

Precipitación, intercepción y escorrentía en cuatro ambientes de la cuenca media del río El Valle, estado Táchira, Venezuela

Precipitation, interception and runoff in four systems of the medium basin of the El Valle river in Táchira state, Venezuela

Michele Ataroff¹ y Luz Amelia Sánchez²

Recibido: abril, 1998 / Aceptado: febrero, 1999

Resumen

Con la idea de analizar la dinámica hídrica del bosque natural y los cambios que ésta sufre cuando el bosque es reemplazado por cultivos de hortalizas, pastizales para ganadería lechera y cultivos de manzanos, hemos estudiado durante dos años las entradas de agua por precipitación y riego, las salidas por escorrentía, así como la intercepción de agua por parte del follaje, en esos cuatro sistemas dominantes en la cuenca media del río El Valle, El Cobre, estado Táchira, a 2250 m.s.n.m. en Los Andes de Venezuela. Los resultados muestran que el bosque presenta la mayor intercepción de agua en el follaje, mientras el cultivo de hortalizas presenta las mayores pérdidas por escorrentía. De los tres cultivos estudiados, apio, zanahoria y papa, el de papa presentó los mayores valores de intercepción y los menores de escorrentía, mientras el de zanahoria mostró los menores valores de intercepción y los mayores de escorrentía.

Palabras clave: dinámica hídrica; precipitación; intercepción; escorrentía; bosque siempreverde seco; apio; zanahoria; papa; manzano; Andes; Venezuela

Abstract

The purpose of this work was to study water dynamics of a natural evergreen dry forest and the changes that occur when it is replaced by horticultural crops, pastures and apple orchards. We have studied water input by precipitation and irrigation, outputs by runoff, and interception by foliage during two years in these four dominant systems. The study sites were located at 2250 m.a.s.l. in the El Valle river watershed, El Cobre, State of Táchira, in the Venezuelan Andes. The results show a greater water interception by foliage in the forest, while the horticultural crops present the highest runoff losses. Comparing the tree studied crops: arracacha, carrot and potato, this last one presented the highest interception and lowest runoff, while carrot showed the lowest interception and highest runoff.

Key words: water dynamics; precipitation; interception; runoff; dry evergreen forest; arracacha; carrot; potato; apple; Andes; Venezuela.

1 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Centro de Investigaciones Ecológicas de Los Andes Tropicales (CIELAT), Mérida-Venezuela. E-mail: ataroff@ciens.ula.ve

2 Centro de Ecología de las Tierras Altas (CETA), El Cobre, Táchira-Venezuela. E-mail: nrebolle@neblina.reacciun.ve

***floribunda*, *Psidium caudatum*, *Psidium guianense*, *Rapanea ferruginea*.** El bosque estudiado se encuentra sobre pendientes pronunciadas (89%).

Cultivo de hortalizas: Desde mayo de 1994 hasta abril de 1996, trabajamos en una ladera cultivada, con pendiente de 76%. Al inicio del trabajo existía un cultivo de apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) el cual fue plantado en noviembre de 1993. Durante el lapso de estudio, se realizó un deshierbe en septiembre y una aireación en octubre de 1994. Luego de una cosecha parcial en enero de 1995, en abril el apio fue cosechado totalmente y se sembró zanahoria (*Daucus carota* L.). En julio de 1995 el terreno fue fertilizado y la zanahoria fue cosechada en agosto de 1995. En septiembre el terreno fue arado, mediante tres pases de arado con yuntas de bueyes, y se sembró papa (*Solanum tuberosum*) en octubre de 1995, aplicando fertilizante orgánico ese mismo mes. Este nuevo cultivo sufrió un aporque y una fertilización química en noviembre, se le aplicó un herbicida en diciembre, un pesticida en enero y otro herbicida en febrero. Finalmente, fue cosechada en abril de 1996, momento en el que terminamos el trabajo. Durante todo este lapso, se aplicó riego por aspersión durante los meses más secos. El estudio de dinámica del agua y erosión se continuó durante todas estas etapas.

Estos cultivos se desarrollaron en terrenos de la finca El Paraíso, donde desde 1980 se ha realizado la llamada labranza convencional, en la cual se utiliza arado tirado por bueyes, rastras y aperos mecánicos para remover el suelo antes de la siembra (Vega *et al.* 1992), con ciclos sucesivos de papa, repollo, zanahoria y apio. Con anterioridad, entre 1940 y 1980, los terrenos de la finca estuvieron abandonados en barbecho hasta resolverse un problema legal de sucesión.

Pastizal: Corresponde a un pastizal de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.), sobre una pendiente de 52%, donde eventualmente pasta ganado vacuno. En los dos años de estudio, el ganado pastó en la parcela una sola vez en octubre de 1994.

Manzanos sobre banales: Se trata de un cultivo de manzano (*Malus sylvestris* Miller), plantado en 1992 sobre banales de 3,5 m de ancho, con pendiente < 5%, construidos por el dueño de la finca Mesa del Palmar como práctica antierosiva, con una densidad de siembra alta (dos metros entre plantas). Se utiliza la gramínea *Phalaris tuberosa* a manera de barrera viva en el borde libre del banal. Posee sistema de riego.

Materiales y métodos

En febrero de 1994, instalamos 12 parcelas de escorrentía (Figura 2), tres

patrón intermedio entre el del Páramo El Zumbador (2500 m.s.n.m., en el cambio de vertiente hacia la región llanera) de distribución unimodal y el de Angostura (1880 m.s.n.m.) en la parte media de la cuenca, netamente bimodal.

Ese patrón intermedio que se observa en Mesa del Palmar, no es constante (Tabla 1). De los seis años de datos existentes, dos muestran el patrón bimodal de influencia lacustre (1991 y 1994) y el resto es muy irregular (1992, 1993, 1995 y 1996) (Tabla 1).

La variabilidad interanual es marcada, con valores entre 661 y 1337 mm durante 6 años (1991-96, Tabla 1). Los meses que presentan una mayor variabilidad son los de mayores precipitaciones, abril y octubre, con diferencias de 216 mm para abril y 243 mm para octubre entre el año más lluvioso y el más seco. Por el contrario, diciembre, enero y febrero son siempre los meses más secos.

