

Redistribución de las precipitaciones sobre plantaciones forestales en un predio del partido de La Plata, Buenos Aires

Besteiro, Sebastián Ignacio^{1,2,3}; Alfonso Martín Rodríguez Vagaría¹

¹Cátedra Manejo de Cuencas Hidrográficas. FCAYF, UNLP. Diagonal 113, Nro 469, 3° piso. CP 1900, La Plata, Bs. As., Argentina; ²Becario tipo II CONICET; ³sebabesteiro@gmail.com

Besteiro, Sebastián Ignacio; Alfonso Martín Rodríguez Vagaría (2012) Redistribución de las precipitaciones sobre plantaciones forestales en un predio del partido de La Plata, Buenos Aires. Rev. Fac. Agron. Vol 111 (2): 75-82

Se analizó la distribución temporal de las precipitaciones y su redistribución bajo plantaciones forestales adultas de *Pinus radiata* (D. Don) y *Eucalyptus viminalis* (Labill) ubicadas en la estancia "El Centauro" (35° 3' S – 57° 59' O), a 20 km de la ciudad de La Plata. En el período de muestreo (2009 – 2011) se instalaron pluviómetros de registro semanal, fuera de las forestaciones, para la medición de la precipitación total. Para el mismo período y dentro de cada forestación, se colocaron pluviómetros y collarines de registro semanal para la medición de la precipitación directa y escurrimiento fustal, respectivamente. Los valores de interceptación derivaron del análisis del resto de los componentes. La precipitación total para el período considerado fue de 2258,7 mm, con una distribución estacional homogénea y mensual variable, estrechamente vinculada con las condiciones climáticas. El análisis de regresión sobre los componentes estudiados muestra ajustes lineales altos con valores de $r > 0,8$. Las variaciones interespecíficas, determinan valores de interceptación superiores en plantaciones de pino (27,2%/año) frente a las de eucalipto (12,2%/año), poseyendo estas últimas, mayores porcentajes de precipitación directa (84,2%/año frente a 69,2%/año en pino). El escurrimiento fustal se presenta con valores anuales pequeños e iguales para ambas especies (3,6%), distinguiéndose un retraso de su inicio en pinos frente a los eucaliptos (superados los 5,8 mm de precipitación total y 0,1 mm, respectivamente). El valor de retención máxima en pinos (17,2 mm) supera ampliamente las de eucaliptos (5,1 mm).

Palabras clave: Interceptación; Precipitación directa; Escurrimiento fustal; *Pinus radiata*; *Eucalyptus viminalis*.

Besteiro, Sebastián Ignacio; Alfonso Martín Rodríguez Vagaría (2012) Precipitation redistribution on forestry plantations in a property of the locality of La plata, Buenos Aires. Rev. Fac. Agron. Vol 111 (2): 75-82

The temporal distribution of rainfall and its redistribution was analyzed in adult plantations of *Pinus radiata* (D. Don) and *Eucalyptus viminalis* (Labill) located in the ranch "El Centauro" (35° 3' S - 57° 59' W) at 20 km from the city of La Plata, Buenos Aires, Argentina. In the sampling period (2009 - 2011) rain gauges were installed outside the forestation for a weekly record of the total precipitation. For the same period and within each forestry, collars and rain gauges were installed for a weekly record of the direct precipitation and the stemflow, respectively. The Interception values were obtained from the analysis of the other components. The total precipitations of the period considered was 2258,7 mm, with a seasonal homogeneous distribution and a monthly variable distribution, closely related with the climatic conditions. The regression analysis of the components studied revealed high levels of linear fit with values of $r > 0,8$. There were interspecific variations with higher interception and retention values in pine (27,2%/year) than in eucalyptus plantations (12,2%/year), the latter having higher percentages of direct precipitation (84,2%/year against the 69,2%/year in pine). Stemflow occurred with low annual values similar in both species (3,6%), distinguishing a delay of initiation in pines against the eucalyptus (exceeded the 5,8 mm and 0,1 mm of total precipitation, respectively). The high retention value pine (17.2 mm) exceeds the eucalyptus (5.1 mm).

Key words: Interception; Direct precipitation; Stemflow; *Pinus radiata*; *Eucalyptus viminalis*.

Recibido: 28/03/2012

Aceptado: 12/11/2012

Disponible on line: 15/01/2013

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

En el siglo XIX, Ameghino (1884), sostenía que la utilización de forestaciones en la llanura pampeana contrarrestaba en parte los efectos desastrosos de las inundaciones al impedir que se efectúen con demasiada rapidez. Hoy, las transformaciones de vegetación natural a sistemas forestales han tomado un impulso sobresaliente a nivel global (Engel *et al.*, 2005; Baldi *et al.*, 2008) y, en la llanura pampeana, se encuentran justificadas por sus altos rendimientos, el apoyo fiscal y el inminente comercio de bonos de carbono (Jobbágy *et al.*, 2006).

