

Evaluación de la intercepción de la lluvia en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), bosque tropical semideciduo y conuco en laderas de montaña

Eladys Córcega Pita¹ y Oscar Silva Escobar^{1*}

¹Cátedras de Conservación de Suelo y Agua. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela

RESUMEN

Las plantaciones de cacao presentan un importante componente arbóreo que pudiera tener gran influencia en la regulación de los flujos hídricos en ambientes de montaña debido a la intercepción de la lluvia por el dosel. En este trabajo, se presentan resultados que comparan de manera cuantitativa la intercepción de la lluvia en tres ecosistemas: 1) plantación de cacao con más de 30 años de edad con sombra arbórea, 2) un bosque semideciduo multiestrato con bajo grado de intervención, localizado en un área de reserva natural y 3) sistema de conuco (compuesto de cultivos de maíz, caraota y yuca con fines de subsistencia). El estudio se realizó en la zona montañosa cacaotera de Cumboto municipio Ocumare de la Costa de Oro, estado Aragua, Venezuela. En tres lotes de terrenos cercanos, bajo los usos señalados, se midió en forma directa la precipitación neta (la que atraviesa el follaje y llega al suelo). La intercepción se estimó como la diferencia entre la precipitación total y la neta. Los elementos climáticos se registraron mediante una estación automática. Para medir la precipitación neta se ubicaron dos canaletas de 3 m por sitio, con derivaciones a un pluviógrafo y a recipientes colectores. Los resultados obtenidos muestran que la intercepción estuvo influida por la cobertura vegetal, la lámina e intensidad de las lluvias y la velocidad del viento. El bosque semideciduo interceptó 30% y la plantación de cacao 9% de la precipitación total. Pero las diferencias no fueron significativas ($p = 0,005$). Para precipitaciones pequeñas (menores a 2,5 mm), el porcentaje de intercepción en el bosque semideciduo y cacao puede llegar hasta 100%. En el sistema de conuco, la intercepción por parte de los cultivos siempre fue menor de 5%, aún con lluvias muy pequeñas, y con diferencias significativas con respecto a las otras coberturas. Se concluye que la plantación de cacao tiene buena capacidad de intercepción de las lluvias y, aunque menor en magnitud promedio que la del bosque semideciduo, puede ser similar en la mayoría de los eventos, aunque no en las extremas.

Palabras clave: cobertura vegetal, intercepción del dosel, precipitación neta, regulación hídrica.

Assessment of rainfall interception by the canopy of cocoa (*Theobroma cacao* L.) plantations, semideciduous tropical forest, and subsistence crops on mountain slopes

ABSTRACT

Cocoa plantations include an important arboreal component that may cause a significant influence on runoff in mountain environments by means of rainfall interception by the canopy. A comparative analysis of interception was performed in the following conditions: 1) cocoa plantations under tree shading, 2) low-grade intervention semideciduous forest at a nature reserve area, and 3) a subsistence agricultural system (corn, dry bean, cassava). The study was carried out in a

*Autor de correspondencia: Oscar Silva

E-mail: silvao@agr.ucv.ve

mountainous site at the cacao production area of Cumboto, Aragua state, in the north center of Venezuela. Climatic data was obtained from an automated weather station. To measure net precipitation (or throughfall), two 3m PVC channels were located in each lot, provided with derivations ending in a pluviograph and water collectors. Rainfall interception was estimated as the difference between total and net precipitation. The results showed that rainfall interception was influenced by vegetation cover, rain duration and intensity, and wind speed. Rainfall interception of forest and cocoa plantation was 30 and 19%, respectively, from total rainfall. However, no significant difference ($P = 0,0$) was obtained. For shorter rainfall events (less than 2.5 mm), rainfall interception could reach 100% in both forest and cocoa plantation. On the subsistence agriculture plot, was less than 5%, even under a very small rain, showing a significant difference with the other land covers. It is concluded that cocoa plantation would have good rain interception capacity and, although lower than forest, would be similar for most rainfall events, but not for the larger ones. Subsistence agriculture system had a remarkable lower rainfall interception capacity.

Key words: vegetation cover, canopy interception, net precipitation, water regulation.