Pudimos analizar en detalle 181 eventos de precipitación, los cuales mostraron baja magnitud y baja intensidad (Figuras 4 y 5). El 54% de los eventos fueron menores de 2,4 mm y sólo el 18% tuvieron valores mayores de 9,5 mm (umbral de las lluvias consideradas de impacto erosivo). De estas lluvias mayores de 10 mm, el 84% tuvo intensidades menores de 20 mm h⁻¹ en sus 30 min de máxima intensidad y sólo el 3% tuvo intensidades máximas mayores de 40 mm h⁻¹ (Figura 5). Esto significa que la probabilidad ocurrencia de lluvias erosivas es baja, lo cual se

evidencia con los resultados que presentamos a continuación.

Erosividad de las lluvias

La erosividad de las lluvias fue muy baja en el área y período de estudio. Hemos podido analizar la erosividad de las lluvias de seis meses: tres de los más lluviosos (agosto, septiembre y octubre de 1994) y tres de los más secos (diciembre 1994, enero y febrero de 1995), que representan el 42 % de las precipitaciones del año. El cálculo del índice EI₃₀ para estos 6 meses da un valor de 1.154 Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ (Tabla 2). Si asumimos que el valor que se obtendría para todo el año sea proporcional al porcentaje de las precipitaciones, esperaríamos un valor de 1.594 Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ para los seis meses restantes (58% de las precipitaciones), es decir un valor estimado anual de 2.748 Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹.

Este valor del índice EI₃₀ es similar al de 2.327 Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ (media de cuatro años) calculados en Canaguá, estado Mérida, a 1730 m.s.n.m. de altitud y 1780 mm de precipitación (Ataroff y Monasterio datos no publicados). Estos valores son mucho menores que el de 15.148 Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹ estimado anual por Lizaso (1980) en base a seis meses (50% de la precipitación total) para La Concepción, estado Portuguesa, a 1200 m.s.n.m. de altitud y 2998 mm de precipitación (890 ton pie pulgada acre⁻¹ h⁻¹ en el trabajo original, recalculado según Foster *et al.* 1981)

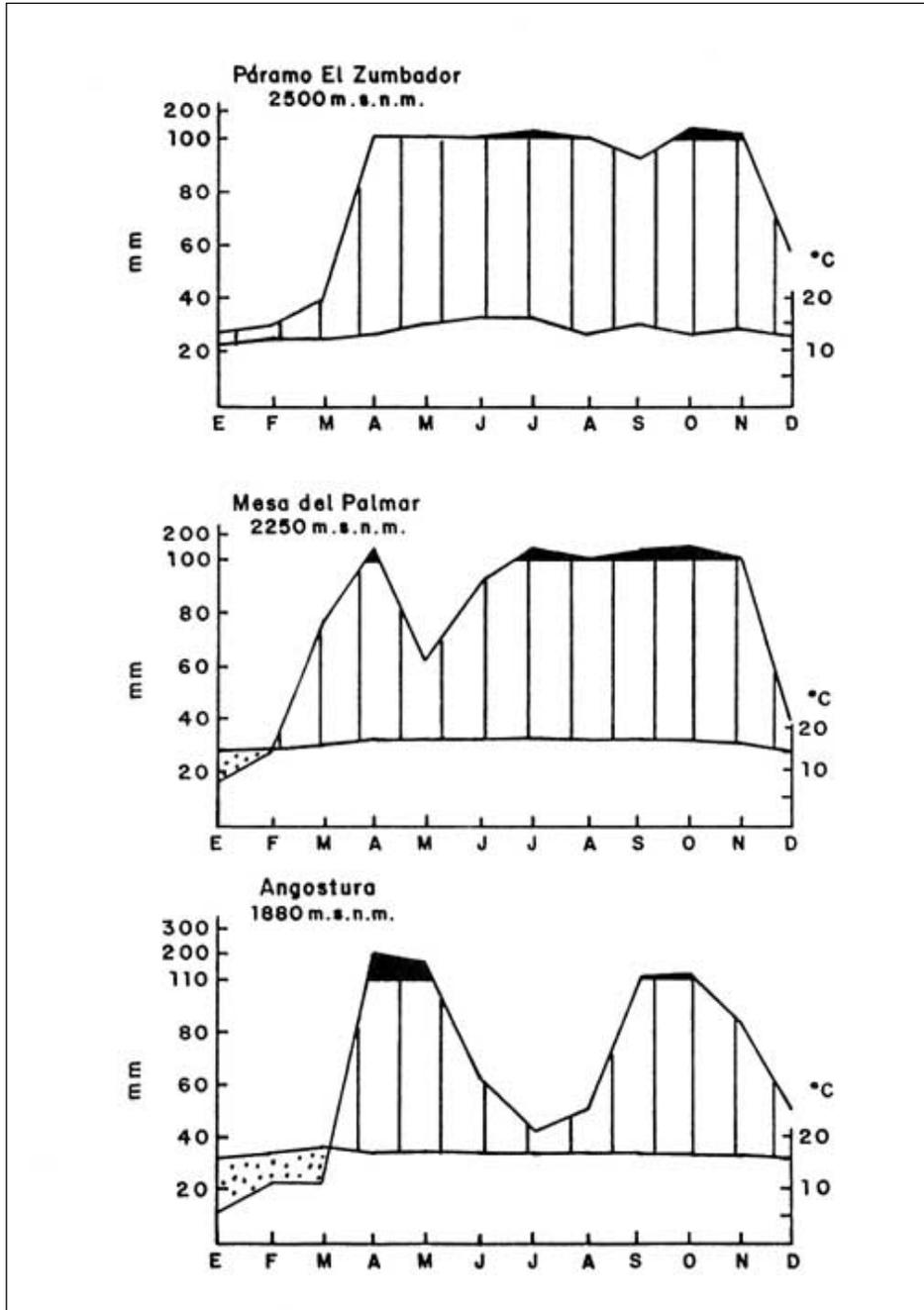


Figura 3. Climadiagramas de: a) Páramo El Zumbador (2500 m.s.n.m.), b) Mesa del Palmar (2250 m.s.n.m.) y Angostura-El Cobre (1880 m.s.n.m.), estado Táchira-Venezuela.