Estas transformaciones implican cambios significativos en la dinámica del agua y, en ciertas condiciones, pueden modificar la acumulación de sales de estos ecosistemas (Jobbágy *et al.*, 2008). Sin embargo, el estado del conocimiento sobre los efectos ambientales a largo plazo es aún incipiente y deben ser estudiados con mayor profundidad.

Analizar el efecto de las forestaciones sobre el ciclo hidrológico no es algo sencillo y algunos autores consideran que las dificultades de obtener mediciones directas del uso del agua por parte de un bosque son insalvables (Novoa, 1998), por lo que se hace necesario agrupar al ciclo hidrológico en subsistemas, para su estudio individual (Chow *et al.*, 1994).

La intercepción, como componente más significativo de la redistribución de la precipitación en forestaciones (Cantú & González, 2002), se encuentra dentro del subsistema agua atmosférica junto a la precipitación, evaporación, y transpiración, pero además afecta a otras fases del ciclo, como la infiltración, la escorrentía y la evaporación del suelo (Belmonte & Romero, 1999).

La precipitación que incide sobre una plantación forestal sufre una redistribución en distintos componentes: una parte es retenida en el dosel como intercepción y el resto lo hace como precipitación neta hasta llegar al suelo del bosque. La precipitación neta, a su vez, se conforma de dos vías: del agua que atraviesa libremente el dosel o gotea desde hojas y ramas en forma de precipitación directa, y la que utiliza como senda de fluidos el fuste de los árboles para alcanzar la superficie el suelo o escurrimiento fustal (Huber, 2003). El valor de escurrimiento fustal representa una proporción muy baja de la precipitación total, y adquiere relevancia al alcanzar la base de los troncos, donde se concentra la mayor cantidad de raíces de los árboles (Huber & Trecaman, 2000; Donoso *et al.*, 2002).

Las magnitudes que adoptan estos componentes son variadas: 10,3% de intercepción promedio anual, 76,7% de precipitación directa y 13% de escurrimiento fustal

para un bosque de *Pinus radiata* D. Don (Huber & Oyarzún, 1983); valores de intercepción, precipitación directa y escurrimiento fustal en plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill de 6,5; 91,2 Y 2,3 %, respectivamente, y de 22,8, 77,0 Y 0,15 % para plantaciones de *Pinus pinea* L. (González *et al.*, 1993); y valores de intercepción de 11 - 20% para un monte adulto de *Eucalyptus* (Leite *et al.*, 1997).

En general, las experiencias demuestran que el fenómeno de intercepción es mayor en precipitaciones débiles que en aguaceros fuertes teniendo las especies de hoja caduca (frondosas) un volumen menor de intercepción que las de hoja perenne (coníferas) (López Cadenas de Llano, 1998) Huber *et al.* (2010) afirman que los bosques en general y las plantaciones forestales en particular involucran una mayor cantidad de agua en la evapotranspiración y registran una superior pérdida de agua por intercepción del dosel en comparación a otros tipos de cubierta vegetal.

El objetivo de este estudio es analizar la redistribución de las precipitaciones bajo plantaciones forestales adultas de *Pinus radiata* (D. Don) y *Eucalyptus viminalis* (Labill) en un predio del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización General.

El área de estudio corresponde a la estancia "El Centauro" (lat. 35° 3' S – long. 57° 59' O), situada sobre la Ruta Provincial Nro. 36 entre los kilómetros 65 y 66 a unos 20 km de la ciudad de La Plata, partido al cual pertenece. Hidrológicamente se sitúa a la salida de la microcuenca del arroyo La Paloma (MALP), tributario de tercer orden del Arroyo El Pescado (Figura 1).

El predio posee una superficie total de 300 ha, de las cuales, 6,5 ha están ocupadas por plantaciones de *Pinus radiata* D Don; 91 ha de *Eucalyptus viminalis* Labill y 3 ha de *Salix sp.*; 57 ha están destinadas a la rotación de especies forrajeras (avena, maíz, sorgo), y el resto de la superficie corresponde a pastizal natural modificado (Figura 1).

Una caracterización climática general del área para el período 1909-2005 (Hurtado *et al.*, 2006), indica una precipitación media anual de 1040 mm, con marzo como el mes más lluvioso (111 mm) y junio como el menos lluvioso (63 mm). La temperatura media anual alcanza los 16,2 °C, con enero como el mes más cálido (22,8 °C de media) y julio el más frío (9,9 °C de media). Los vientos predominantes son los del Este, con velocidades medias anuales de 12 km/h.