INTRODUCCIÓN

Muchas plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) existentes en los poblados de la costa aragüeña, se encuentran dentro o aledañas al Parque Nacional Henri Pittier. Estos agroecosistemas presentan un importante componente arbóreo, con un papel preponderante en la regulación de los flujos hídricos. Actualmente, algunas plantaciones de cacao han sido sustituidas por cultivos de ciclo corto considerados más rentables para la población, lo que ha incentivado la deforestación de gran cantidad de tierras para la explotación agrícola. Las plantaciones del estado Aragua, más específicamente las áreas ubicadas dentro y en los alrededores del Parque Nacional Henri Pittier, no escapan de esta situación (Fundación Tierra Viva, 2001).

Ataroff (2002) señala que los agroecosistemas dominados por árboles tienen un importante efecto sobre la redistribución 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. 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 efectos que la vegetación ocasiona en los flujos hídricos es el cambio en la magnitud y 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. La mayoría de los estudios de intercepción se refieren a

medidas tomadas en bosques de la región templada y en la zona tropical (Rutter, 1963; Edwards, 1982; Raich, 1983; Bruijnzeel, 1990; Jetten, 1996), y son pocas las medidas que se encuentran publicadas relacionadas con los cultivos perennes (Trojer, 1955; Miranda, 1987; Jaramillo y Cháves, 1999; Ataroff, 2002).

Esta investigación hace énfasis en el cultivo del cacao, porque ambientalmente es uno de los cultivos considerados de bajo impacto, ya que requiere de la sombra que proporcionan los grandes árboles, por lo que evita una deforestación intensa. Dentro de los servicios ambientales que prestan las plantaciones de cacao está la conservación del suelo, retención del carbono, calidad del agua, conservación de la diversidad biológica, valores estéticos, zonas de amortiguamiento en áreas protegidas y áreas de recreación para turismo agroecológico, aspectos que están ganando la atención de los investigadores, planificadores y políticos (Beer *et al.*, 1998; Fassbender *et al.*, 1991). Townsend y Douglas (2004) señalan que los servicios ambientales hidrológicos podrían ser afectados a raíz de cambios en las funciones hidrológicas de los bosques, tales como la intercepción de lluvias o la infiltración en el suelo. Cambios en la cobertura de la tierra, en el paisaje y en el uso del suelo también producen alteraciones en los ciclos hidrológicos a escala local, regional y continental.

En este trabajo se realizó una comparación cuantitativa de la intercepción en plantaciones de cacao, bosque semidecidual y sistema de conuco. Con ello, se espera obtener un mejor entendimiento de la influencia de la cobertura de estas plantaciones sobre la dinámica hídrica y el valor que tienen para el ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área experimental

El presente estudio se llevó a cabo en el área cacaotera de Cumboto, municipio Ocumare de la Costa de Oro, vertiente norte del Parque Henri Pittier (10° 23'

9° 1' N y 67° 46' 36" O; WGS84) (Figura 1). El área de estudio pertenece a la cuenca del río Paraíso, el cual junto con el río Cumboto es un importante tributario del río Ocumare, que provee de agua a las poblaciones del municipio.

En el área, la precipitación es estacional (1100 mm anuales, con el máximo entre agosto y octubre IGVSB, 2003; SINAHIME, 2008). La zona se clasifica como Bosque Seco Tropical y se ubica a una altitud alrededor de 300 msnm, presenta topografía montañosa de laderas pronunciadas y pendiente alrededor de 20 a 50%. Los suelos son de textura franca y franco-arcillosa. La vegetación se compone principalmente de bosques semidecíduos en las laderas y bosques siempre verdes en vaguadas y márgenes de cursos de agua, además de plantaciones de cacao y sistemas de cultivo de subsistencia dispersos en el área (Córcega, 2009).