Cuadro 1. Precipitación mensual (mm) en La Mesa del Palmar, El Cobre, estado Táchira, Venezuela. Período de 1991 a 1993 datos de pluviógrafo instalado por FONAIAP; período de 1994 a 1996 datos de DataLogger LICOR LI-1000.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1991	0	12	172	140	60	58	97	124	105	88	97	36	989
1992	0	14	0	31	49	79	176	69	96	41	80	26	661
1993	33	20	27	67	123	116	113	101	95	32	113	35	875
1994	13	17	110	247	46	91	102	91	164	275	160	20	1337
1995	4	11	102	150	110	119	130	120	140	100	49	60	1025
1996	52	90	50	80	55	90	80	100	75	180	105	63	1020
X	17	27	77	119	74	92	116	101	113	119	101	40	997

Cuadro 2. Erosividad de las lluvias (EI_{30}) y número de eventos considerados (>10 mm), para seis meses (tres lluviosos y tres secos), El Cobre, estado Táchira, Venezuela.

	Ago '94	Sep'94	Oct '94	Dic '94	Ene '95	Feb '95
EI_{30}	43	433	678	0	0	0
Eventos > 10 mm	2	6	10	0	0	0
Mm totales	91	164	275	20	4	11

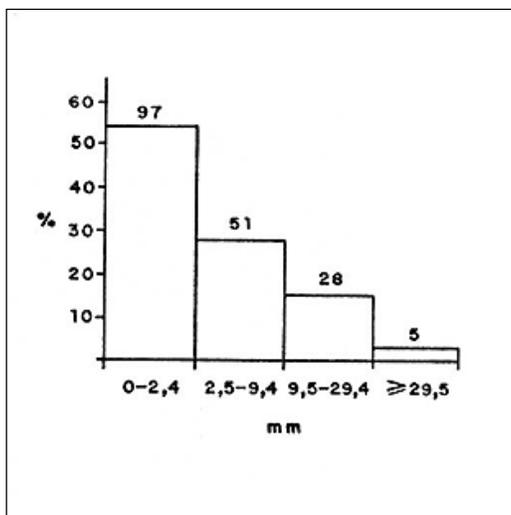


Figura 4. Distribución de las lluvias según su magnitud, Mesa del Palmar (2250 m.s.n.m.), El Cobre, estado Táchira-Venezuela.

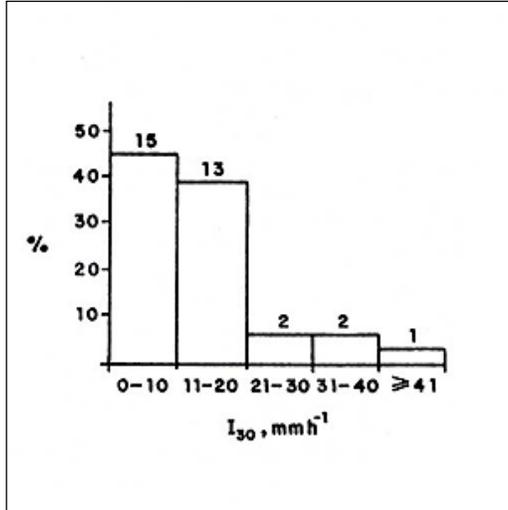


Figura 5. Distribución de las lluvias mayores de 10 mm según su intensidad máxima en 30 min (I₃₀). Mesa del Palmar (2250 m.s.n.m.), El Cobre, estado Táchira-Venezuela.

Distribución horaria de las lluvias

Del análisis de los 181 eventos que pudimos estudiar separadamente, se evidencia que la mayor parte de los eventos ocurre en horas de la tarde y primera mitad de la noche: 39% entre las 13 y 18 horas, y el 38% entre las 19 y las 24 horas; mientras sólo el 18% ocurren entre la 01 y las 06 de la madrugada, y 5% precipitan entre las 07 y las 12 horas. Esto indica una alta probabilidad de mañanas despejadas, con mayor insolación, y por el contrario una mayor probabilidad de nubosidad en horas de la tarde y comienzos de la noche. Como consecuencia, las laderas de la margen izquierda y el centro del valle del río El Valle (zonas donde se ubican las parcelas bajo estudio), deben tener mayor radiación y ser más secas que el resto del área, por su orientación sur-este.

Intercepción

El agua que entra al sistema por precipitación (pp) o riego por aspersión (Ri), no llega toda al suelo sino que parte es interceptada por la vegetación (I). Esta intercepción se calcula $I = (pp + Ri) - Pe$, siendo Pe la precipitación efectiva.

El efecto erosivo del agua que llega verticalmente al sistema, es amortiguado en distinto grado dependiendo de la capacidad de la vegetación de retener agua entre sus estructuras aéreas, mayormente en su follaje. En el cálculo del balance hídrico, se asume que el agua interceptada se evapora, siendo esa una de las vías de pérdida para el sistema. Esa intercepción depende fundamentalmente de las características del follaje, en particular de su cobertura, es decir, si comparamos la intercepción de diferentes tipos de vegetación, esperamos que ésta aumente a medida que aumenta la cobertura.

En promedio, durante los dos años de estudio, el bosque siembreverde seco tuvo una cobertura del 80% del suelo, mientras para los manzanos fue de 66% y para los cultivos de hortalizas fue de 43%. Por su parte, el pastizal tuvo una cobertura del 100% por sus características cespitosas. En ese mismo orden esperaríamos que ocurriera la intercepción de agua por el follaje.

La intercepción en el bosque siembreverde seco fue alta, 27% en promedio de dos años (30% el primer año y 24% el segundo), lo cual está en el rango de lo observado en otros sistemas forestales (Figura 6). Le sigue el sistema de manzanos, con una intercepción del 19% (24% el primer año y 14% el segundo), equivalente al agua que ingresó por riego que fue 19% del total de agua incidente (28% el primer año y 18% el segundo). El sistema con menor intercepción fue el de los cultivos de hortalizas, los cuales en promedio interceptaron el 17% del agua incidente (15% el primer año y 19% el segundo). El pastizal, a pesar de tener una cobertura del 100%, mostró una intercepción del 20% (16% el primer año y 23% el segundo), probablemente por la superficie de sus hojas rectas y oblicuas canalizando el agua hacia su tallo, más que reteniéndola.

