

PRECIPITACIÓN E INTERCEPCIÓN EN ECOSISTEMAS BOSCOSOS DE LOS ANDES VENEZOLANOS

PRECIPITATION AND INTERCEPTION IN FOREST ECOSYSTEMS OF THE VENEZUELAN ANDES

Michele Ataroff S.

*Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Facultad de Ciencias, Universidad de
Los Andes, Mérida 5101, Venezuela. E-mail:ataroff@ula.ve*

RESUMEN

Los ecosistemas boscosos de las cuencas altas de Los Andes juegan un papel relevante en la hidrología de las vertientes. Las características estructurales y fisiológicas de la vegetación tienen un importante efecto sobre la redistribución de los flujos hídricos. En la parte aérea del ecosistema, los flujos dependen de las características del dosel. En este trabajo analizamos la relación entre precipitación vertical e intercepción en una selva nublada (SN) y una plantación de *Retrophyllum rospigliosii* (Tilger) Page (pino laso) (*R.r.*) invadida por especies de la selva vecina (ambos a 2300m en La Mucuy, Parque Nacional Sierra Nevada, estado Mérida, con 3100mm de precipitación), comparándola con un Bosque Siempreverde Seco (BSVS) (a 2250m en El Cobre, estado Táchira, con 1000mm), y un cafetal con sombra (a 1700m en Canaguá, estado Mérida, con 1780mm). En La Mucuy se estimó la precipitación efectiva o neta con 6 pluviómetros tipo canal 3x0,18m en cada ambiente, mientras en El Cobre y Canaguá los autores utilizaron 10 y 30 pluviómetros cilíndricos con 0,0089m² de área de captación, respectivamente. La intercepción del follaje se calculó como la diferencia entre la precipitación vertical y la precipitación efectiva o neta. En el balance anual, la intercepción fue el 45%, 42%, 27% y 21% de la precipitación vertical, en SN, bosque *R.r.*, BSVS y cafetal, respectivamente. A pesar de disponer sólo de datos de acumulados semanales y/o quincenales, se obtuvo un buen ajuste con el modelo binomial positivo para la SN y el bosque *R.r.*, y binomial negativo para el BSVS y el cafetal. La posibilidad de predecir de los modelos fue probada con datos independientes. Los resultados sugieren una mayor capacidad de intercepción en la SN, seguida del bosque *R.r.*, el BSVS y el cafetal, que pudieran explicarse por el grado de complejidad estructural de la vegetación, la cual disminuye en el mismo orden. La variación del porcentaje de intercepción dependiendo de la condición hídrica previa del dosel, sólo se pudo evaluar para la SN y el bosque *R.r.*, con 104 semanas analizadas; por el contrario, las poco más de 20 semanas de datos en los otros sistemas no permitieron estudiar esta relación.

Palabras clave: precipitación, intercepción, selva nublada, *Retrophyllum rospigliosii*, bosque siempreverde seco montano, cafetal con sombra, Venezuela, Andes

ABSTRACT

High Andean forest ecosystems play an important role in watershed hydrology. Structural and physiological vegetation features have a main effect on the distribution of water fluxes. The ecosystem aboveground fluxes depend on canopy characteristics. We compare the vertical precipitation-interception relationship in: a) a montane cloud forest (MCF), b) a *Retrophyllum rospigliosii* (Tilger) Page plantation (*R.r.*) invaded by species of the nearby cloud forest, both at 2300m in La Mucuy, Sierra Nevada National Park, Merida State, 3100mm of rainfall), c) a dry evergreen montane forest (DEMF, at 2250m in El Cobre, Tachira State, 1000mm) and a shade coffee plantation (at 1700m in Canaguá, Mérida State, 1780mm). Interception was estimated in La Mucuy from data of 6 channel type pluviometers 3x0.18m, while 10 and 30 cylindrical pluviometers with 0.0089m² of capturing area were used at El Cobre and Canaguá, respectively. Annual canopy interception was 45%, 42%, 27% and 21% of rainfall, in MCF, *R.r.* forest, DEMF and coffee plantation, respectively. Despite of the weekly and/or monthly accumulated data, we obtained a good fit with a positive binomial model for MCF and *R.r.* forest, and a negative binomial model for DEMF and coffee plantation. The models predictability was tested using independent data. Results suggest a higher interception capacity in MCF, followed by *R.r.* forest, DEMF and coffee plantation. This could be explained by the degree of vegetation structural complexity, which decreases in the same order. The variation of interception percentage depending on previous water condition of the canopy was obtained only for MCF and *R.r.* forest, with 104 week analyzed data, while the near 20 week data for the other systems was insufficient to analyze this relationship.