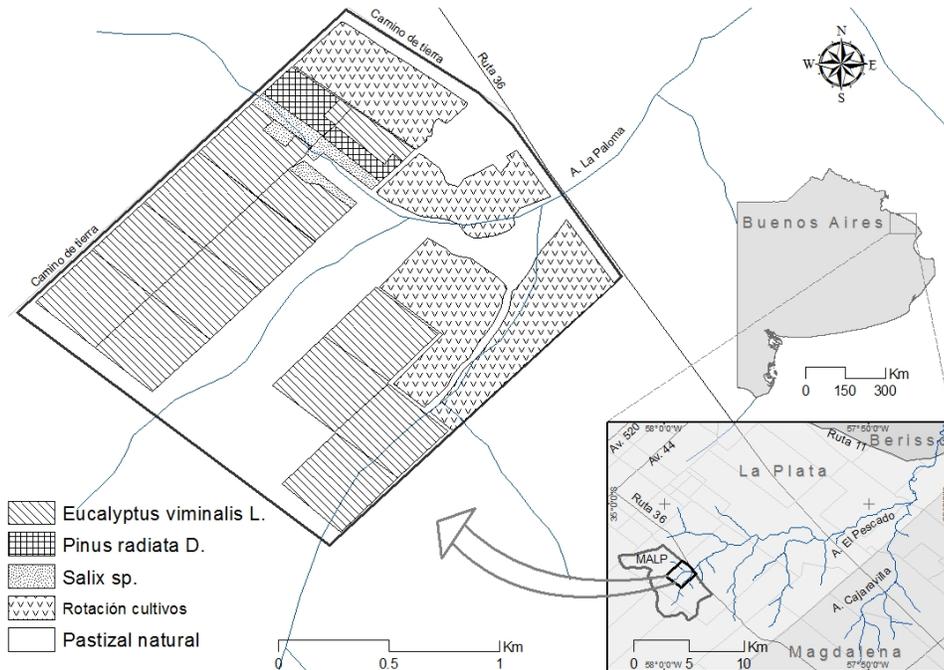


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio dentro de la Provincia de Buenos Aires, Partido de La Plata, y delimitación de uso forestal y pecuario del suelo en la Estancia El Centauro.

Caracterización de las forestaciones

La forestación de *Pinus radiata* Don posee una edad aproximada de 30 años y se encuentra plantada con un espaciamiento de 2,5 por 2,5 m, con un porcentaje de fallas actuales del 25%. Carece de prácticas silvícolas como podas y raleos, y posee un 5% de los individuos (árboles) suprimidos (muerto y/o caídos) por competencia. El diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio al inicio de las experiencias fue de 28,9 cm, y la canopea se distribuye en un solo estrato de copas con una altura media de 22 m, sin desarrollo de un estrato vegetal inferior. El porcentaje de cobertura de copas se estimó en 53,5% y el suelo se encuentra cubierto por un manto de acículas, ramas y conos de 13 cm de espesor.

La forestación de *Eucalyptus viminalis* Labill está compuesta por rebrotes de 10 años, en un número promedio de tres rebrotes por cepa. El distanciamiento de las cepas es de 2,5 por 2,5 m, con un porcentaje de fallas actuales del 10%. El DAP promedio al inicio de las experiencias fue de 8,85 cm, con variaciones desde 1 cm hasta 18,5 cm. El rodal carece de manejo silvícola y la canopea se distribuye en tres estratos de 20 m, 12 m y 7 m de altura, con un estrato herbáceo poco desarrollado. El porcentaje de cobertura de copas se estimó en 36,7% y el suelo se encuentra cubierto por hojas y ramas que no llegan a formar un manto uniforme y superior al centímetro de espesor.

El seguimiento de los incrementos de DAP, altura y cobertura durante el período de estudio en las parcelas experimentales reveló un escaso desarrollo de los

individuos respecto a la condición inicial, por lo que no fue considerado.

Descripción metodológica

Para la cuantificación de la precipitación total, interceptación, escurrimiento fustal y precipitación directa se establecieron parcelas experimentales representativas de las especies forestales: *Eucalyptus viminalis* Labill y *Pinus radiata* D Don. Estas parcelas fueron caracterizadas mediante la determinación del número de árboles en pie, árboles faltantes, densidad de plantación, altura media, diámetro medio y porcentaje de cobertura de copas mediante una adaptación de la metodología seguida por De la Vega *et al.* (2010) y propuesta por Macfarlane *et al.* (2007).

Las mediciones efectuadas fueron de recurrencia semanal desde el 18 de julio de 2008 hasta diciembre de 2011, lográndose datos confiables de ajuste y logística a partir del 26 de enero de 2009. Por lo tanto, los datos utilizados en el análisis corresponden al período de tres años: 2009 – 2011.