De los cultivos de hortalizas, el apio presentó las mayores coberturas, con un promedio de 59% durante el ciclo de cultivo, seguido de la papa con 29% y la zanahoria con 20%. Como era de esperarse, la intercepción de agua en el

cultivo de apio (15%) fue mayor que en el de zanahoria (7%), pero el cultivo de papa mostró la intercepción más alta (27%) (Figura 7). A continuación presentamos un análisis detallado de la intercepción en este cultivo a medida que avanza su desarrollo.

La secuencia de cambios en la cobertura está relacionada con el desarrollo de las plantas y las actividades agrícolas. Así, entre la siembra de la papa y los primeros tres meses de desarrollo, la cobertura aumenta de 5% a 85% (Figura 8). Luego, con la aplicación de un herbicida la cobertura del follaje disminuye al 5% y comienza a recuperarse durante el siguiente mes. Sin embargo, con la cosecha, la cobertura disminuye de nuevo (Figura 8). La intercepción del agua por parte de las estructuras aéreas de las plantas durante este ciclo muestra un aumento paulatino en las primeras etapas del desarrollo de la papa, llegando a un máximo en su capacidad de intercepción a los dos meses (Figura 8). Luego, a pesar de que las plantas siguen creciendo, no se observa un aumento en el agua interceptada. La intercepción disminuye poco al disminuir la cobertura por aplicación de un segundo herbicida a los tres meses y medio de iniciado el ciclo, ya que las estructuras muertas siguen en pie y son capaces de retener mucha agua, así que desde el punto de vista de la intercepción se mantiene una acumulación de material muerto que puede seguir reteniendo agua hasta que el cultivo es cosechado (Figura 8).

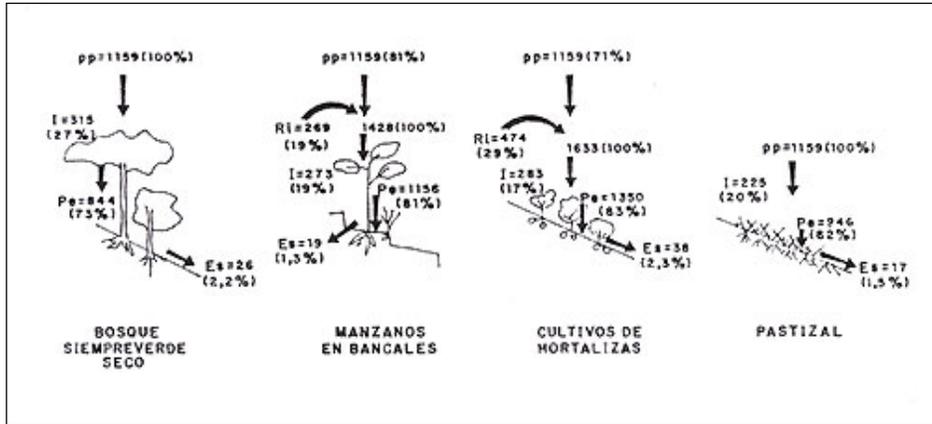


Figura 6. Flujos de agua en a) bosque siempreverde seco, b) manzanos cultivados en bancales, c) cultivos de hortalizas, y d) pastizal, en El Cobre, estado Táchira-Venezuela. Valores entre paréntesis: porcentaje del total de agua que ingresa en cada sistema; valores fuera de paréntesis: monto absoluto en mm, media de dos años. pp: precipitación; Ri: riego; I: intercepción; Pe: precipitación efectiva; Es: escorrentía.

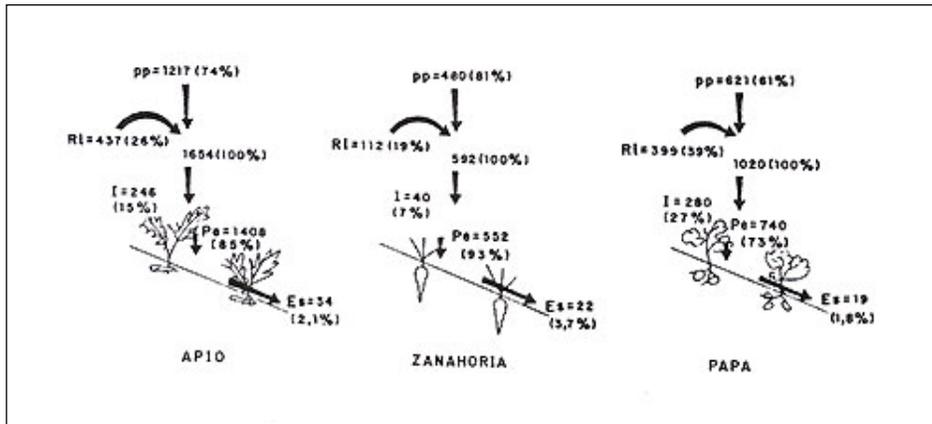


Figura 7. Flujos de agua durante el ciclo de tres cultivos consecutivos: a) apio (mayo 1994-abril 1995), b) zanahoria (mayo 1995-agosto 1995) y c) papa (octubre 1995-abril 1996), en El Cobre, estado Táchira-Venezuela. Valores entre paréntesis: porcentaje del total de agua que ingresa en cada sistema; valores fuera de paréntesis: monto absoluto en mm, por cada ciclo de cultivo. pp: precipitación; Ri: riego; I: intercepción; Pe: precipitación efectiva; Es: escorrentía.