Key words: precipitation, interception, montane cloud forest, *Retrophyllum rospigliosii*, dry evergreen montane forest, shade coffee plantation, Venezuela, Andes

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas y agroecosistemas dominados por árboles juegan un papel preponderante en la regulación de los flujos hídricos. En montaña, este rol implica una disminución de la ocurrencia de crecidas máximas de los ríos y quebradas, así como de movimientos en masa en las vertientes, y un mantenimiento más prolongado de los flujos subsuperficiales (Ataroff y Rada 2000). Ese efecto regulador depende en buena medida de las características de la vegetación en sus compartimientos aéreos y subterráneos. De ellos, el dosel es el compartimiento que recibe el mayor impacto del agua atmosférica afectando los flujos subsecuentes, por lo que se espera que los cambios que se produzcan en la estratificación y cobertura de la vegetación tengan como consecuencia una modificación de esos flujos. El primero y uno de los principales cambios que la vegetación genera en los flujos hídricos es el monto y la dinámica del agua que efectivamente llega al suelo, debido a la retención por parte del dosel. Esta fracción, comúnmente denominada intercepción, depende fuertemente de las características de cobertura, arquitectura y estructura del dosel y su relación con la precipitación es un reflejo de esas características.

Distintos tipos de vegetación o cambios ocurridos en ellos por intervención humana, tienen como consecuencia la ocurrencia de doseles diferentes, cada uno de los cuales exhibe un comportamiento hídrico propio y que corresponde a una relación particular de precipitación *versus* intercepción. Dado que el agua interceptada constituye una de las mayores fuentes de retorno a la atmósfera por evaporación, la relación entre precipitación e intercepción es de gran importancia en el balance hídrico. Varios autores han propuesto modelos analíticos para evaluar esta relación, sin embargo, los requerimientos de esos modelos implican que sus variables deben medirse en forma continua, o por lo menos horaria (Rutter *et al.* 1975, Rutter y Morton 1977, Gash *et al.* 1995). Desafortunadamente, son pocas las medidas existentes sobre flujos hídricos en ecosistemas andinos y los problemas logísticos regionales con frecuencia dificultan la obtención de registros continuos, por lo que en su mayoría, los datos son acumulados semanales, quincenales o mensuales (Steinhardt 1979, Veneklaas y van Ek 1990, Salm 1997, Ataroff y Monasterio 1996, Rodríguez y

Ballesteros 1997, Ataroff y Sánchez 2000, Ataroff y Rada 2000). Aunque el análisis de estos valores acumulados es suficientemente bueno para evaluar balances mensuales, estacionales y/o anuales, su valor predictivo en la generación e interpretación de modelos de comportamiento ecohidrológico de los ecosistemas, no está claro.

En este trabajo hacemos una comparación de la relación precipitación-intercepción basada en medidas acumuladas semanales y/o quincenales de cuatro sistemas boscosos de Los Andes de Venezuela: una selva nublada original y una plantación sin atención de *Retrophyllum rospigliosii* (Tilger) Page (pino laso) invadida por especies de la selva vecina, con un bosque siempreverde seco (Ataroff y Sánchez 2000) y un cafetal de sombra (Ataroff y Monasterio 1997).

