad inferiores a 1 mm/hr la influencia del viento en la disminución de la intercepción es de menor importancia. Por ejemplo, las precipitaciones entre 1 a 5 mm y de intensidades inferiores a 1 m/h aportan sólo pequeñas cantidades de agua al suelo debido a que son retenidas en un porcentaje cercano al 100 % por las copas, incluso con vientos fuertes. Además, por las características de la humedad relativa en el aire existentes durante este tipo de precipitaciones, ya descritas para estos casos, el viento puede fomentar la evaporación contrarrestando con ello el afecto minimizador de la intercepción por el viento.

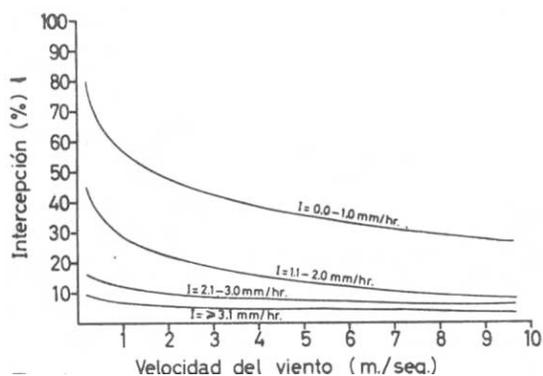


Fig. 3

Relaciones entre la intercepción y velocidad del viento para diferentes rangos de intensidad de las precipitaciones.

Relationship between interception and wind velocity for different categories of rainfall intensity.

Los factores meteorológicos que regulan la evaporación, también deberían regular los montos de intercepción. Uno de es-

tos factores que a primera vista, debería tener una gran importancia sobre la intercepción es el déficit de saturación. Un déficit de saturación relativamente alto favorecería la evaporación y con ello la cantidad de agua interceptada. Sin embargo, en este estudio no se pudo establecer ninguna relación significativa entre ambas variables, porque el déficit de saturación del aire durante las horas de lluvia general-

mente presentaba valores muy pequeños, restringiendo apreciablemente la evaporación.

Por lo tanto, la cantidad de agua interceptada por un bosque no solamente depende de sus características de composición y estructura, sino también de la intensidad y duración de las precipitaciones y de la intensidad de los vientos existentes durante la lluvia.

REFERENCIAS

- DELFS, J. 1955: Die Niederschlagszurückhaltung im Walde. Wald. und Wasser. Nr. 2. 54 pp.
- EILS, W. 1972: Der Wärmehaushalt einer Wiese in Abhängigkeit von unterschiedlicher Bewuchshöhe. Inst. f. Met. u. Klim. der Tech. Univ. Hannover. Nr. 82 - 80 pp.
- FORD, E. D.; DEANS, J. D. 1978: The effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young Sitka spruce plantation. J. of App. Ecology, 15: 905-917.
- FORGEARD, F.; GLOAGUEN, J. C; 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. Ann. Sci. Forest., 37(1): 53-71.
- GASH, J. H. 1979: An analytical model of rainfall interception by forests. Quart. J. R. Met. Soc., 105 (443): 43-55.
- GASH, J. H.; WRIGHT, J. R.; LLOYD, C. R. 1980: Comparative estimates of interception loss from three coniferous forests in Great Britain. J. Hydrol. 48: 89-105.
- HEUVELDOP, J. 1972: Die Grösse der Interzeptionsverdunstung in Fichtenkronen abhängig von einzelnen klimatischen Faktoren. Allg Forst-u. J. -Ztg., 144(2): 35-41.
- HUBER, A.; OYARZUN, C. 1982: Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de **Pinus radiata** (D. Don). Bosque, 5(1): 13-21.
- JACKSON, I. J. 1975: Relationships between rainfall parameters and interception by tropical forest. J. Hydrol., 24: 215-238.
- LEONARD, R. E. 1961 : Net Precipitation in a Northern Hardwood Forest. J. of Geoph. Res., 66(8): 2417-2421.
- PEARCE, A. J.; ROWE, L. K. 1981 : Rainfall interception in a multi-storied, evergreen mixed forest: estimates using Gash's analytical model. J. Hydrol., 49: 341-353.
- PREBBLE, R. E.; STIRK, C. B. 1980: Throughfall and stemflow on silverleaf ironbark (**Eucalyptus melanophoia**) trees. Australian J. of Ecology, 5: 419-427.
- ROTHACHER, J. 1963: Net Precipitation under a Douglas-Fir Forest. Forest Science, 9(4): 423-429.
- 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. J. Hydrol. 36: 393-396.
- ZINKE, P. J. 1967: Forest interception studies in the United States. In: International Symposium on Forest Hydrology, (ed. por W. E. Sopper y H. W. Lull), pp. 137-162. Pergamon, Oxford.

Los autores

Anton Huber J. Dr. rer. silv., Inst. de Geociencias, Fac. de Ciencias, U. Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.

Carlos Oyarzún O. Lic. en Ciencias, Inst. de Geociencias, Fac. de Ciencias, U. Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.