Descripción de las unidades de medición hidrológica

Se seleccionaron tres lotes de terreno con las siguientes coberturas vegetales o usos de la tierra:

- 1) Bosque: área de reserva natural conformada por un bosque semidecíduo multiestrato con poca intervención. Se distingue un estrato alto abierto e irregular que alcanza entre 20 a 30 m, que incluye ejemplares de yagrumo (*Cecropia sp.*), carnestolendo (*Cochlospermum vitifolium*) y matapalo (*Ficus sp.*). Luego, un estrato de árboles medianos de 6 a 15 m, con diámetro promedio de 20 cm y otros de árboles pequeños y arbustos de 1 a 6 m. También se encuentran helechos, epifitas y bromelias
- 2) Plantación de cacao: del tipo Criollo con más de 30 años de edad en producción, establecidas bajo algunos árboles remanentes del bosque. Tienen

una distancia de siembra de 3 x 3 m, trazado a tresbolillo. Dentro de las plantaciones se encuentran algunas musáceas, como cambur (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*)

- 3) Sistema de conuco: área cultivada con caraota (*Phaseolus vulgaris L.*), yuca (*Manihot esculenta C.*) y maíz (*Zea mays L.*) con fines de subsistencia. Se efectuó un despeje manual del terreno para la siembra. La condición inicial antes del establecimiento de los cultivos era de un matorral o vegetación secundaria muy densa y algunas plantas de lechosa (*Carica papaya L.*) y yuca.

Medidas de los componentes del ciclo hidrológico

Las mediciones de precipitación neta fueron conducidas durante el período comprendido de agosto a octubre de 2008 (10 semanas). Se registraron 47 eventos de lluvia, los cuales sumaron un total de 390 mm. Al respecto, se consideró como evento de lluvia la ocurrencia ininterrumpida de una lámina mayor de cero.

En cada una de las áreas del estudio se tomaron mediciones de la precipitación total (Pt), precipitación neta (Pn) y, a partir de esta información, se estimó la interceptación (I). Estos valores se compararon entre las tres coberturas vegetales mediante una prueba de Kolmogorov – Smirnov ($\alpha = 5\%$). En el Cuadro 1 se describe la medición y estimación de las variables hidrológicas.

La precipitación total (Pt) y la velocidad del viento se registraron en una estación climática automatizada en intervalos de 30 min. La capacidad de almacenaje del dosel (o capacidad de saturación del dosel), que se define como la precipitación promedio que se requiere para humedecer todo el dosel antes que el agua empiece a escurrirse al sotobosque, se determinó siguiendo la metodología de Cantú y González (2005). Según éste método, se establece

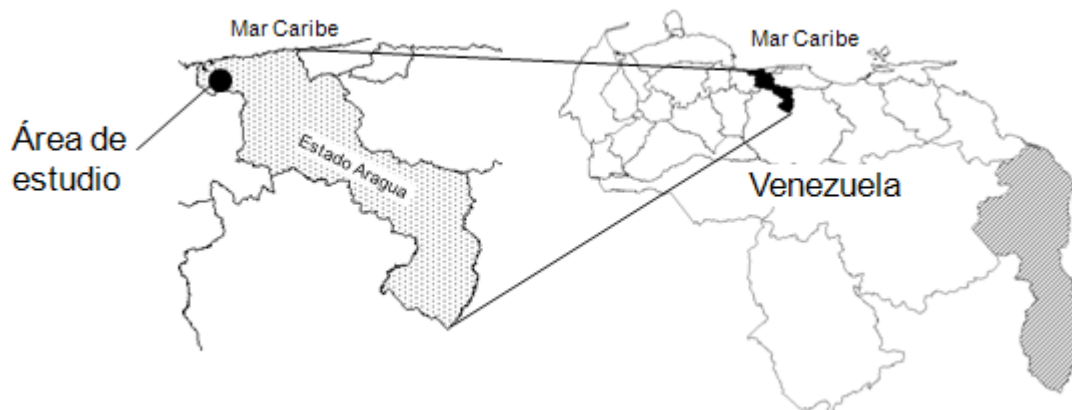
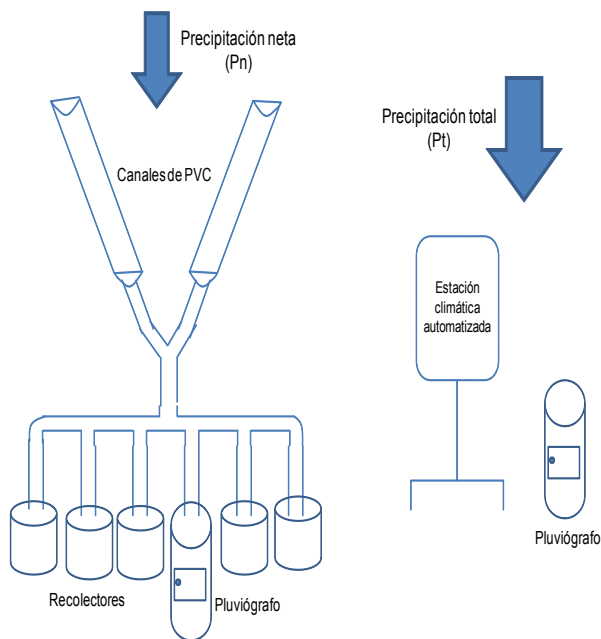