MATERIALES Y MÉTODOS

La selva nublada y el bosque de *Retrophyllum rospigliosii* se ubicaron en La Mucuy (8°38'N, 70°02'O), Parque Nacional Sierra Nevada, estado Mérida, a 2300 m de altitud, con 14°C de temperatura media anual, 3100mm de precipitación y más 300mm de intercepción de neblina (Ataroff y Rada 2000). La plantación de *R. rospigliosii* (pino laso) fue iniciada en 1965 y no tiene mantenimiento desde 1974-75, por lo que ha sido invadida por especies de la selva vecina durante los últimos veinticinco años. Así, a pesar de que su estructura está dominada por un patrón regular de árboles de *R. rospigliosii*, tiene entre filas muchas otras especies de árboles de la selva original, además de especies de sotobosque y epífitas.

La selva nublada original de La Mucuy tiene una estructura compleja, con un estrato alto abierto e irregular que alcanza 20-30m, el cual cubre un estrato de árboles medianos de 6 a 15m y otro de árboles pequeños y arbustos entre 1 y 6m (Acevedo *et al.* 2003). La alta carga de epífitas sobre estos árboles constituye un elemento adicional en su complejidad estructural. Las principales especies de árboles altos incluyen *Clusia multiflora*, *Guettarda steyermarkii*, *Laplacea fruticosa*, *Alchornea triplinervia* y *Billia columbiana* (Lamprecht 1954, Acevedo *et al.* 2003). Las especies más comunes en el sotobosque comprenden a *Psychotria aubletiana*, *Palicourea demissa*, *Solanum meridense*, *Monochaetum meridense*, *Fucsia venusta* y *Chusquea fendleri*, y entre las epífitas resaltan *Tillandsia biflora*,

Tabla 1. Altitud, precipitación vertical (Pv) media anual para el período de estudio y general para la zona e intercepción por el follaje para cuatro sistemas boscosos de Los Andes venezolanos: selva nublada, bosque de *R. rospigliosii*, bosque siempreverde seco y cafetal con sombra. (1) Ataroff y Rada (2000), (2) Ataroff y Sánchez 2000, (3) Ataroff y Monasterio 1996.

	La Mucuy, selva nublada ⁽¹⁾	La Mucuy, bosque <i>R.rospigliosii</i>	El Cobre, bosque svvs ⁽²⁾	Canaguá, cafetal sombra ⁽³⁾
Altitud (m)	2300	2300	2250	1700
Precipitación (Pv) (mm) media anual durante cada estudio	3125	2965	1174	1595
Pv (mm) media anual general conocida para la zona	3100	3100	1174	1780
Intercepción (mm) (%)	1751 (45%)	1251 (42%)	330 (27%)	335 (21%)

Racinaea tetrantha, *Epidendron dendrobii*, *Oncidium falcipetalum* y *Peperomia microphylla* (Acevedo *et al.* 2003).

En la selva nublada y el bosque de *R. rospigliosii* de La Mucuy se estimó la precipitación efectiva o neta con 6 pluviómetros tipo canal 3x0,18m en cada sitio (Ataroff y Rada 2000). Los datos se tomaron como acumulados semanales durante 29 meses (1996-98) en la selva original y en el bosque de *R. rospigliosii*. La precipitación vertical fue medida en el cercano Campo Experimental Truchícola (INIA) de La Mucuy (Ataroff y Rada 2000).

El cafetal de sombra parcial estaba ubicado en Canaguá (08°08'N, 71°18'O) en la finca de la familia Mora-Mora, estado Mérida, a 1700m de altitud, con 1780mm de precipitación y 18°C de temperatura media anual (Ataroff y Monasterio 1997). El cafetal bajo estudio es del tipo “de sombra”, con *Coffea arabica* var. *arabica* en una densidad de 4300 plantas ha⁻¹ bajo sombra de *Inga oesrtdiana* (Ataroff y Monasterio 1997). La precipitación fue medida con un pluviógrafo de registro continuo sobre banda de papel (1988-89) y la precipitación efectiva o neta con 30 pluviómetros de envase cilíndrico con embudo de 10,7cm de diámetro, distribuidos al azar. Las

medidas fueron hechas cada diez días durante la época lluviosa (cinco días en el pico de precipitaciones) y quince días durante la época seca (20 días en enero).