Los datos de precipitación total se obtuvieron de dos pluviómetros de embudo instalados en la Estancia El Centauro a 830 m de distancia entre ellos. Los mismos, se colocaron a 1,3 metros de altura y cuentan con un diámetro de boca de 19,4 cm y 2400 ml de capacidad aproximada.

La pérdida por interceptación fue calculada mediante la relación:

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

donde: I = intercepción; P = precipitación total; Pd = precipitación directa (agua que llega al suelo y atraviesa el dosel forestal) y Pf = escurrimiento fustal (agua que llega al suelo a través del fuste) (Huber & Oyarzún, 1984).

Para el registro del escurrimiento fustal se procedió a la instalación de dos (2) colectores en árboles de cada parcela de muestreo (Figura 2a). Estos colectores consisten en una banda de papel aluminio forrada con masilla para evitar filtraciones y sujeta alrededor del fuste a 1,3 m de altura aproximada (Figura 2b). La descarga se realiza hacia un colector calibrado de 60 lts de capacidad mediante una manguera de 8 mm de diámetro sujeta con tubos pasa-pared de nylon (Figura 2c). El cálculo de la proyección de las copas de los árboles ensayados permitió obtener la lámina en mm de cada individuo y del promedio de éstas, los valores de aporte promedio de escurrimiento fustal por unidad de superficie. Los valores de precipitación directa se obtuvieron de la instalación de pluviómetros de embudo en cada parcela (dos en pino y dos en eucalipto), a 1,3 metros de altura, con 19,4 cm de diámetro de boca y un recipiente contenedor de 2,4 litros de capacidad aproximada. Estos pluviómetros fueron reubicados mensualmente para evitar errores de muestreo por captación en sitios preferenciales de escurrimiento. La precipitación directa o cantidad de agua que atraviesa

el dosel y no queda retenido en él, se expresó como lámina acumulada en mm por medio de la razón del agua acumulada por la superficie de captación.

El conjunto de componentes así obtenidos, permitió establecer relaciones entre variables por medio de análisis de regresión y la redistribución porcentual de la precipitación total en los diferentes componentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Redistribución de las precipitaciones

Los análisis de regresión efectuados sobre los componentes de las precipitaciones que alcanzan las plantaciones forestales de pino y eucalipto, se muestran en la figura 3 y 4, respectivamente.

El total de datos pareados considerados en el análisis, fue de 102 para ambos rodales, y manifestó un alto ajuste lineal ($r > 0,8$) que se traduce en una elevada correlación entre los componentes de precipitación directa (Pd), escurrimiento fustal (Pf) y precipitación neta (Pn). Es posible distinguir, además, la importancia parcial de los componentes Pd y Pf a la precipitación neta, considerada como la principal fuente que abastece de agua al ciclo hidrológico en un bosque (Huber & Oyarzún, 1983). El aporte de la Pf , en principio despreciable, cobra importancia gracias a su distribución muy localizada alrededor del tronco en épocas con pocas precipitaciones.

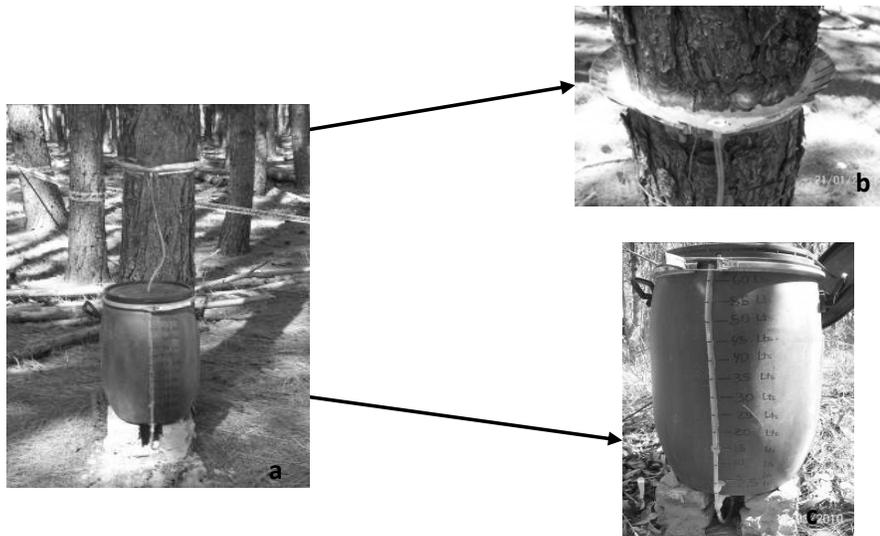


Figura 2: a. Colectores de escurrimiento fustal. b. Banda de papel aluminio forrada con masilla. c. Colector calibrado.