Además de las características físicas del follaje, la intercepción depende de cuan saturado de agua esté ese follaje. La Figura 9 muestra la relación entre la

precipitación total y la intercepción en el bosque siempreverde seco, así como su ajuste a dos modelos: lineal y exponencial. El comportamiento de la

intercepción es incierto para valores altos de precipitación, los cuales no responden a ninguno de los modelos. Los resultados muestran que los dos puntos de mayor precipitación tienen valores de interceptión difíciles de interpretar, seguramente por tratarse de acumulados quincenales, lo cual es mucho tiempo para este tipo de análisis. Sin embargo, obviando esos puntos, el ajuste exponencial para la curva envolvente es bueno, utilizando la ecuación propuesta por Aston (1979) y probada en bosques nublados de Los Andes de Colombia (Veneklaas y Van Ek 1990):

$$I = K (1 - \exp (- (a/K) \cdot pp))$$

donde I es la interceptión dada una cierta pp (precipitación total), K es la interceptión máxima quincenal (45 mm en este estudio) y el coeficiente a es la pendiente de la curva cuando pp tiende a cero (0,59 en este estudio). Según este análisis, la interceptión aumenta en forma lineal con la precipitación hasta $pp=60$ mm. Esto sugiere que el follaje no llega a saturarse mientras la precipitación no alcanza este umbral, pero para que esto suceda bajo pp tan altas como 60 mm quincenales debería ocurrir que la mayoría de las precipitaciones sean de baja magnitud e intensidad, lo cual es cierto en este caso tal como se mostró en la sección anterior (Figuras 4 y 5).

La Figura 10 muestra la relación entre los valores reales de interceptión y los calculados con el modelo

exponencial. Se observa que el ajuste es bueno para el primer año cuando los valores son quincenales (coef. corr. $r=0,81$), a pesar de que la ecuación original es para valores semanales, pero para el segundo año con sólo valores mensuales el modelo no funciona (coef.corr. $r=-0,08$).

El ajuste lineal ha sido utilizado satisfactoriamente en modelizaciones en bosques caducifolios templados (Nizinski y Saugier 1988). En este estudio, se muestra que también es bueno ($I = 0,36$ pp, Figura 9), al menos hasta pp menores de 120 mm quincenales, por lo que no es descartable.

Escorrentía

Las mediciones de escorrentía muestran que los cultivos de hortalizas tienen los mayores valores, 2,3% del total de agua que ingresó al sistema (Figura 6), promedio de los valores de escorrentía correspondientes a los tres cultivos que se sucedieron durante los dos años de estudio. De ellos, la mayor escorrentía ocurrió con el cultivo de zanahoria (3,7%), seguido del de apio (2,1%) y del de papa (1,8%) (Figura 7), siguiendo una secuencia inversa a la de interceptión. Los resultados para el cultivo de apio son consistentes con los valores de interceptión, es decir, indican que pasa más agua entre el follaje del que se esperaría por su cobertura (59%). Se presume que esto sea consecuencia de la arquitectura del follaje de las plantas de apio.

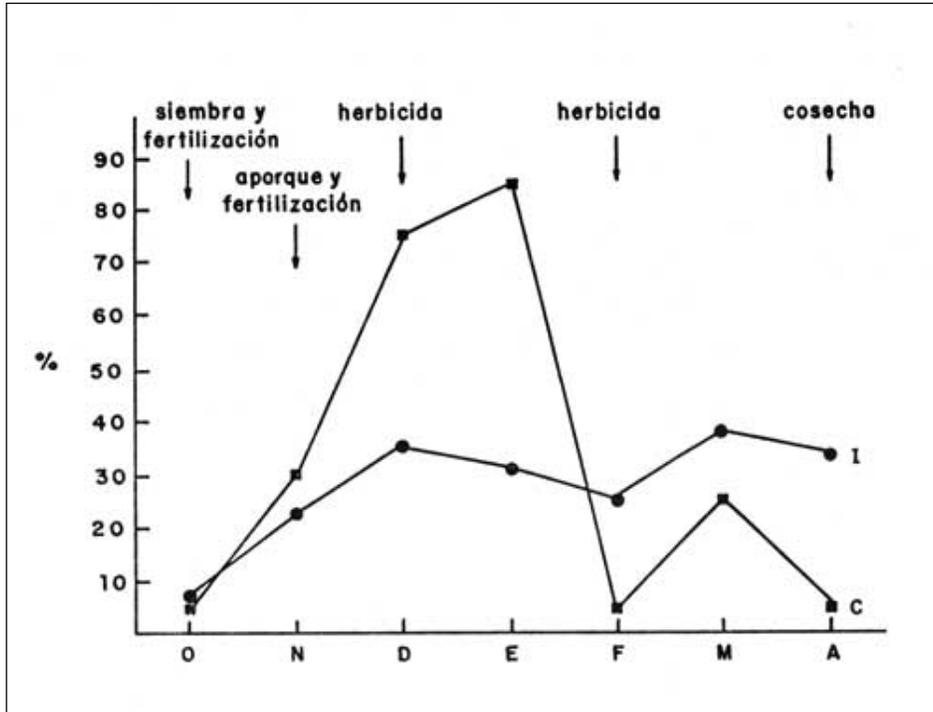


Figura 8. Porcentaje de intercepción (I) y de cobertura (C) del follaje durante el ciclo de cultivo de la papa, desde su siembra hasta su cosecha, en El Cobre, estado Táchira-Venezuela.

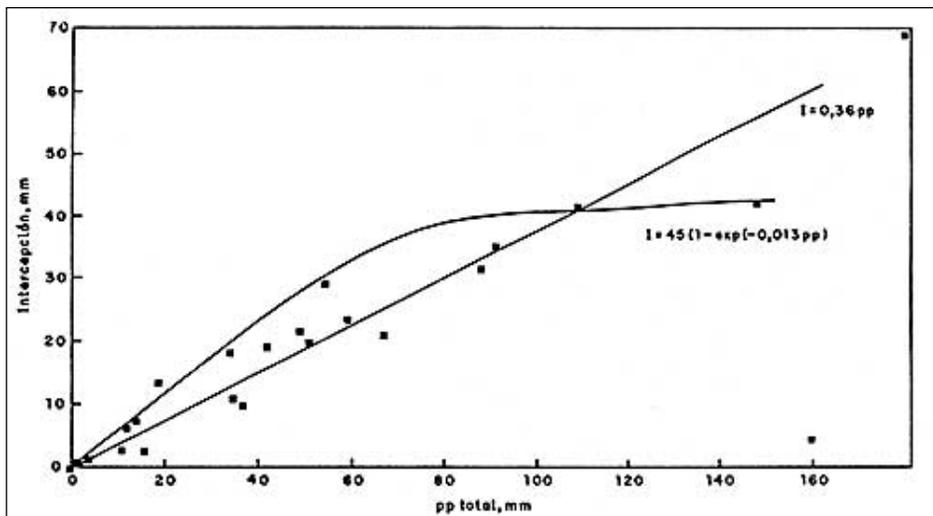


Figura 9. Precipitación total (pp total) vs intercepción (I) en el bosque siempreverde seco, El Cobre, estado Táchira-Venezuela.