La intercepción de doseles presentada en este trabajo se calculó como la diferencia entre el agua ingresada por precipitación vertical, menos la precipitación efectiva o neta (agua que llega a la superficie del suelo). Aunque en el caso de la selva nublada estimamos el aporte por agua de neblina (Ataroff y Rada 2000) y en esta selva y el cafetal medimos el escurrimiento por los troncos (Ataroff y Monasterio 1996), ninguno de estos datos fue considerado en este trabajo, con el objeto de hacer comparables los valores de los cuatro sistemas. En aras de probar la fortaleza de los modelos de relación entre intercepción y precipitación vertical, estos se obtuvieron utilizando sólo la mitad de los datos. La otra mitad se empleó para hacer pruebas de comparación entre valores calculados por los modelos y valores reales independientes.

RESULTADOS

En el balance anual, la selva nublada y el bosque de *R. rospigliosii* mostraron una intercepción del 45% y 42% de la precipitación

INTERCEPCIÓN EN ECOSISTEMAS BOSCOSOS ANDINOS VENEZOLANOS

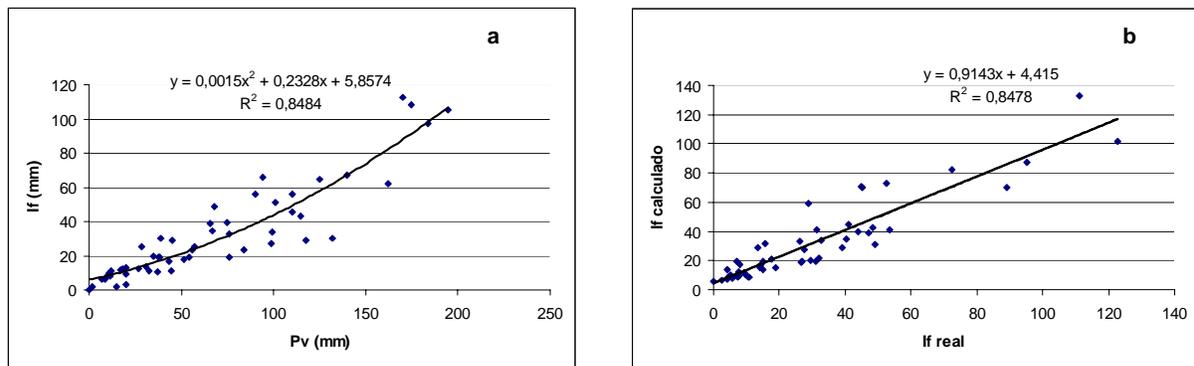


Figura 1. Precipitación vertical (Pv, mm) e intercepción (If, mm) en la selva nublada de La Mucuy (2300m), La Mucuy, Parque Nacional Sierra Nevada, estado Mérida, Venezuela

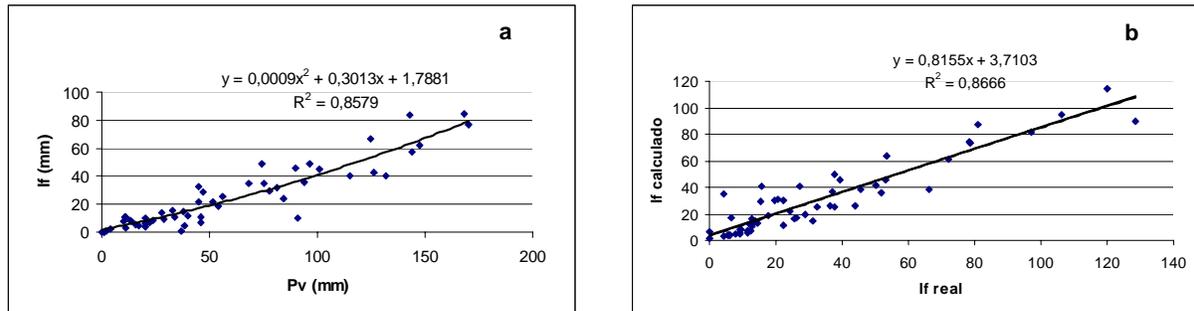


Figura 2. Precipitación vertical (Pv, mm) e intercepción (If, mm) en el bosque de *Retrophyllum rospigliosii* (2300m), La Mucuy, Parque Nacional Sierra Nevada, estado Mérida, Venezuela

vertical, respectivamente (Tabla 1). Estos valores son muy superiores al 27% reportado para el bosque siempreverde seco (Ataroff y Sánchez 2000) y 21% para el cafetal sombreado (Ataroff y Monasterio 1996) (Tabla 1).