Figura 1. Ubicación del área de estudio, zona de Cumboto, municipio Ocumare de la Costa de Oro, estado Aragua.

Cuadro 1. Descripción de la medición y estimación de las variables hidrológicas.

| Variable hidrológica | Descripción |
|--------------------------|---|
| Precipitación total (Pt) | Se midió con una estación automatizada ubicada en una zona despejada (a una distancia de 120 m de la parcela de bosque semidecuido, 55 m de la parcela de cacao y 4 m de la parcela de sistema de conuco). Se instaló un pluviógrafo de sifón para obtener la información detallada de las intensidades de las lluvias. |
| Precipitación neta (Pn) | En las condiciones de bosque decuido y plantación de cacao, la precipitación que atraviesa la vegetación y llega al suelo se determinó diariamente con un dispositivo compuesto de dos canales plásticos confluentes de 3 m que, mediante un sistema de derivación, distribuyen el agua en varios recipientes y en un pluviógrafo (Figura 2), de cuyos pluviogramas se obtuvo la distribución diaria del total de agua acumulada en un período entre muestreos. Ante la carencia de un tercer pluviógrafo, en el lote de sistema de conuco se colocaron dos canales sobre el suelo para conducir la precipitación neta a un colector. En este caso las mediciones se acumularon semanalmente. |
| Intercepción (I) | La fracción de agua de lluvia retenida por el dosel y que no llega al suelo se estimó con la expresión: $I = Pt - Pn$ |

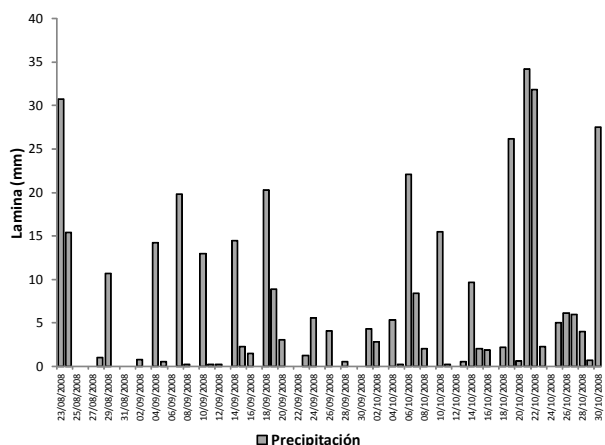
la línea de regresión entre la precipitación incidente (como variable independiente) y la precipitación neta (como variable dependiente) para eventos de lluvias de hasta 2,5 mm. La capacidad de almacenaje del dosel se asume como el intercepto en el eje de la precipitación incidente, es decir, el valor de ésta cuando la precipitación neta es igual a cero.

**Figura 2.** Dispositivo para coleccionar la precipitación neta y registrar cada uno de los eventos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de la precipitación

La precipitación mostró generalmente baja magnitud e intensidad. De los 47 eventos registrados, 44% fue menor de 2,4 mm y sólo 27% tuvo valores mayores de 10 mm (umbral de lluvias consideradas de capacidad erosiva) (Figura 3). De estos eventos de lluvia mayores a 10 mm, 67% tuvo intensidades máximas menores de 20 mm/h y solo 17% tuvo intensidades máximas mayores de 30 mm/h.

**Figura 3.** Valores diarios de precipitación durante el período del ensayo.

Evaluación de la precipitación neta y la interceptación

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio y acumulados de Pt, Pn e I, en el bosque, la plantación de cacao, y el sistema de conuco.