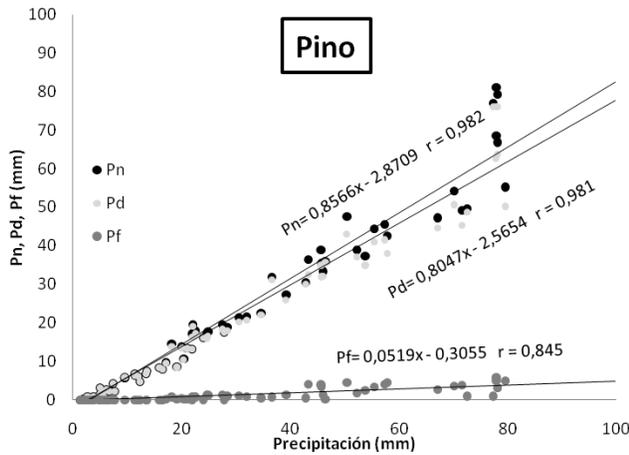


Figura 3. Distribución de los componentes precipitación directa (Pd), escurrimiento fustal (Pf) y precipitación neta (Pn) en relación de la precipitación total. Funciones lineales y coeficientes de ajuste para Pinus radiata D. Don.

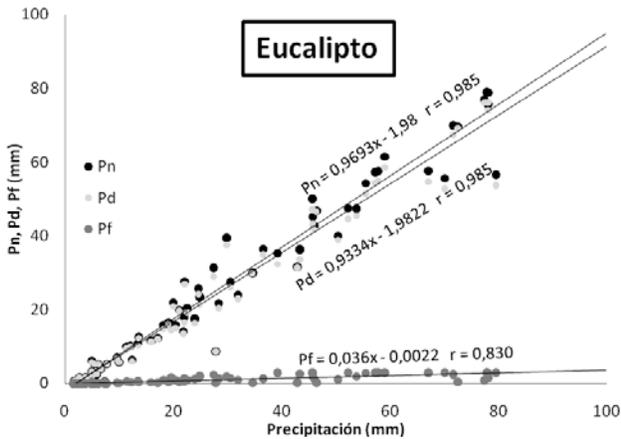


Figura 4. Distribución de los componentes precipitación directa (Pd), escurrimiento fustal (Pf) y precipitación neta (Pn) en relación de la precipitación total. Funciones lineales y coeficientes de ajuste para Eucalyptus viminalis L.

Los registros acumulados de los tres (3) años, correspondientes a la precipitación directa, escurrimiento fustal e intercepción, se agruparon para su análisis temporal en periodos mensuales y estacionales, para cada una de las especies consideradas (Tabla 1).

El valor de precipitación total, para el período considerado, fue de 2258,7 mm (Tabla 1). Este valor surge de la suma de los registros completos de precipitación acumulada para los tres (3) años de muestreo y se presenta de forma pareada con los componentes de precipitación directa y escurrimiento fustal. La obtención de datos completos responde a la realización de ajustes sobre los registros originales, donde se eliminó aquellos no pareados, producto de roturas del instrumental causado por ingresos ocasionales de ganado vacuno o vandalismo. El 2009, es el único de los tres (3) años que cuenta con la serie completa de registros. En este año se alcanza un valor de precipitación anual de 1039 mm distribuido de manera homogénea en las cuatro estaciones del año, en coincidencia con lo expuesto por Hurtado *et al.* (2006).

La precipitación neta o agua que alcanza el suelo bajo ambas especies, se encuentra constituida principalmente por la precipitación directa, cuyos montos mensuales varían en relación a la precipitación total mensual, de 49,4 % a 83 % en plantaciones de pino y de 57,2 % a 95 % en plantaciones de eucalipto (Tabla 1). Estos rangos de valores (variación intraespecífica), confirman a los publicados por Huber & Oyarzún (1983) y González *et al.* (1993), y se explican por las características de las precipitaciones y las condiciones meteorológicas predominantes en los periodos considerados. Las variaciones interespecíficas (entre especies), en cambio, responden a la fisonomía y estructura de cada especie.

Las precipitaciones medias mensuales que no superan los 30 mm, con precipitaciones semanales promedio inferiores a 7,6 mm, son retenidas mayoritariamente por el follaje forestal, tal como se observa para el mes de agosto, con valores que alcanzan el 50,5 % en pino y 39,5 % en eucalipto. Por el contrario, se observa una tendencia que indica que los acumulados medios mensuales mayores a 83,4 mm, con precipitaciones semanales promedio superiores a 26,5 mm, son retenidos escasamente por el follaje forestal (Tabla 1). Sin embargo, no es posible precisar un comportamiento concreto por la amplia variabilidad que aportan las condiciones meteorológicas.

