

INTERCEPTACIÓN DE LA LLUVIA EN UN BOSQUE Y EN PLANTACIONES DE *Coffea arabica* L.

Alvaro Jaramillo-Robledo*; Bernardo Chaves-Córdoba**

RESUMEN

JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B. Intercepción de la lluvia en un bosque y en plantaciones de *Coffea arabica* L. Cenicafé 49(2): 129-135, 1998.

Las transformaciones del bosque húmedo realizadas con el fin de establecer sus asentamientos y utilizar la tierra en diversos cultivos, han generado cambios en los componentes de los balances de radiación, de energía, de agua y de nutrimentos, entre otros. Este estudio presenta las modificaciones en los componentes del balance hidrológico que ocurren por el cambio de la cobertura vegetal y se realizó en un bosque primario multiestrato y en parcelas experimentales de café (*Coffea arabica* L.) a libre exposición solar y bajo sombrero de guamo (*Inga* sp.). El mejor ajuste entre la interceptación de la lluvia por la vegetación y la precipitación que ingresa al ecosistema se obtuvo con la función de Verhuist de tipo logístico, con la cual se observaron diferencias en todos los parámetros de la ecuación especialmente en la asíntota o valor máximo y en la tasa máxima de interceptación, explicables por los cambios en la cobertura vegetal. Los valores de interceptación están dentro de los rangos hallados en otros estudios de las zonas tropicales. Se demostró que no es posible considerar un porcentaje promedio fijo en la interceptación de la lluvia por la vegetación. La variabilidad en las cantidades de lluvia observada debajo de los árboles es alta y no existe correlación entre dos puntos de observación próximos.

Palabras claves: Lluvias, cafetales, *Coffea arabica*, precipitación, zona cafetera, bosques, sombrero, libre exposición solar.

ABSTRACT

Man modified natural wet forest vegetation in order to establish settlements and plant crops, such as coffee, which was first planted under shaded conditions and then fully exposed to sunlight. These transformations have caused changes in the balance components of radiation, energy, water and nutrients, among others. This study was performed in a multilevel primary forest and in experimental coffee (*Coffea arabica*) plots, shaded under *Inga* sp. and fully exposed to sunlight, and presents modifications in water balance that occur due to the change of vegetation. Logistic type Verhuist function best-adjusted interception of rain by vegetation and precipitation entering the ecosystem. All equation parameters showed differences, specially the asymptote or maximum value and maximum interception rate, as explained by changes in vegetation. Interception values found fall within the range reported for other studies in the tropics. The fact that it is not possible to consider a fixed average percentage of rain interception by vegetation was demonstrated. Variability found in amount of rain under trees was high and there was no correlation between two close observation points.

Keywords: Rain, coffee plantations, *Coffea arabica*, precipitation, forests, shaded, fully sun exposed.

* Investigador Científico II. Agroclimatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico II. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El medio natural inicial del área de influencia cafetera fue una formación vegetal de bosque húmedo, el cual lo transformó el hombre para el establecimiento de asentamientos humanos y la utilización de la tierra en diversos cultivos, entre ellos el café, inicialmente con un manejo bajo sombrero y posteriormente a libre exposición solar. Aunque muchos estudios en diferentes partes del mundo (1) han demostrado que estas transformaciones no modifican las cantidades de lluvia que ingresan al ecosistema, sí conllevan a cambios en los componentes de los ciclos de energía y del agua, que no han sido evaluados y cuantificados para las condiciones de la zona cafetera.

Dentro de los componentes del ciclo hidrológico la cantidad de agua lluvia que ingresa al ecosistema y es retenida en la parte aérea de la planta se denomina agua interceptada o interceptación; el agua que llega a la superficie del suelo después de pasar por el follaje se llama comúnmente agua de lavado foliar (LF), agua que tiene implicaciones importantes en el transporte de los nutrimentos desde la parte aérea de la planta hasta la superficie del suelo.