El análisis de los eventos de lluvia mostró que la precipitación neta para el bosque, cacao, y sistema de conuco representó 70, 77 y 96%, respectivamente, del total de la precipitación durante el período de estudio. Por lo tanto, la interceptación, estimada como la diferencia entre la precipitación total (Pt) y la precipitación que llega al suelo (Pn), representó 30, 23 y 4%, respectivamente.

Los valores de Pn mostraron una relación lineal con los montos de Pt, con alta correlación entre ellos (Figura 4). La correlación más alta, así como el mayor valor de la pendiente de regresión los presentó el sistema conuco. Los altos valores en este sistema, cercanos a uno, son muestra de que la cobertura vegetal de este sistema causó muy poca influencia en la cantidad de agua de lluvia que puede llegar al suelo. Con las coberturas de cacao y bosque, la correlación y la pendiente de regresión fueron menores que en el conuco, lo cual indica mayor influencia de la cobertura vegetal en el agua de lluvia que puede llegar al suelo.

Los valores estimados para la capacidad de almacenaje del dosel, siguiendo la metodología de Cantú y González (2005), para el bosque y plantación de cacao fueron de 1,2 y 1,0 mm respectivamente, mientras que para el sistema de conuco fue de 0,2 mm. Aunque para lluvias de mayor magnitud los valores de capacidad de almacenaje del dosel influyen poco en la fracción de agua que pueda llegar al suelo, para lluvias de menor magnitud (que ocurren con mayor frecuencia) tales diferencias pueden ejercer una influencia importante sobre procesos hidrológicos como el humedecimiento del suelo y la escorrentía. Por ejemplo, la vegetación densa, al evitar que mayor cantidad de agua de las lluvias pequeñas llegue al suelo, haría que éste se encuentre en mejores condiciones para infiltrar la lluvia neta de precipitaciones mayores, lo cual disminuiría la

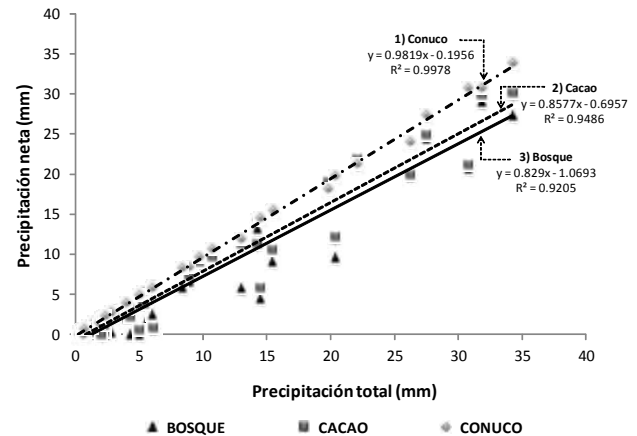


Figura 4. Relación entre la precipitación que llega al suelo (Pn) y la precipitación total (Pt) en los tres sistemas estudiados.

escorrentía. En coberturas pobres, las lluvias pequeñas no serían retenidas, sino que humedecerían el suelo, disminuyendo su capacidad de infiltrar agua, y por tanto, al ocurrir lluvias más grandes, sería mayor la escorrentía y, consecuentemente, la erosión.

En general, se obtuvo que la interceptación en el bosque en términos absolutos fue superior a la de la plantación de cacao, y ambas, superiores notablemente a la del sistema de conuco (Figura 5). Esta tendencia se mantuvo a lo largo del tiempo, aunque la magnitud de la interceptación en cada cobertura fue variable. No obstante, en términos estadísticos de distribución de frecuencias (prueba de Kolmogorov-Smirnov; $\alpha = 5\%$) no se obtuvieron diferencias entre las series de valores del bosque y de la plantación de cacao. La interceptación en el sistema de conuco fue notablemente menor y con diferencias significativas con las otras dos series de valores. Esto indica que en las condiciones del estudio, las plantaciones de cacao y el bosque local tienen capacidades similares de regulación del flujo de agua que llega al suelo y por tanto, sobre procesos como la escorrentía. Al contrario, la capacidad del sistema de conuco en regular la hidrología