Tabla 1. Valores acumulados mensuales y estacionales de precipitación (P), número de semanas con precipitación para el total del período estudiado (2009 – 2011) (N), Valores de precipitación semanal promedio, máximo y mínimo (Ps) expresado como lámina (mm/semana), precipitación directa (Pd), escurrimiento fustal (Pf), e intercepción (I).

	P	N	Ps		Pino						Eucalipto						
					Pd		Pf		I		Pd		Pf		I		
					mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	
Dic	111,8	6	18,6	77,8	1,7	92,8	83,0	5,8	5,2	13,2	11,8	98,7	88,3	3,9	3,5	9,1	8,2
Ene	107,8	5	21,6	46,0	1,2	76,7	71,2	2,2	2,0	28,9	26,8	96,8	89,8	3,0	2,8	8,0	7,4
Feb	250,3	9	27,8	77,3	3,1	185,3	74,0	1,9	0,7	63,2	25,2	199,5	79,7	1,9	0,8	48,9	19,5
Verano	469,9					354,8	75,5	9,8	2,1	105,3	22,4	394,9	84,1	8,9	1,9	66,0	14,1
Mar	229,0	10	22,9	72,5	2,2	143,0	62,4	4,4	1,9	81,6	35,6	192,3	84,0	5,5	2,4	31,2	13,6
Abr	132,1	8	16,5	70,1	2,2	81,5	61,7	4,5	3,4	46,1	34,9	94,3	71,4	4,2	3,2	33,6	25,4
May	202,3	10	20,2	57,8	2,2	128,7	63,6	10,2	5,1	63,3	31,3	165,1	81,6	9,0	4,4	28,2	13,9
Otoño	563,5					353,2	62,7	19,2	3,4	191,1	33,9	451,7	80,2	18,7	3,3	93,0	16,5
Jun	212,4	9	23,6	78,1	1,5	160,4	75,5	12,9	6,1	39,1	18,4	189,5	89,2	7,1	3,3	15,7	7,4
Jul	199,5	7	28,5	77,8	1,7	140,0	70,2	12,0	6,0	47,5	23,8	175,7	88,1	7,8	3,9	16,0	8,0
Ago	53,3	7	7,6	23,9	2,0	26,3	49,4	0,1	0,1	26,9	50,5	30,5	57,2	1,8	3,3	21,1	39,5
Invierno	465,2					326,7	70,2	25,0	5,4	113,6	24,4	395,7	85,1	16,7	3,6	52,8	11,4
Sep	289,6	10	29,0	79,6	1,7	177,4	61,2	13,8	4,8	98,5	34,0	234,8	81,1	12,8	4,4	42,1	14,5
Oct	258,4	13	19,9	59,0	1,7	177,8	68,8	6,2	2,4	74,4	28,8	223,9	86,6	14,2	5,5	20,4	7,9
Nov	212,0	8	26,5	78,1	2,1	172,1	81,2	7,4	3,5	32,5	15,4	201,5	95,0	9,5	4,5	1,1	0,5
Primavera	760,1					527,3	69,4	27,4	3,6	205,4	27,0	660,1	86,8	36,5	4,8	63,5	8,4
Total	2258,7	102				1562,0	69,2	81,4	3,6	615,3	27,2	1902,5	84,2	80,8	3,6	275,4	12,2

Para la situación estudiada, se observa que los valores de intercepción en eucalipto (Figura 5) son inferiores a los observados en pino (Figura 6). Son necesarios 5,1 mm de lluvia para saturar la capacidad de retención de agua en copas de eucalipto y 17,2 mm en las de Pino y así permitir que el agua que alcanza las plantaciones llegue al suelo por precipitación directa y escurrimiento fustal. Estas diferencias responden a los valores de área basal que caracterizan estas plantaciones, y ratifica lo expuesto por Hofstede (1998), quien sostiene que el área basal es una de las características estructurales de mayor importancia en las pérdidas de agua por intercepción.

Este tipo de gráficos (figuras 5 y 6) representan el comportamiento de la intercepción y flujo caulinar (variables respuesta o dependientes) frente a distintos eventos de lluvia sobre las forestaciones (variable de control o independiente), haciendo posible inferir o proyectar el comportamiento de estos valores ante cambios climáticos de largo plazo, dado el incremento significativo de las precipitaciones anuales de la llanura pampeana (Magrin *et al.*, 2005).