En la década de los cuarenta, Kittredge (10), publicó aspectos detallados sobre la influencia de los bosques en diferentes componentes del ciclo hidrológico entre ellos la interceptación, que representa una pérdida para el bosque por ser un agua que no llega a la superficie del suelo; este autor llega a la conclusión que el agua interceptada es una función de la capacidad de almacenamiento del follaje, de la evaporación durante la lluvia y de la intensidad del aguacero.

Aunque la presencia del bosque no afecta la cantidad de lluvia incidente, su influencia es notoria en la cantidad y distribución espacial en la superficie del suelo (4).

La mayoría de los estudios de interceptación registrados en la literatura se refieren a

medidas tomadas en bosques de las regiones templadas y en la zona tropical (1,5,9,11,16,17), y son pocas las medidas que se encuentran publicadas relacionadas con los cultivos perennes.

Miranda (14), para las condiciones de Bahía en Brasil, midió la interceptación de la lluvia en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) y encontró valores que fluctúan entre el 13% y 27% del total de la lluvia. Estos porcentajes están en función del estado fenológico de la planta y de las características de la lluvia.

En observaciones hidrológicas realizadas en la selva amazónica por Franken *et al.* (7), se encontraron como valores una interceptación media de 25%, una transpiración del 50% y una escorrentía del 25%.

Estudios realizados por Clarke (3) en condiciones de bosque húmedo tropical, han demostrado que la lluvia interceptada varía entre valores inferiores a un 3% en Nigeria y valores máximos a un 63% en Tailandia; esta variación refleja diferentes condiciones climáticas, distintas intensidades de la lluvia y la gran diversidad de estructura del bosque; la mayoría de estos estudios no han tenido en cuenta la alta variabilidad espacial que se presenta dentro del bosque.

Otros autores han encontrado que las proporciones del agua del lavado foliar están entre el 97% para un bosque decíduo en Nigeria (8) y 30% para un bosque de Nueva Guinea en la estación seca (5). La cantidad de lluvia que escurre por los tallos es inferior al 1 ó 2% del total de la lluvia y este valor puede ser ignorado en los cálculos del balance hídrico dentro de las plantaciones (5,7,20).

Para Klaassen *et al.* (11), el concepto de capacidad de almacenamiento de agua constante por la vegetación es cuestionable; sugieren observaciones directas y además, conclu-

yen que la interceptación de la lluvia es independiente del tamaño de las parcelas, aunque advierten que los bordes se secan más rápido y la transpiración comienza tan pronto como la lluvia ha cesado.

Lloyd y Marques (13), hacen énfasis en la gran variabilidad de la lluvia dentro de las superficies vegetales y sugieren que una reducción en el error de medida se logra ubicando los pluviómetros en línea dentro del bosque; por ejemplo, los valores de interceptación hallados para la selva amazónica son del 91%. Para Raich (16), la alta variabilidad encontrada dentro de las plantaciones, se explica por la variación en la intensidad de las lluvias y por la diversidad de la vegetación.

De acuerdo con Pereira citado por Salas (18), la interceptación de la lluvia por la vegetación es función de la intensidad de la lluvia; las lluvias leves con tamaño de gota pequeño son interceptadas totalmente mientras que las lluvias intensas saturan rápidamente el follaje y transmiten la mayor parte de la lluvia a los estratos inferiores. Se ha comprobado que las diferentes coberturas vegetales producen una curva de tendencia hiperbólica cuando se comparan la cantidad de lluvia y el porcentaje interceptado.

Trojer (19), para las condiciones de Cenicafé, estudió la distribución y características de la lluvia en un cafetal bajo sombrío de Guamo (*Inga sp*) y concluyó que las lluvias mayores de 10 mm causan grandes diferencias en la distribución de las cantidades captadas dentro del cultivo, debido a la formación de goteras, llegando a presentar cantidades que doblan la lluvia externa.