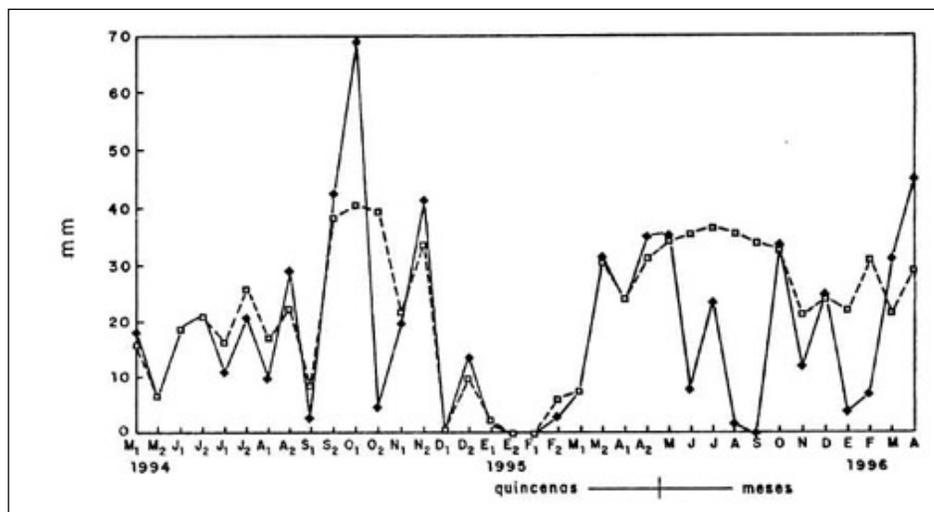


Figura 10. Relación entre los valores reales de interceptación y los calculados con la expresión: $I = K (1 - \exp(-a/k \cdot pp))$, donde K es la I quincenal máxima y a es la pendiente de la curva cuando pp tiende a cero. Bosque siempreverde seco, El Cobre, estado Táchira-Venezuela.

Los valores de escurritía en cultivos de papa encontrados en otros estudios también son relativamente bajos. Sarmiento (1995) registró 1,4% y 1,9% de escurritía en relación a la precipitación total en dos años sucesivos con ese cultivo en el páramo de Gavidia, estado Mérida, Venezuela, a 3400 m.s.n.m. y con 22% de pendiente. Estos resultados son probablemente consecuencia de un incremento en la velocidad de infiltración debida a la modificación de la estructura de los primeros centímetros de suelo por actividad agrícola: por ejemplo, en Gavidia cada ciclo de cultivo de papa implica 3 pases de arado desde la preparación del terreno hasta la cosecha, y en El Cobre hemos registrado un pase de arado antes de la siembra, un aporque después de un mes de sembrado

y cosecha con escardilla a los seis meses de la siembra.

El bosque siempreverde seco presentó valores de escurritía relativamente altos comparados con los otros ambientes (Figura 6): 1,8% durante el primer año y 2,7% durante el segundo. Esto no concuerda con lo esperado por su menor precipitación efectiva, sin embargo, puede ser consecuencia de la capa de hojarasca, la cual al embeberse actúa como un techo sobre el suelo favoreciendo el movimiento del agua sobre la capa de hojas, como se ha referido para otros sistemas (Ataroff y Monasterio 1996). Los montos de hojarasca (promedio de cinco meses) en este sistema son muy superiores al resto estudiado: $9,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ en bosque, $0,93 \text{ Mg ha}^{-1}$ en cultivo de

apio, 0,40 Mg ha⁻¹ en pastizal y 0,35 Mg ha⁻¹ en cultivo de manzanos. Así, el efecto “teja” de la hojarasca contrarrestaría el efecto de la mayor capacidad de infiltración.

Es interesante notar que, en el pastizal y el cultivo de manzanos, la escorrentía está altamente correlacionada con el agua incidente: $r= 0,97$ para el pastizal y $r= 0,75$ para los manzanos. Por el contrario, en el bosque y los cultivos de hortalizas la correlación es baja, $r= 0,69$ y $r=0,54$ respectivamente, sugiriendo que en estos sistemas la escorrentía depende más de otros factores, como por ejemplo del efecto de la hojarasca y de las modificaciones de la estructura del suelo por actividades agrícolas.

Conclusiones

La dinámica del agua en cada ecosistema o agroecosistema en particular de una cuenca dada, afecta al ambiente general en dos aspectos: caudal de los grandes cursos de agua y erosión (degradación del sustrato de las laderas). A su vez, la dinámica del agua es modelada por la vegetación, y ésta es modificada por el manejo. Así, nuestro interés en este tipo de estudios está centrado en analizar como el manejo de un sistema afecta la dinámica del agua y discutir como estos cambios pueden afectar al ambiente general.

Las entradas de agua en los sistemas estudiados a lo largo de dos ciclos

anuales (Figura 11), muestra que la estacionalidad de las precipitaciones tiene grandes diferencias interanuales tanto en su patrón como en sus montos, pero muestra también, que éstos pueden ser modificados grandemente por la aplicación de riego. Estos cambios en el agua incidente repercuten en la magnitud y distribución de la precipitación efectiva (Figura 11), sin embargo, las variaciones de su importancia porcentual dependen más de la vegetación y de su fenología, que del agua incidente.