Cuadro 2. Promedios y totales de precipitación total (Pt), precipitación (Pn) e interceptación (I), en el bosque, la plantación de cacao y el sistema de conuco para 47 eventos de lluvias

| | Pt | Bosque | | Cacao | | Sistema de Conuco | |
|---------------|-------|--------|-------|-------|------|-------------------|------|
| | | Pn | I | Pn | I | Pn | I |
| Total (mm) | 390,4 | 273,4 | 117,0 | 302,2 | 88,2 | 374,2 | 16,2 |
| Promedio (mm) | 8,3 | 5,8 | 2,5a | 6,4 | 1,9a | 8,0 | 0,3b |
| % de Pt | 100 | 70 | 30 | 77 | 23 | 96 | 4 |

Valores con la misma letra indican que no se obtuvieron diferencias significativas con una prueba de Kolmogorov-Smirnov; $\alpha = 5\%$.

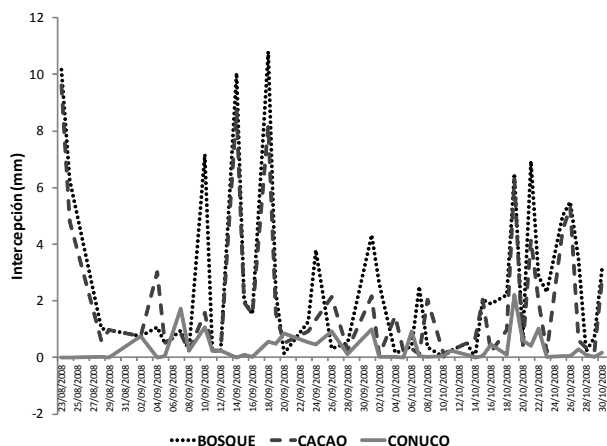


Figura 5. Intercepción en eventos de lluvia individuales para los tres doseles estudiados.

es significativamente menor, con lo cual puede esperarse mayor impacto hidrológico perjudicial bajo esta cobertura.

Los valores de intercepción para las diferentes condiciones se ubicaron dentro de los intervalos obtenidos en otros estudios de las zonas tropicales. Miranda (1987) obtuvo que la intercepción del cultivo de cacao varió entre 13 y 27% del total de la lluvia. Ataroff (2002), para bosque y café, señala en un balance anual que la intercepción en esas condiciones fue 27 y 21%, respectivamente. Jaramillo y Cháves (1999) observaron que 19% de la lluvia fue interceptada por las plantaciones de café. Adicionalmente, Fernández (1983), en cultivos anuales, obtuvo que alrededor del 11% de la precipitación es interceptada por cultivos como el quinchoncho (*Cajanus cajan*), maíz y yuca.

La proporción de agua interceptada (porcentaje de intercepción) también varió según la lámina de lluvia. En la medida que ésta tuvo mayor magnitud, el porcentaje de intercepción fue menor. Ante el incremento de las lluvias, el porcentaje de intercepción decrece en intervalos cada vez menores, hasta hacerse casi constante luego de un umbral de precipitación (Figura 6).

En general, cuando la precipitación es inferior a 2,5 mm, el porcentaje de intercepción tiende a ser superior a 15% en los tres sistemas, llegando a ser cercano a 100% en el bosque y el cacao (Figura 7). En la medida que la precipitación aunque aumente conjuntamente la lámina interceptada, el porcentaje de intercepción decrece con diversos umbrales. Con láminas entre 2,5 y 15 mm de precipitación, la intercepción en el bosque y plantación de cacao permanece relativamente constante, con valores alrededor de 40 y 28% respectivamente. Con valores de precipitación entre 15 y 32,5 mm, disminuye la diferencia de la intercepción entre ambas coberturas, con valores

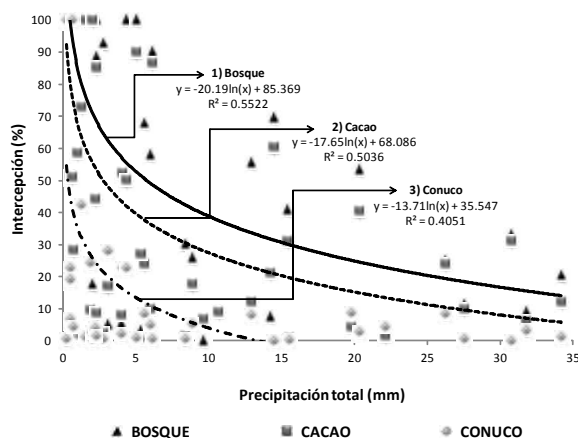


Figura 6. Relación entre el porcentaje de intercepción y la precipitación total.