Veneklaas(20), en observaciones realizadas en Colombia en dos altitudes, en un bosque montano, encontró valores de interceptación de la lluvia entre el 12% y 18%, atribuidas a la presencia de plantas epífitas que modifican las

condiciones de almacenamiento en la parte aérea de la planta y a las características de la lluvia. Knops *et al.* (12), resalta la acción que ejercen las epífitas en la interceptación del agua por parte del bosque y en el papel que juegan éstas en la dinámica de los nutrientes dentro del ecosistema.

El presente estudio se realizó entonces con el propósito de determinar las características de la interceptación de la lluvia por un bosque y por cafetales bajo sombrío y a libre exposición solar.

MATERIALES Y METODOS

Localización. Las medidas se realizaron en la sede principal del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, localizada a 05° 00' latitud norte, 75° 36' longitud oeste y 1420 m de altitud. Las condiciones de clima anual son las siguientes: precipitación 2.530 mm, evaporación 1.300 mm, temperatura media 20,0 °C, temperatura máxima 26,8°C, temperatura mínima 15,8°C; brillo solar 1.830 horas y 78% de humedad relativa (6).

Area Experimental. Se utilizaron parcelas próximas al Centro, con las siguientes características:

- Un área de reserva natural, conformada por un bosque primario multiestrato intervenido por el hombre.
- Una parcela de café (*Coffea arabica L.*) de variedad Caturra bajo sombrío de guamo (*Inga sp*), sembrada a 2,0m entre los surcos y 1,0m entre plantas. Los guamos plantados a una distancia de siembra de 8 m x 15m.
- Una parcela de café (*Coffea arabica L.*) de la variedad Colombia a libre exposición solar, con una distancia de siembra de 2,0m

entre surcos y 1,0m entre plantas. La proporción del cubrimiento del terreno por el cultivo se estimó en un 55%.

Distribución de los pluviómetros. En cada parcela experimental se colocaron un total de 20 pluviómetros distribuidos en una red de 4 x 5. Las distancias entre los pluviómetros fue de 3m x 4m en el bosque, 4m x 5m en el cafetal bajo sombrío y 2m x 5m en el cafetal a libre exposición solar. El área de captación de cada pluviómetro era de 24 cm²

Los muestreos se realizaron después de cada día lluvioso; cada muestreo consideró el acumulado de uno o varios aguaceros. Se hicieron 1101 observaciones de lavado foliar para el bosque y 1081 en cada una de las parcelas en los cafetales, bajo sombrío y a libre exposición solar. Los valores de interceptación de la lluvia (I) se calcularon como la diferencia entre la precipitación total incidente (P) y la cantidad de agua captada en la superficie del suelo debajo de la vegetación (LF).

$$I = P - LF \quad \ll<1>>$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Lavado Foliar. El agua captada en los pluviómetros dentro de las plantaciones se denomina lavado foliar y tiene implicaciones importantes en la dinámica del agua en el suelo y en el arrastre de nutrimentos desde la parte aérea de la planta hasta la superficie del suelo.

Al analizar las frecuencias del agua interceptada con relación al agua lluvia registrada en la parte externa (Tabla1), se observa que para 1821 observaciones, un 17% de los datos recolectados en el bosque y en el cafetal bajo sombrío presentaron valores superiores a los observados en la parte externa y para las condi-

TABLA 1. Porcentaje de agua de Lavado Foliar interceptada en la superficie del suelo de diferentes coberturas vegetales. 100% representa el agua captada por el pluviógrafo de la estación climática. Cenicafé. 1997.

Cobertura vegetal	Menor o igual a 100	Mayor de 100	n
Bosque	83	17	1821
Cafetal Sombra	83	17	1801
Cafetal Sol	74	26	1801

n: Número de observaciones.

ciones de cafetal a libre exposición solar un 26% de los datos son superiores. Los resultados anteriores se explican por un efecto de concentración de la lluvia que ejercen los árboles aumentando la cantidad y el tamaño de las gotas; resultados similares se registran en la literatura por Bruijnzeel (1), Clarke (3), y Lloyd y Marques (13).