Por su parte, la escorrentía muestra dos comportamientos distintos, uno en el bosque y el cultivo de hortalizas y otro en el pastizal y los manzanos (Figura 11). El bosque y el cultivo de hortalizas son los ambientes con mayor pendiente y mayor hojarasca, hecho éste que parece condicionar un mayor flujo de escorrentía en promedio todo el año pero menor cuando las precipitaciones son extremas. Por el contrario, en el pastizal y el cultivo de manzanos con pendientes moderadas y bajas, y poca hojarasca, la escorrentía se mantiene baja todo el año pero aumenta mucho cuando las precipitaciones son muy altas. Así, la capacidad de amortiguar el impacto de las grandes tormentas sobre el flujo en superficie es mayor en los ambientes de bosque y hortalizas que en los otros dos.

En forma global, el cultivo de hortalizas presenta una dinámica hídrica que favorece a la erosión del suelo, más que el resto de los ambientes (Figura 6), por su menor intercepción y mayor

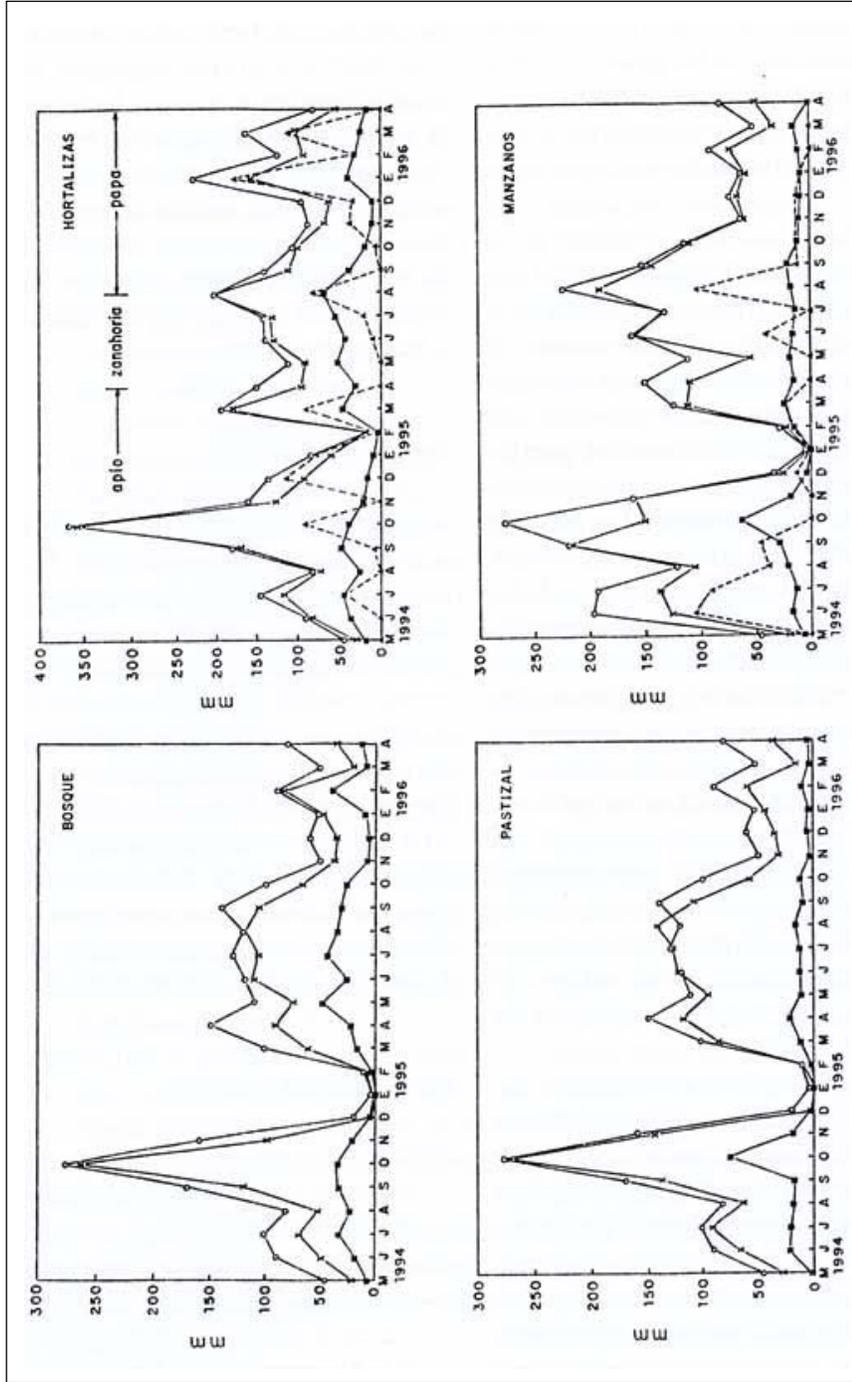


Figura 11. Agua incidente total, riego, precipitación efectiva y escorrentía en Bosque siempreverde seco, pastizal, cultivos de hortalizas y de manzanos, El Cobre, estado Táchira-Venezuela. Los valores de escorrentía tienen un aumento x10 para poder ser representados en la misma escala. O: total agua incidente, x: precipitación efectiva, ■: escorrentía x10, ▲: riego (línea punteada).

escorrentía. A esto, hay que sumar el efecto mecánico de las gotas de lluvia y del riego, el cual puede provocar mayor desagregación de partículas en la superficie del suelo hortícola por tener mayor proporción de suelo sin cobertura. Así, si el aumento de la erosividad de las lluvias coincidiera con los momentos de arado, cosecha o siembra de estos cultivos anuales, el impacto sobre el suelo pudiera aumentar considerablemente. No tenemos aún suficientes datos de erosividad, pero los que hemos presentado parecen indicar que este factor presenta los mayores valores durante los meses más lluviosos. Para el período estudiado, las actividades agrícolas que dejan el suelo desprotegido se hicieron en abril '95 (cosecha del apio y siembra de la zanahoria), agosto '95 (cosecha de la zanahoria), septiembre '95 (arado) y octubre '95 (siembra de la papa), cuatro meses en los que llovió el 50% de las precipitaciones del año 1995 y por lo mismo pensamos que pudieron presentar los mayores valores de erosividad. De ser así, el calendario agrícola utilizado en el cultivo de hortalizas bajo estudio no parecería ser muy adecuado.