En la selva nublada de La Mucuy, así como en el bosque de *R. rospigliosii*, se observó un incremento en la intercepción a medida que aumentaron las precipitaciones (Figuras 1a y 2a). En ambos casos, utilizando la mitad de los datos tomados en campo, el modelo que presenta el mejor ajuste para este incremento es el binomial positivo, con $R^2=0,85$ y $0,86$ para la selva nublada y el bosque de *R. rospigliosii* respectivamente. Sin embargo, la relación de aumento es mayor para los datos de la selva que para los del bosque de *R. rospigliosii*.

Reanalizando los datos de Ataroff y Sánchez

(2000) para un bosque siempreverde seco y de Ataroff y Monasterio (1996) para un cafetal con sombra, observamos el mejor ajuste con un binomial negativo (utilizando la mitad de los datos), con $R^2=0,96$ y $0,96$ para el bosque siempre verde seco y el cafetal, respectivamente (Figuras 3a y 4a). Ello muestra una leve tendencia a la disminución de la proporción interceptada para las mayores precipitaciones, contrariamente a lo observado para la selva nublada y el bosque de *R. rospigliosii*.

Al generar datos calculados de intercepción con los modelos de mayor ajuste en cada caso y compararlos con la otra mitad de los valores reales (no utilizados para el análisis anterior), se pudo observar una buena relación entre ellos, con coeficientes de correlación de $0,85$, $0,87$, $0,92$ y $0,96$ para selva nublada, bosque de *R. rospigliosii*,

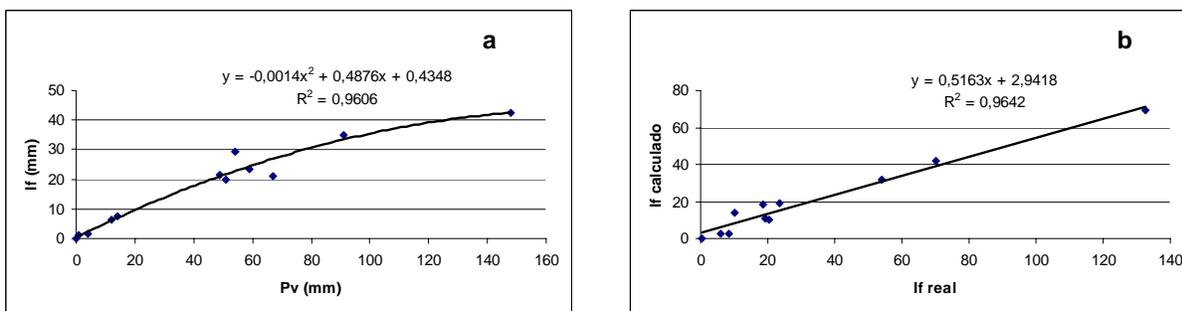


Figura 3. Precipitación vertical (Pv, mm) e interceptión (If, mm) en el bosque siempre verde seco (2250m), El Cobre, estado Táchira, Venezuela. Reanalizado de Ataroff y Sánchez (2000).