Bruijnzeel (1) manifiesta que las mayores cantidades de agua observadas en determinados puntos dentro de las plantaciones sugieren un mayor incremento en el tamaño de las gotas con relación a las registradas en la parte externa. La variabilidad encontrada es mayor en los bosques de follaje heterogéneo que en bosque de vegetación uniforme.

Nair (15), reporta que en bosques de teca (*Tectona grandis*) en Indonesia se presentan altos niveles de erosión por la formación de grandes gotas de agua lluvia formadas por coalescencia en la superficie foliar, que presentan alta energía cinética cuando hacen su impacto en la superficie del suelo.

Interceptación de la lluvia. El mejor ajuste entre la interceptación de la vegetación (I) y la precipitación que ingresa al ecosistema (P), se obtuvo con la función de Verhuist de tipo logístico de la forma:

$$I = a * [1 + b * e^{-c*P}]^{-1} \quad \ll<2>>$$

en donde :

- I = Interceptación de la lluvia por la superficie vegetal, mm
- a = Asíntota máxima, mm
- b = Parámetro de escala.
- c = Tasa relativa promedio
- P = Precipitación externa a la superficie vegetal, mm

En la Tabla 2 y Figura 1, se presentan los resultados obtenidos en un bosque y en cafetal a libre exposición y bajo sombrío.

En la Tabla 2, se observan diferencias en todos los parámetros de la ecuación debidas a

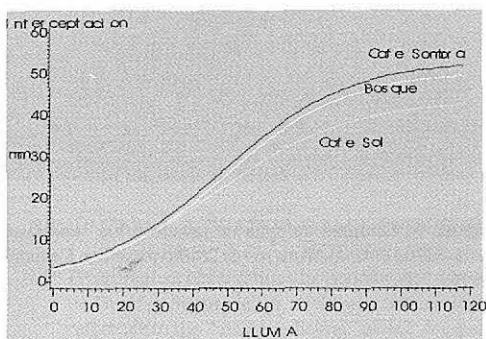


Figura 1 . Cantidad de agua lluvia interceptada por las superficies vegetales Cenicafé, 1997.

las modificaciones en las coberturas vegetales especialmente en la asíntota o valor máximo (a) y en la tasa máxima de interceptación. La máxima interceptación encontrada (o valor máximo) no se debe confundir con la capacidad máxima de almacenamiento en la parte aérea de la planta, la cual solamente puede ser estimada a partir de aguaceros individuales.

En la Figura 2 se presentan las tasas de interceptación máxima (unidad de agua interceptada por unidad de lluvia incidente). Las tasas en el bosque y en el cafetal bajo sombra son semejantes y superiores a las registradas en el cafetal a libre exposición solar. Los valores anteriores dan una idea de la magnitud de las modificaciones inducidas por el cambio en la cobertura vegetal.

Los valores de interceptación encontrados para las diferentes condiciones de cubrimiento vegetativo están dentro de los rangos hallados en otros estudios de las zonas tropicales.

Las modificaciones en las proporciones de agua interceptada por la vegetación originan cambios en las relaciones en el balance hídrico, especialmente en los volúmenes del agua de escorrentía, de infiltración y en la cantidad almacenada en el suelo. Un drenaje lento desde el follaje favorece la infiltración y reduce la escorrentía.

TABLA 2. Parámetros estimados de la función de la Verhuist de la relación interceptación (I) y la precipitación externa (P), para las condiciones de bosque, cafetal bajo sombrío y cafetal a libre exposición solar (n=90). Cenicafé, 1997.

Cobertura	a*	b	c	CMe	tmi
Bosque	50,70	16,52	0,057	35,1	0,85
Cafetal Sombra	53,27	14,51	0,055	16,5	0,74
Cafetal Sol	43,83	11,74	0,052	9,6	0,52

* a: Asíntota o valor máximo,mm ; b:Parámetro de escala ; c: Tasa relativa promedio ; CMe : Cuadrado medio del error ; tmi: Tasa máxima de interceptación.

