

Artículo de
InvestigaciónInterceptación de lluvia en diferentes especies en arreglos
agroforestales en la Amazonia Colombiana

Carlos Arturo Fernández-Aldana¹,
Jhon Edwar Noriega-Ortega¹,
Ervin Humprey Durán-Bautista²,
Juan Carlos Suárez-Salazar²

¹Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

²Profesor Universidad de la Amazonia, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Agroecológica, Grupo de Investigación en Agroecosistemas y Conservación de Bosques Amazónicos GAIA.

Autor para Correspondencia*:
juansuarez1@gmail.com

Recibido 05 de marzo de 2014.
Aceptado 25 de junio 2014.

Resumen

Las variables dasométricas y el nivel de interceptación de diferentes especies de árboles fueron monitoreados en arreglos agroforestales ubicados en el Centro de Investigaciones Amazónicas CIMAZ Macagual, departamento del Caquetá. Parica (*Anadenanthera peregrina* L.) y Chilco (*Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC.) presentaron los valores extremos con respecto al dap (32,5 y 4,8 cm), Pomo Silvestre (*Bellucia grossularioides* L.) Triana) presentó mayores valores para área de copa (76,6 m²) y opacidad en comparación (82,5%) a las demás especies. Yarumo (*Cecropia peltata* L.) es la especie con mayor altura promedio (18,0 m) contrario a lo encontrado para Copoazu (*Theobroma grandiflorum* Wild. Ex. Spreng). Se monitorearon 464 eventos de lluvia con un total de 3001,4 mm de la precipitación incidente con intensidades entre 0,2 a 153,8 mm (6,47±0,2 mm) con intervalos de duración | entre 15 a 825 minutos (58,6±4,23 minutos) y un total de 452,25 horas de lluvia existiendo una relación lineal entre la cantidad y el evento de la lluvia ($r^2=0,64$ $P<0,0001$). Se presentó variación en los eventos de precipitación con diferente magnitud, intensidad y frecuencia. Las especies forestales que presentaron mayor interceptación fueron sangre toro (*Virola elongata* Warb.) 261,41 mm y Copoazu (*Theobroma grandiflorum* Wild. Ex. Spreng.) con 177,24 mm.

Palabras claves: Arreglos, agroforestal, interceptación, lluvia, evento, precipitación.

Abstract

Dasometric variables and interception levels of different tree species were monitored in agroforestry arrangements located in the Amazonian Research Centre CIMAZ Macagual, Caquetá department. Parica (*Anadenanthera peregrina* L.) and chilco (*Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC.) presented extreme values regarding dap (32.5 and 4.8 cm), Mess apple (*Bellucia grossularioides* L.) Triana) with highest values in the Crown area (76.6 m²) and opacity (82.5 %) in comparison with other species. Yarumo (*Cecropia peltata* L.) was found the highest specie with an average height of (18.0 m), the contrary for copoazu (*Theobroma grandiflorum* Wild. Ex. Spreng). 464 rainfall events were monitored with a total of 3001.4 mm of incident precipitation, presenting intensities between 0.2 to 153.8 mm (6.47 ± 0.2 mm) at intervals of length between 15-825 minutes (58.6 ± 4.23 minutes) and a total of 452.25 hours of rain extending a linear relationship between the amount and the rainfall event ($r^2 = 0.64$ $P < 0.0001$). Variation in precipitation events with different magnitude, intensity and frequency was presented. The forest species that presented higher interception were *Virola elongata* Warb. 261.41 mm and copoazu (*Theobroma grandiflorum* Wild. Ex Spreng.) 177.24 mm.

Key words: Arrangements, agroforestry, intercepting, rain, rainfall

Introducción

Los arreglos agroforestales en la amazonia proveen servicios muy importantes que contribuyen en los medios de vida de las familias aumentando los ingresos y aliviando la pobreza. De acuerdo a los diferentes servicios que proveen (Millennium Ecosystem Assessment 2005), se encuentran la estabilización del clima, regulación hídrica, reducción de erosión, entre otros. Según la configuración a escala espacio-temporal de los arreglos que son diseñados de acuerdo a las necesidades de los productores, la cantidad de beneficios (fruta, madera, leña, entre otros) aumentan por unidad de área debido a la existencia de estratos superiores que además de proveer sombra cumplen con otros beneficios que han sido valorados por muchos estudios (Izac 2003).

Dentro de los servicios que proveen los arreglos agroforestales se encuentra la regulación hídrica permitiendo reducir la escorrentía superficial por la interceptación de la lluvia, optimizando el balance del agua en el suelo. Existen factores que inciden en el flujo de agua interceptada y el escurrimiento fustal como el ángulo de inserción de las ramas en el fuste (Steinbuck 2002), rasgos como tamaño de la planta, forma y tamaño de las copas, rugosidad de la corteza (Crockford y Richardson 2000),

longitud del recorrido del agua desde la copa hasta la base, estos factores depende de la distribución espacial de las plantas dentro del arreglo agroforestal, característica fenologías de las especies, tipo de hojas, así como la arquitectura de la copa.