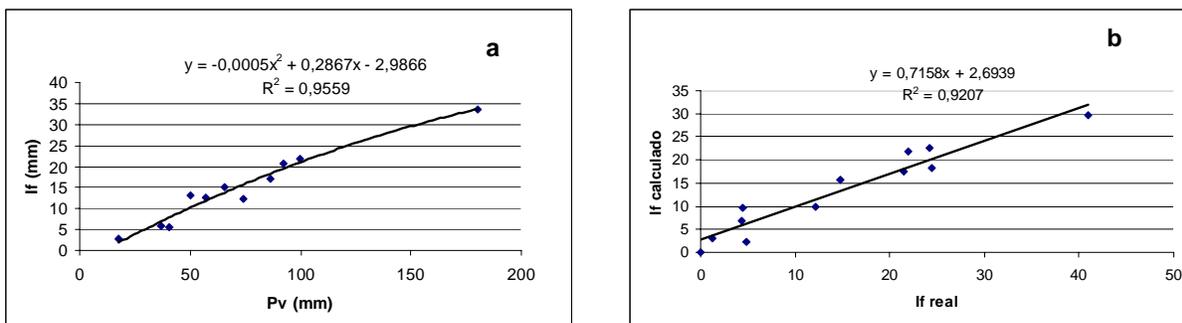


Figura 4. Precipitación vertical (Pv, mm) e interceptión (If, mm) en un cafetal sombreado (1700 m), Canaguá, estado Mérida, Venezuela. Reanalizado de Ataroff y Monasterio (1996).

cafetal y bosque siempreverde seco, respectivamente (Figuras 1b, 2b, 3b y 4b). Ello indica un alto valor predictivo de los modelos a pesar de disponer sólo de valores acumulados semanales o quincenales.

La proporción de agua interceptada dependió del volumen de agua de precipitación en todos los casos excepto el cafetal (Figura 5). Los períodos con precipitaciones menores que 25mm presentaron 61, 60 y 46% de interceptión para selva nublada, bosque de *R. rospigliosii* y bosque siempreverde seco respectivamente. Por el contrario, en períodos con precipitaciones entre 25 y 50mm, o mayores que 50mm, la interceptión fue de 47 a 45% para la selva, 44 a 43% para el bosque de *R. rospigliosii* y 37 a 27% para el bosque siempreverde seco.

En general, la interceptión no sólo depende de los montos de precipitación del lapso medido,

sino también del estatus hídrico previo del dosel. Sin embargo, de los sistemas analizados sólo la selva nublada y el bosque de *R. rospigliosii* mostraron ese efecto en el caso de dosel “seco”, es decir, cuando las precipitaciones fueron bajas en la semana previa (Tabla 2). En ambos sistemas, el porcentaje de interceptión fue mayor cuando la semana anterior tuvo precipitaciones menores que 25mm. Además, ese porcentaje también disminuyó en forma inversa a las precipitaciones (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Aunque no tenemos una cuantificación de la complejidad estructural del dosel, partimos de la premisa de mayor complejidad en la selva nublada, seguida del bosque de *R. rospigliosii*, el bosque siempreverde seco y la menor en el cafetal

INTERCEPCIÓN EN ECOSISTEMAS BOSCOSOS ANDINOS VENEZOLANOS

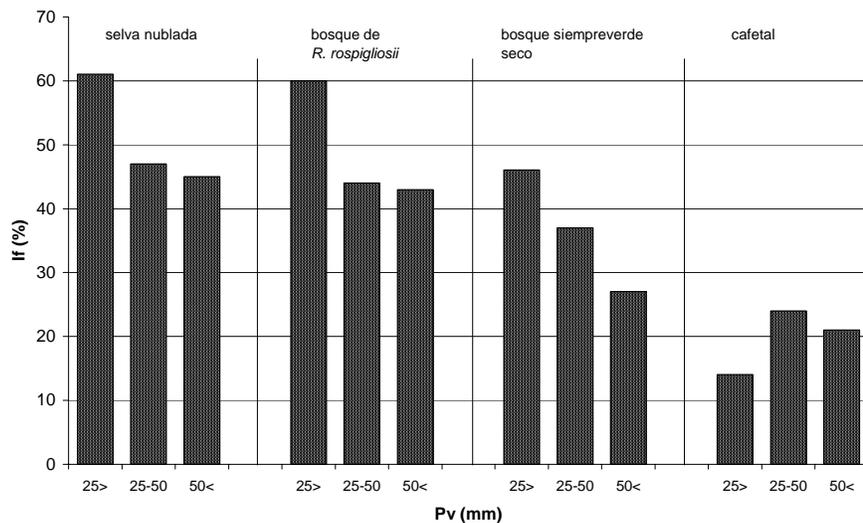


Figura 5. Porcentaje de intercepción (If) dependiendo de la precipitación vertical (Pv) en el período (semana o quincena según el caso), para cuatro sistemas boscosos andinos de Venezuela.