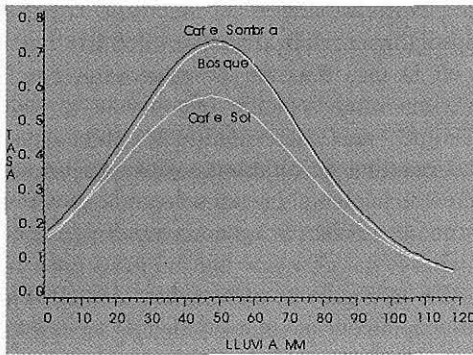


Figura 2. Tasas de interceptación de la lluvia por diferentes superficies vegetales. Cenicafé. 1997.

El presente estudio demuestra que no se puede considerar un porcentaje promedio fijo en la interceptación de la lluvia por la vegetación, como lo sugieren algunos autores (3,5,6,7,12), ya que la lluvia interceptada depende de la cantidad incidente y de las tasas de interceptación, debido a su comportamiento de tipo sigmoideal.

Las funciones que relacionan la interceptación con la precipitación incidente, estimadas en el presente estudio, deben ser incorporadas en los cálculos del balance hídrico cuando se consideren situaciones de cafetales a libre exposición solar y bajo sombra. El valor de la interceptación se suma a los valores de evapotranspiración.

Como lo referencian Bruijnzeel (1), Clarke (3), Lloyd y Marques(13), Raich(16), y Trojer(19), uno de los aspectos que más se destacan en las medidas del agua del lavado foliar es la gran variabilidad que se observa dentro de las formaciones vegetales.

Una situación similar se observó durante el ensayo con los muestreos en las redes de pluviómetros muy próximos, separados por distancias no superiores a 20 m, situación explicable por factores propios de la cubierta vege-

tal, como son el índice de área foliar, la estructura y densidad de las plantas y debido a las características de la lluvia en cuanto a cantidad e intensidad.

La variabilidad encontrada en las cantidades de lluvia observada en los pluviómetros debajo de los árboles es alta y no existe una correlación estadística entre dos puntos de observación próximos (Figuras 3, 4 y 5).

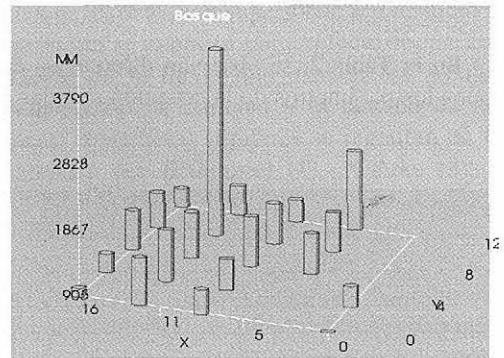


Figura 3. Cantidad de agua de lavado foliar observada dentro de un bosque en una red de 20 pluviómetros. Cenicafé. 1997.

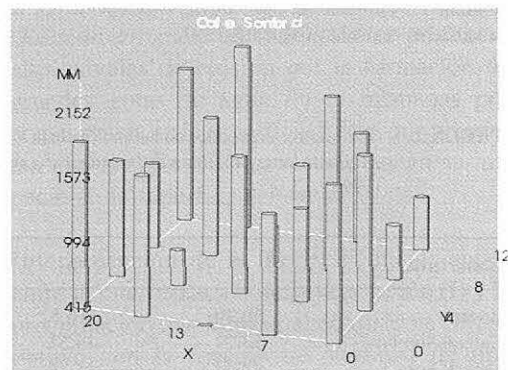


Figura 4. Cantidad de agua de lavado foliar medida en un cafetal bajo sombrío de guamo (*Inga sp*) en una red de 20 pluviómetros. Cenicafé. 1997.