alrededor de 20% en el bosque y de 18% en la plantación de cacao. Cuando la precipitación superó los 32,5 mm, la intercepción en el bosque se mantuvo alrededor de 18%, mientras que la de la plantación de cacao disminuyó a 12%. En el sistema de conuco, el comportamiento fue totalmente distinto. Aún con láminas de precipitación pequeñas (inferiores a 2,5 mm) la intercepción fue baja (menos del 20%). Por encima de este umbral de precipitación, la intercepción se redujo a un valor alrededor de 5%.

El análisis de las lluvias individuales mostró que la precipitación neta e intercepción variaron, aún para la misma lámina de lluvia. Esto indica la influencia de otros factores, como la intensidad de las lluvias y la velocidad del viento. En el Cuadro 3 se muestra como los eventos de lluvia de similar magnitud, varían notablemente en intercepción debido a diferencias en la intensidad (ejemplos 1 y 2) y de velocidad del viento (ejemplos 3 y 4).

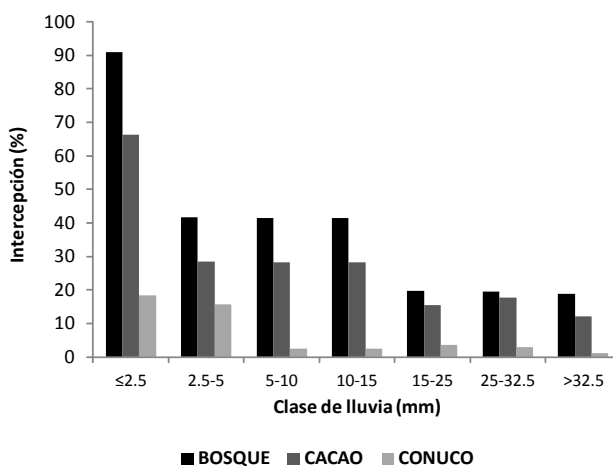


Figura 7. Porcentaje de intercepción según la clase de precipitación total.

Cuadro 3. Influencia de las características de la precipitación (intensidad y duración) y de la velocidad del viento sobre la intercepción (I).

| Ejemplo | Lámina (mm) | Duración (h) | Intensidad (mm/h) | Vv (m/s) | Bosque | | Cacao | |
|---------|----------------|-----------------|----------------------|-------------|--------|------|-------|------|
| | | | | | Pn | %I | Pn | %I |
| 1 | 5,0 | 2,0 | 2,5 | - | 0,0 | 100 | 0,5 | 90 |
| | 5,3 | 0,5 | 10,7 | - | 5,2 | 3 | 3,9 | 27 |
| 2 | 6,1 | 3,2 | 1,9 | - | 0,6 | 90 | 0,8 | 87 |
| | 6,2 | 1,5 | 2,4 | - | 2,5 | 58 | 5,4 | 10 |
| 3 | 14,5 | 5,5 | 2,6 | 4,8 | 4,4 | 68 | 5,7 | 60 |
| | 14,2 | 2,0 | 7,1 | 6,4 | 13,2 | 7 | 11,2 | 21 |
| 4 | 20,3 | 4,0 | 5,1 | 0,0 | 9,5 | + 53 | 12,1 | + 40 |
| | 19,8 | 2,0 | 9,9 | 9,6 | 18,9 | 5 | 19,0 | 4 |

Pn: precipitación neta

Huber y Oyarzun (1984) señalan que la cantidad de agua interceptada por los árboles, a igual precipitación, 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.

El viento es uno de los factores meteorológicos que afecta a la intercepción. Se observó que un aumento de la velocidad del viento 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 puede retener. La influencia del viento se hace más importante durante las precipitaciones de mayor intensidad. En estos casos, el agua adherida al follaje es sacudida de él, disminuyéndose así el tiempo de exposición para una potencial evaporación.

CONCLUSIONES

La intercepción estuvo influida por las características de la vegetación, las características de la lluvia (lámina, duración e intensidad) y por la velocidad del viento.