sombreado. De ser así, deberíamos esperar que la intercepción disminuyera en ese mismo orden. Eso es lo que se observa en los resultados presentados: en primer lugar, el monto interceptado aumentó en el mismo sentido del orden de complejidad (Tabla 1). En segundo lugar, ese aumento ocurrió en función de la precipitación en todos los sistemas. Sin embargo, la función que sigue ese aumento fue distinta en cada caso, mostrando una binomial positiva en la selva nublada y el bosque de *R. rospigliosii*, pero con una relación de aumento mayor en la selva nublada, lo que sugiere que esta selva tiene una mayor capacidad de intercepción que el bosque de *R. rospigliosii*.

En el bosque siempreverde seco y el cafetal sombreado, la relación entre precipitación e intercepción se ajustó a una binomial negativa, con una relación de aumento mayor en el bosque siempreverde seco, sugiriendo una mayor capacidad de intercepción en el bosque.

Estos resultados indican que para un mismo monto de precipitación, el dosel de la selva nublada interceptará más que el del bosque de *R. rospigliosii*, éste más que el bosque siempreverde seco y éste a su vez más que el cafetal, según las funciones indicadas en las Figuras 1,2,3 y 4.

Los resultados mostraron que los valores estimados por los modelos binomiales de relación

entre precipitación e intercepción permiten una buena predicción en una base semanal, e incluso quincenal, puesto que su correlación con los valores reales independientes fue muy buena.

Tal como se espera, el porcentaje de intercepción mostró valores altos durante los lapsos de bajas precipitaciones, y valores menores cuando éstas fueron medias y altas, en todos los sistemas excepto el cafetal. Nuevamente, las medidas acumuladas permitieron apreciar este efecto en tres de los cuatro casos. Sin embargo, la relación entre proporción de intercepción y el estatus hídrico previo del dosel, sólo pudo establecerse para la selva nublada y el bosque de *R. rospigliosii*. Estos sistemas mostraron mayor porcentaje de intercepción cuando el dosel recibió pocas precipitaciones en la semana anterior y a su vez una disminución de esa proporción a medida que aumentaron las precipitaciones de la semana posterior, lo que indica que la condición hídrica previa del dosel es determinante de la intercepción cuando las precipitaciones son bajas (menores que 25mm). Por el contrario, cuando las semanas bajo estudio y las precedentes tuvieron precipitaciones medias o altas, es decir el dosel estaba húmedo, los resultados parecen indicar que la condición de humedad previa no es la que determina el porcentaje de intercepción.

Tabla 2. Porcentaje de intercepción semanal dependiendo del monto de precipitación vertical (Pv, por rangos) y de la precipitación de la semana previa (Pv, por rangos), para cada sistema. Entre paréntesis: número de semanas.

semana en curso		semana previa		
		25mm≥Pv	25<Pv> 50	Pv ≤ 50mm
Selva nublada	25mm≥Pv	71 (n=12)	58 (n=6)	56 (n=9)
	25<Pv> 50	41 (n=4)	48 (n=12)	48 (n=9)
	Pv ≤ 50mm	41 (n=10)	40 (n=6)	47 (n=36)
Bosque de <i>R. rospigliosii</i>	25mm≥Pv	62 (n=13)	61 (n=5)	55 (n=9)
	25<Pv> 50	32 (n=5)	43 (n=11)	43 (n=8)
	Pv ≤ 50mm	47 (n=9)	33 (n=7)	45 (n=36)
Bosque siempreverde seco	25mm≥Pv	44 (n=1)	27 (n=10)	70 (n=2)
	25<Pv> 50	34 (n=2)	39 (n=2)	-- (n=0)
	Pv ≤ 50mm	33 (n=2)	-- (n=0)	21 (n=2)
Cafetal con sombra	25mm≥Pv	12 (n=5)	25 (n=1)	9 (n=1)
	25<Pv> 50	20 (n=1)	26 (n=4)	24 (n=2)
	Pv ≤ 50mm	19 (n=1)	24 (n=2)	20 (n=5)