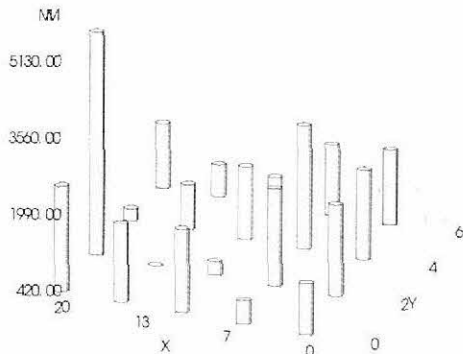


Figura 5. Cantidad de agua de lavado foliar observada en un cafetal a libre exposición solar en una red de 20 pluviómetros. Cenicafé, 1997.

LITERATURA CITADA

1. BRUIJNZEEL, L.A. Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion; a state of knowledge review. Amsterdam, Unesco International Hydrological Programme-Free University Amsterdam, 1990. 224p.
2. BRUIJNZEEL, L.A.; WATERLOOM, J.; PROCTOR, J.; KUITERS, A.T.; KOTTERLINK, B. Hydrological observations in montane rain forest on Gunung Silam, Sabah, Malaysia, with special reference to the "massenerhebung" effect. *Journal of Ecology* 81 (1): 145-167. 1993.
3. CLARKE, R.T. The interception process in tropical rain forest: A literature review critique. *Acta Amazonica* 16-17:225-238. 1987.
4. COLMAN, E.A. Vegetation and watershed management. New York, The Ronald Press Company, 1953. 412p.
5. EDWARDS, P.J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. *Journal of Ecology* 70:807-827. 1982.
6. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Archivos de información meteorológica 1950-1994. Chinchiná, Cenicafé. 1994.

7. FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P.R.; MATSUI, E.; RIBEIRO, M.N.S. Interceptação das precipitações em floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazonica* 12:15-22. 1992
8. HOPKINS, B. Vegetation of the Olokemeji forest reserve, Nigeria. III. Microclimates with special reference to their seasonal changes. *Journal of Ecology* 53:125-138. 1965
9. JETTEN, V.G. Interception of tropical rain forest-performance of a canopy water balance model. *Hydrological Processes* 10 (5):671-685. 1996.
10. KITTRIDGE, J. Forest influences. New York, McGraw-Hill Book Company, 1948. 349p. (The American Forestry Series).
11. KLAASSEN, W.; LANKREIJER, H.J.M.; VEEN, A.W.L. Rainfall interception near a forest edge. *Journal of Hydrology* 185 (1-4):349-361. 1996
12. KNOPS, J.M.H.; NASH, T.H.; SCHLESINGER, W.H. The influence of epiphytic lichens on the nutrient cycling of an oak woodland. *Ecological Monographs* 66(2):159-179. 1996
13. LLOYD, C.R.; MARQUES, A. de O. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in amazonian rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology* 42(1):63-73. 1988
14. MIRANDA, R.A. C. DE. Interceptação da chuva por cacaueiros no sudeste da Bahia. *Revista Theobroma* 17(4):252-259. 1987.
15. NAIR, P.K.R. An introduction to agroforestry. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.
16. RAICH, J.W. Throughfall and stemflow in mature and year-old wet tropical forest. *Tropical Ecology* 24 (2): 234-243. 1983
17. RUTTER, A.J. The hydrological cycle in vegetation and the atmosphere. Vol. I Principles. New York, Academic Press. 1975. p.11-154.
18. SALAS, G. DE LAS. Suelos y ecosistemas forestales; con énfasis en América Tropical. Turrialba, IICA. 1987. 450p.
19. TROJER, H. Distribución y características de la precipitación en un cafetal bajo sombrero. *Cenicafé* 6 (27): 256-264. 1955.
20. VENEKLAAS, E. Rainfall interception and aboveground nutrient fluxes in Colombian montane tropical rain forest. Utrecht, University of Utrecht. 1990. 105p.