Al presentarse eventos de lluvia esta se presenta de manera directa, como flujo caulinar o interceptación por el dosel (Gupta y Usharani 2009). Este último, durante un escenario de precipitación en un arreglo agroforestal se generan cambios en la cantidad, intensidad y distribución espacial del agua en el suelo (Bonan 2002), así mismo, reduciendo la cantidad y la energía cinética de la lluvia, que minimizan la aparición de la escorrentía y la erosión.

La forma de estimar la interceptación de lluvia se relaciona con la diferencia entre la precipitación bruta y la cantidad de lluvia que pasa a través del dosel (Barbier *et al.* 2009; Xiao *et al.* 2000). El proceso de interceptación del dosel está influenciada por factores como (1) el tipo de evento de lluvia (magnitud, intensidad y duración), (2) la estructura y especies de árboles del dosel (Crockford y Richardson 2000), las características de la configuración (estructura vertical y horizontal) (Nakardani y Sumera 2004), composición florística, arquitectura de las especies, crecimiento de epífitas (Liang *et al.* 2009; Hölscher *et al.* 2004) y (3) y las condiciones climáticas (Crockford y

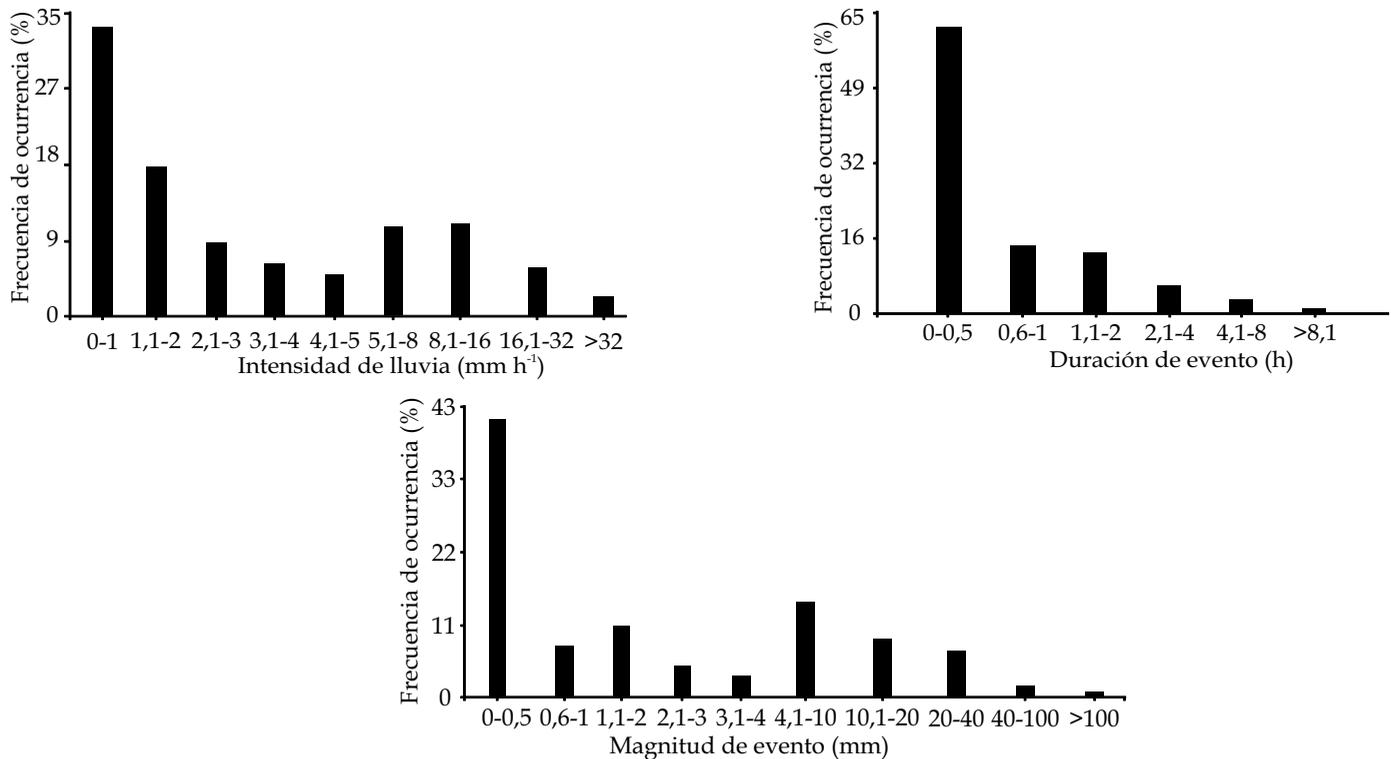


Figura 1. Variación en los eventos de precipitación con respecto a intensidad, duración y magnitud.