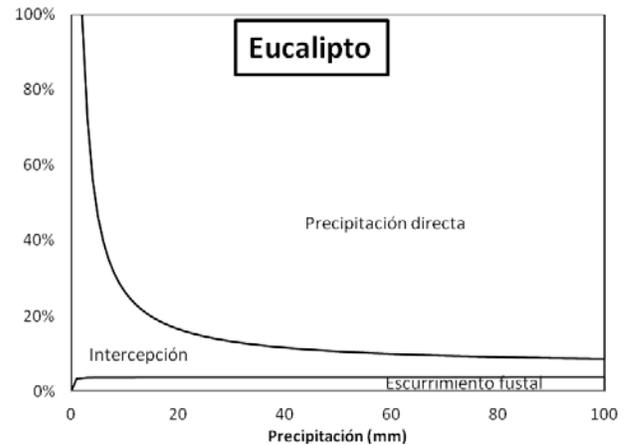


Figura 5. Redistribución porcentual de la precipitación total para distintas láminas de lluvia acumulada en una plantación de *Eucaliptus viminalis* L.

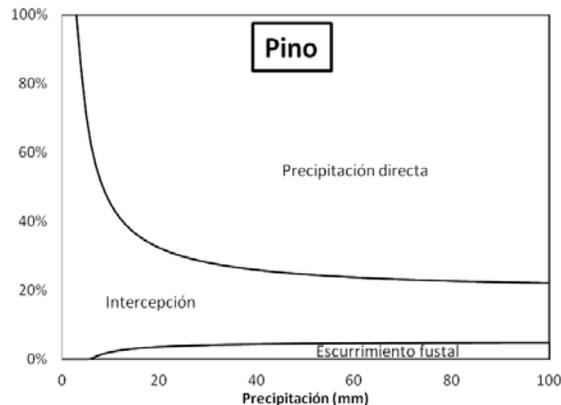


Figura 6. Redistribución porcentual de la precipitación total para distintas láminas de lluvia acumulada en una plantación de *Pinus radiata* D.

El escurrimiento fustal en ambas especies constituye una baja proporción respecto de la precipitación total acumulada (3,6 %/año). Este valor, considerado como despreciable por algunos autores (Díaz & Rébora, 2003), presenta un rango de variación mensual de 5,9 % en plantaciones de pino y de 4,7 % en eucalipto (Tabla 1). Al igual que lo expuesto por Huber & Oyarzún (1983), el inicio del escurrimiento fustal en pino se manifiesta superados los 5,8 mm de precipitación, debido en parte a las características de absorción y rugosidad de su corteza (Figura 6). En el caso de los eucaliptos, el escurrimiento fustal se inicia inmediatamente después del comienzo de la precipitación (Figura 5).

De los componentes estudiados, la intercepción representa un factor de suma importancia ya que regula el agua que efectivamente llega al suelo en forma de precipitación neta. La precipitación interceptada por las copas y troncos alcanzó porcentajes anuales de 27,2 % en pino y 12,2 % en eucalipto. Los mayores valores de intercepción en pino responden a su morfometría, principalmente a la arquitectura de sus ramas y hojas. El agua que llegó a la superficie del suelo como precipitación neta se compone de un 69,2 % de Pd y un 3,6 % de Pf en pino, y de un 84,2 % y 3,6 % en eucalipto respectivamente. Estos valores fluctuaron mensualmente y dependen de las características de las precipitaciones. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que estos valores pueden variar considerablemente con las características propias de cada uno de los rodales (densidad, tratamientos culturales, cobertura), y geográficamente según las características y duración de los eventos de lluvia, y las distintas condiciones meteorológicas.

CONCLUSIONES

Los aportes de agua al suelo bajo plantaciones forestales, precipitación neta, esta dado mayoritariamente por la precipitación directa. La

intercepción, posee valores superiores en pinos lo cual se relaciona directamente con su mayor valor de área basal, lo que sumado a las características de rugosidad y retención de los fustes, provocan un retraso en el escurrimiento fustal. Sin embargo, los valores máximos de Pf, alcanzados por éstos, son ligeramente superiores a los de eucaliptos, lo cual se atribuye a sus mayor cobertura y arquitectura (ángulo de inserción de ramas y hojas y naturaleza monopodial de su fuste), que provoca la concentración del agua interceptada y no retenida. En el caso de las plantaciones de eucalipto, su naturaleza simpodial, estructura más abierta y corteza lisa, facilitan la captación y conducción del agua por su corteza y tronco hasta llegar al suelo inmediatamente después del inicio de las precipitaciones. Esto revela una capacidad de retención o almacenaje reducida por parte de los eucaliptos, que se manifiesta con valores altos de precipitación directa y bajos de intercepción en comparación con las plantaciones de pino.