Entre los cultivos analizados, el que presentó peores condiciones hídricas desde el punto de vista de la erosión, fue el cultivo de zanahoria con mínima interceptación y cobertura, y máxima escorrentía (Figura 7). Sin embargo, sabemos por el estudio de erosión realizado simultáneamente que aunque el cultivo de zanahoria presentó gran

pérdida de suelo fue el cultivo de papa el que mostró mayores pérdidas por erosión (Sanchez *et al.* 1999). Esto apoya la posición sostenida en otros trabajos de que en zonas montañosas cultivadas, el impacto de las actividades agrícolas sobre la erosión es mayor que el efecto de la dinámica hídrica, aunque se siga denominando "erosión hídrica" (Ataroff y Monasterio 1997b).

Agradecimiento

Agradecemos al Ing. N. Ortiz, dueño de la finca Mesa del Palmar, al Dr. P. Roa, dueño de la finca El Paraíso, y al Ing. J.J. Pacheco, por todo el apoyo prestado para la realización de esta investigación. Este trabajo recibió apoyo financiero del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes (CDCHT-ULA, proyectos C-643-94-E y C-703-95-A) y de FUNDACITE-Táchira. Agradecemos a la Red Latinoamericana de Botánica, quien otorgó una beca a Luz A. Sánchez durante el lapso 1994-95.

Referencias citadas

- ASTON, A.R. 1979. *Rainfall interception by eight small trees*. **Journal of Hydrology** 42:383-396
- ATAROFF, M. 1999. Selvas y bosques de montaña. En: M. Aguilera, A. Azócar, E. González-Jiménez (Eds.). **Biodiversidad en Venezuela**.

- Ediciones CONICIT, aceptado para publicación.
- ATAROFF, M. y MONASTERIO, M. 1996. Impacto ecológico de los agroecosistemas cafetaleros en el estado Mérida. En: R. Giacalone (ed.). **Mérida a través del tiempo: Siglos XIX y XX**. Capítulo 8, pp 197-224. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela.
- _____. 1997a. Cambios ecológicos producto de cambios tecnológicos en sistemas cafetaleros de Los Andes venezolanos. En: M. Liberman y C. Baied (Eds.). **Desarrollo Sostenible de Ecosistemas de Montaña: Manejo de Areas Frágiles en Los Andes**. UNU, La Paz, Bolivia.
- _____. 1997b. *Soil erosion under different management of coffee plantations in the Venezuelan Andes*. **Soil Technology** 11(1): 95-108
- BUDOWSKI, G. 1976. Why save tropical rain forests? Some arguments for camaining conservationists. En: C.F. Jordan (ed.). **Tropical Ecology**. Hutchinson Ross Pub.
- CAVELIER, J. y GOLDSTEIN, G. 1989. *Mist and fog interception in elfin cloud forests in Colombia and Venezuela*. **Journal of Tropical Ecology** 5: 309-322
- DUFFY, P.D. 1965. *Water becomes the most important forest crop*. **Western Conservation Journal** 21: 58-59
- FOSTER, G.R., MCCOOL, D.K., RENARD, K.G., y MOLDENHAUER, W.C. 1981. *Conversion of the Universal Soil Loss equation to SI metric units*. **J. Soil Water Conserv** 36:355-359
- JUVIK, J.O. y EKERN, P.C. 1978. **A climatology of mountain fog on Mauna Loa, Hawaii island**. Water Resouces Research Center, University of Hawaii, Technical Report n° 118.
- LIZASO, J. 1980. *Erosión laminar bajo diferentes coberturas y pendientes en un Palehumult de las cuencas altas del Programa Guanare-Masparro*. Tesis de maestría, CIDIAT, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- NIZINSKI, J. y SAUGIER, B. 1988. *Mesures et modelisation de l'interception nette dans une futaie de chenes*. **Acta Oecológica** 9 (3): 311-329
- ORTIZ, N.R. 1992. *Diseño e introducción de modificaciones en la construcción de terrazas y bancales para una explotación de árboles frutales*. Informe Técnico, Universidad Nacional Experimental del Táchira, Convenio UNET-CETA, San Cristóbal, 25 pp.
- PAEZ, M.L. 1992. La ecuación universal de pérdidas de suelo. En, M.L. Páez (ed.). **Conservación de suelos y aguas**. Publ. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay.

- PLA, I. 1977. **Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales.** Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Maracay, 112 pp.
- SÁNCHEZ, L.A., ATAROFF, M. y LÓPEZ, R. 1999. Soil erosion under different types of land use in Venezuelan Andes agroecosystems. En consideración.
- SARMIENTO, G., MONASTERIO, M., AZOCAR A., CASTELLANO E. y SILVA J., 1971. **Vegetación Natural. Estudio integral de la cuenca de los ríos Chama y Capazón.** Inst. de Geografía, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- SARMIENTO, L. 1995. *Restauration de la fertilité dans un système agricole à jachère longue des hautes Andes du Venezuela.* Tesis Doctoral, Univ. Paris XI, Orsay-Paris
- STADTMÜLLER, T. 1987. **Los bosques nublados en el trópico húmedo.** CATIE, Costa Rica, xx pp.
- STEINHARDT, U. 1979. *Untersuchungen über den Wasser- und Nährstoffhaushalt eines andinen Wolkenwaldes in Venezuela.* Göttinger Bodenkundliche Berichte 56:1-185.
- USDA. 1970. **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA). Versión en español: Agencia para el Desarrollo Internacional. México, 172 pp.
- VEGA, J.E., PITY, A. y BARLETA, H. 1992. *Labranza cero en el trópico seco centroamericano.* **Agricultura de Las Américas** noviembre-diciembre: 16-21
- VENEKLAAS, E. y R. VAN EK. 1990. *Rainfall interception in two tropical montane rain forests, Colombia.* **Hydrological Processes** 4:311-326
- ZADROGA, F. 1981. The hydrological importance of a montane cloud forest area of Costa Rica. En: R. Lal y E.W. Russel (Eds.). **Tropical agriculture hydrology.** John Wiley & sons.