Para precipitaciones pequeñas (menores a 2,5 mm), el porcentaje de intercepción en el bosque semidecíduo y plantación de cacao puede llegar hasta 100%, lo cual sugiere que alrededor de este valor de precipitación estaría la capacidad máxima de retención de agua en el follaje.

La distribución de frecuencias no presentó diferencias significativas entre el bosque semidecíduo y la plantación de cacao; es decir, no se mostraron diferencias claras entre la intercepción en el bosque y la plantación de cacao. No obstante, a partir de láminas que se consideran de medias a bajas (alrededor de 10 mm), el porcentaje de intercepción se mantiene en la plantación de cacao entre 15 y 25%,

mientras que en el bosque, la intercepción se mantiene en valores superiores (40 y 20%). En el sistema de conuco, a pesar de la alta cobertura desarrollada, la intercepción es generalmente baja (5%), aún con lluvias muy pequeñas.

La plantación de cacao tiene una buena capacidad de intercepción de las lluvias, y aunque menor en magnitud promedio que la del bosque semidecíduo, puede ser similar en la mayoría de los eventos lluvias, aunque no en las extremas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ataroff, M. 2002. Precipitación e intercepción en ecosistemas boscosos de los andes venezolanos. *Ecotropicos* 15:195-202.
- Beer, J.; R. Muschler; D. Kass; E. Somarriba. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agrofor. Sys.* 38: 139-164.
- Bruijnzeel, L.A. 1990. Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review. Humid Tropics Programme, IHP-UNESCO, Paris, Vrije Universiteit, Amsterdam, 224 p.
- Cantú, I.; H. González. 2005. Pérdidas por intercepción de la lluvia en tres especies de Matorral Submontano. *Rev. Ciencia UANL*, 3: 80-85.
- Córcega, E. 2009. Evaluación comparativa de la intercepción y escorrentía superficial en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), bosque y conuco, ubicados en el municipio Ocumare de la Costa de Oro, edo. Aragua. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 116 p.
- Edwards, P.J. 1982. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. *J. Ecol.* 70: 807-827.

- Fassbender, H.W.; J. Beer; J. Heuvelodp; A. Imbach; G. Enriquez; A. Bonnemann. 1991. Ten year balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. *Forest Ecol. Manag.* 45: 173-183.
- Fernández, N. 1983. Resultados preliminares de intercepción de la lluvia en cultivos. Informe Técnico del Instituto de Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 10 p.
- Fundación Tierra Viva. 2001. Informe anual. Fundación Tierra Viva. Caracas, Venezuela. 35 p.
- Huber, A.; C. Oyarzun. 1984. Factores reguladores de la intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* D. DON. *Bosque* 5: 59-64.
- IGVSB (Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar). 2003. Sistema de Cuencas Hidrográficas, Isoyetas e Isotermas. Mapas digitales, CD. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas, Venezuela.
- Jaramillo, A.; C. Cháves. 1999. Aspectos hidrológicos de un bosque y en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) al sol y bajo sombra. *Cenicafé* 50: 97-105.
- Jetten, V.G. 1996. Interception of tropical rain forest-performance of Canopy water balance model. *Hydr. Proc.* 10: 671-685.
- Miranda, R.A. 1987. Intercepção da chuva por cacaueiros no sudeste da Bahía. *Theobroma* 17: 251-259.
- Raich, J.W. 1983. Throughfall and stemflow in mature and year-old wet tropical forest. *Trop. Ecol.* 24: 234-243.
- Rutter, A.J. 1963. Studies in the water relations of *Pinus sylvestris* in plantation conditions: measurements of rainfall and interception. *J. Ecol.* 51: 191-203.
- SINAHIME. 2008. Registros de precipitación de la estación Ocumare de La Costa (serial 0405). Base de datos digital. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Townsend, S.A.; M. Douglas. 2004. The effect of a wildfire on stream water quality and catchment water yield in a tropical savanna excluded from fire for 10 years (Kakadu National Park, North Australia). *Water Res.* 38: 3051-3058.
- Trojer, H. 1955. Distribución y características de la precipitación en un cafetal bajo sombrío. *Cenicafé* 6: 256-264.