BIBLIOGRAFÍA

- Ameghino, F.** 1884. Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires. Obras de retención y no obras de desagüe. Secretaría de Política Ambiental, Buenos Aires. 97 pp.
- Baldi, G., M. D. Nosetto & E. G. Jobbágy.** 2008. El efecto de las plantaciones forestales sobre el funcionamiento de los ecosistemas sudamericanos. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais - Edição Especial* 4:23-34.
- Belmonte S., F. & A. Romero D.** 1999. Balance hídrico y distribución espacial de la trascolación bajo cobertura de pino: influencia de la dirección del viento y la pendiente de la ladera. *Lurralde inves. esp.* 22: 339-350.
- Cantú S., I. & H. González R.** 2002. Propiedades hidrológicas de dosel de los bosques de pino encino en el Noreste de México. *Ciencia UANL*, V(1):72-78.
- Chow V. T., D. R. Maidment & L. W. Mays.** 1994. *Hidrología aplicada*. Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S. A. Santafé de Bogotá, Colombia. 584 pp.
- De la Vega, M. A., M. A. Pinazo, J. Marquina & E. Crechi.** 2010. Efectos de los raleos sobre las características del canopeo en plantaciones de *Pinus elliotii* var. *elliottii* Engelm. x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. En la provincia de Misiones. 14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 10, 11 y 12 de Junio de 2010 -Eldorado, Misiones, Argentina
- Díaz, R. A. & M. G. Rébora.** 2003. Intercepción de la lluvia en un monte de *Eucalyptus dunnii*. XII Congreso Forestal Mundial, Québec City, Canadá. 6 pp.
- Donoso, S., F. Ruiz & M. Herrera.** 2002. Distribución y cantidad de biomasa de raíces finas en plantaciones clonales de *Eucalyptus globulus*. *Ciencias Forestales* 16(1-2). 8 pp.
- Engel, V., E. G. Jobbágy, M. Stieglitz, M. Williams & R. B. Jackson.** 2005. Hydrological consequences of

- Eucalyptus afforestation in the Argentine Pampas. Water Resources Research 41(W10409). 14 pp.
- González H., F., M. López A. & M. T. Minaya G.** 1993. Intercepción, trascolación y escorrentía cortical en masas de *Eucalyptus globulus* Labill y *Pinus pinea* L. del sur de la provincia de Huelva. Congreso Forestal Español - Lourinzán 1993. Ponencias y comunicaciones. Tomo III.
- Hofstede, R., J. Lips, W. Jongsma & J. Sevink.** 1998. Geografía, ecología y forestación de la Sierra Alta del Ecuador; Revisión de literatura. Quito, Abya Yala. 242 pp.
- Huber, A.** 2003. Cambios en el balance hídrico provocados por la forestación con *Pinus radiata* D. Don en el secano interior del centro de Chile. Gestión Ambiental 9:57-66.
- Huber, J. A. & C. Oyarzún O.** 1983. Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* (D. Don). Bosque 5(1):13-20.
- Huber, J. A. & C. Oyarzún O.** 1984. Factores reguladores de la intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* (D. Don). Bosque 5(2):59-64.
- Huber, A. & R. Trecaman.** 2000. El efecto de las características de una plantación de *Pinus radiata* en la distribución espacial del contenido de agua edáfica. Bosque 21(1):37-44.
- Huber, A., A. Iroumé, C. Mohrc & C. Frênea.** 2010. Efecto de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. Bosque 31(3):219-230.
- Hurtado, M. A., J. E. Giménez & M. G. Cabral.** 2006. Análisis ambiental del partido de La Plata: Aportes al ordenamiento territorial – 1ª ed. –, Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones. 134 pp.
- Jobbágy, E. G., M. Vasallo, K. A. Farley, G. Piñeiro, M. F. Garbulsky, M. D. Nosoetto, R. B. Jackson & J. M. Paruelo.** 2006. Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. Agrociencia X(2):109-124.
- Jobbágy, E. G., M. D. Nosoetto, C. S. Santoni & G. Baldi.** 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. Ecología Austral – Sección especial 18:305-322.
- Leite, F. P., N. F. Barros, L. M. A. de Sans & A. S. Fabres.** 1997. Soil water regime under a stand of eucalypts, natural forest and pasture, Guanhaes-MG-Brazil. Revista Arvore 21(4):455-462.
- López Cadenas de Llano, F.** 1998. Restauración Hidrológico Forestal y control de la Erosión. Ingeniería Ambiental. Tragsa-Tragsatec, Ministerio de Medio Ambiente, Ediciones Mundiprensa, Madrid, España. 945 pp.
- Macfarlane, C., M. Hoffman, D. Eamus, N. Kerp, S. Higginson, R. McMurtrie & M. Adams.** 2007. Estimation of leaf area index in eucalypt forest using digital photography. Agricultural and Forest Meteorology 143:176-188.
- Magrin, G. O., M. I. Travasso & G. R. Rodríguez.** 2005. Changes in climate and crop production during the 20th century in Argentina. Climatic Change 72:229-249.
- Novoa, P.** 1998. Estimación de la evapotranspiración actual en bosques. Teoría. BOSQUE 19(1):111-121.