Esos dos sistemas tuvieron datos acumulados por un lapso menor (semanales) y durante más tiempo (29 meses), por lo que la información disponible para el análisis fue mucho mejor que para los otros casos. Es a esto que atribuimos la dificultad de definir un patrón de respuesta dadas las precipitaciones del lapso en curso y previo, en el caso del bosque siempreverde seco y el cafetal bajo sombra. Así, para este tipo de análisis, es importante contar con lapsos cortos y un alto número de medidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Inparques por permitirnos trabajar en el Parque Nacional Sierra Nevada, estado Mérida, Venezuela, en el sector La Mucuy. Agradezco a Hilda Bastardo, Sara Sofía y todo el personal del Campo Experimental Truchícola La Mucuy (INIA) por permitirnos los datos de clima y todo su apoyo logístico. Este trabajo recibió financiamiento parcial de CDCHT-ULA (C-703-95). Agradezco especialmente la valiosa ayuda en el trabajo de campo de Hely Saul Rangel, Nelson J. Márquez y Alexander Nieto.

LITERATURA CITADA

ACEVEDO, M., M. ATAROFF, S. MONTELEONE y C. ESTRADA. 2003. Heterogeneidad estructural y lumínica del sotobosque de una selva nublada andina de Venezuela. *Interciencia* 28 (7): 394-403

ATAROFF, M. y M. MONASTERIO. 1996. Impacto ecológico de los agroecosistemas cafetaleros en el Estado Mérida. Pp 197-224, *in* R. Giacalone (Ed.): Mérida a Través del Tiempo. Siglos XIX y XX Política, Economía y Sociedad, capítulo 8. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

ATAROFF, M. y M. MONASTERIO. 1997. Soil erosion under different management of coffee plantations in the Venezuelan Andes. *Soil Technology* 11:95-108

ATAROFF, M. y F. RADA. 2000. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *Ambio* 29(7): 440-444

ATAROFF, M. y L. A. SÁNCHEZ. 2000. Precipitación, intercepción y escorrentía en cuatro ambientes de la cuenca media del río El Valle, estado Táchira, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 41(1): 11-30

GASH, J.H.C., C.R. LLOYD y G. LACHAUD. 1995. Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *Journal of Hydrology* 170(1-4):79-86

INTERCEPCIÓN EN ECOSISTEMAS BOSCOSOS ANDINOS VENEZOLANOS

- LAMPRECHT, H. 1954. Estudios selviculturales en los bosques del valle de La Mucuy, cerca de Mérida. Fac. Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- RODRIGUEZ, J.E. y M. M. BALLESTEROS. 1997. Diversidad biológica vegetal y funcionamiento del bosque alto andino circundante al embalse del Neusa (Cundinamarca). Informe Técnico Final. Fondo FEN, Colombia.
- RUTTER, A.J. y MORTON, A.J. 1977. A predictive model of rainfall interception in forests. III. Sensitivity of the model to stand parameters and meteorological variables. *Journal of Applied Ecology* 14:567-588
- RUTTER, A.J., A. J. MORTON y P. C. ROBINS. 1975. A predictive model of rainfall interception in forests. II. Generalisation of the model and comparisons in some coniferous and hardwood stands. *Journal of Applied Ecology* 12:367-380
- SALM, H. 1997. Erosión de suelos bajo diferentes tipos de uso de la tierra en el valle del río Camacho, Departamento de Tarija-Bolivia. Pp 159-167, *in*: Liberman, M. and Baied C. (eds): Desarrollo sostenible de ecosistemas de montañas: manejo de áreas frágiles en Los Andes. UNU- PL-480, La Paz, Bolivia,
- STEINHARDT, U. 1979. Untersuchungen über den Wasser- und Nährstoffhaushalt eines andinen Wolkenwaldes in Venezuela. *Göttinger Bodenkundliche Berichte* 56, 1-185.
- VENEKLAAS, E. y R. VAN EK. 1990. Rainfall interception in two tropical montane rain forests, Colombia. *Hydrological Processes* 4:311-326

Recibido 26 de julio de 2002; revisado 26 de junio de 2003;
aceptado 18 de julio de 2003