Richardson 2000).

Comprender la incidencia sobre el proceso hidrológico como la distribución del agua, infiltración y la lixiviación de nutrientes de algunas especies en arreglos agroforestales puede ser de importancia en la optimización de los sistemas de uso de la tierra. Esto puede ser más importante en condiciones de alta precipitaciones y baja disponibilidad de nutrientes, una combinación frecuente en el trópico húmedo. El objetivo del presente estudio fue caracterizar el nivel de interceptación de diferentes especies de árboles en arreglos agroforestales en la amazonia colombiana.

Materiales y métodos

El estudio fue desarrollado entre enero a octubre de 2013 en el Centro de Investigaciones Amazónicas CIMAZ Macagual de propiedad de la Universidad de la Amazonia ubicado a 22 km de la ciudad de Florencia, capital de departamento del Caquetá-Colombia. Localizado geográficamente en la Amazonia colombiana a 1°37'N y 75°36'W, a 300 msnm con un clima AF según la clasificación de Copen. Presenta una precipitación anual promedio de 3793 mm, un brillo solar de 1707 horas año⁻¹, temperatura promedio de 25,5°C y humedad relativa de 84,25% (Estrada y Rosas 2007).

Se caracterizó diferentes variables dasométricas (diámetro a la altura del pecho (dap), altura total (ht) y comercial (hc) y características de arquitectura (área de copa (Ac) y opacidad (Opc) a 17 especies que conforman la estructura en el estrado superior e inferior de diferentes arreglos

agroforestales, en los cuales se monitoreo la magnitud, frecuencia e intensidad de los eventos de lluvia con una estación meteorológica WatchDog 2900ET marca Spectrum Technologies. Para cada especie de árbol fue instalado en el fuste tuberías adheridas con silicona para captar el flujo caulinar con tubos de PVC de ½ pulgada los cuales fueron conducidos a galones de almacenamiento para luego calcular con una probeta la cantidad de agua interceptada.

La interceptación de lluvia por el dosel del árbol se midió en valores porcentuales por cada evento de lluvia mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Interceptación} = [(\text{lluvia} - \text{escurrimiento fustal}) / \text{lluvia}] * 100$$

Los datos fueron analizados utilizando una prueba de varianza entre las medias como también regresión lineal entre la cantidad de volumen de agua interceptada en función del evento de lluvia utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2013).

Resultados y discusión

Caracterización de los eventos de lluvia

Durante el periodo de estudio se monitorearon 464 eventos de lluvia con un total de 3001,4 mm de precipitación incidente, presentando intensidades entre 0,2 a 153,8 mm (6,47±0,2 mm) con intervalos de duración entre 15 a 825 minutos (58,6±4,23 minutos) y un total 452,25 horas de lluvia existiendo una relación lineal entre la cantidad y el evento de la lluvia ($r^2=0,64$ $P<0,0001$). Se presentó variación en los eventos de precipitación con diferente magnitud,

intensidad y frecuencia (Figura 1).

El rango de evento de lluvia que presento mayor frecuencia de ocurrencia fue entre 0,1 a 0,5 mm (41,38%) considerados como débiles de acuerdo a lo propuesto por Cantú y Gonzales (2005), seguido de eventos con magnitud entre 4,1-10 mm (14,01%) y 1,1-2 mm (10,78%) Xiao *et al.* (2000) determinaron las tasas de interceptación para las especies *Pyrus calleryana* y *Quercus suber* 15% y 27%, respectivamente, a través un completo colector bajo el dosel de estas especies; diversos autores mencionan que las tasas de la interceptación pueden variar desde 10 hasta 50% (Gerrits *et al.* 2007; Dajoz 2002; Schellekens *et al.* 1999).

Características dasométricas de las especies

Con respecto a las variables dasométricas de las 17 especies evaluadas se halló que Parica (*Anadenanthera peregrina* L.) presento el mayor diámetro a la altura del pecho dap (32,5cm) y Chilco (*Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC) tiene el menor dap (4,8cm), Pomo Silvestre (*Bellucia grossularioides* (L.) Triana) con un área de copa de (76,6m²), la mayor opacidad se obtuvo en la especie Pomo Silvestre (*Bellucia grossularioides* (L.) Triana) con (82,5%) y la menor fue Guayaba (*Psidium guajava* L) con (15,0%) se encontró que Yarumo (*Cecropia peltata* L) es la más alta de las especies con una altura de (18,0m) y de menos altura fue Copoazu (*Theobroma grandiflorum* Wild. Ex. Spreng.) (4,7m) (Tabla 1). La variación en las pérdidas por interceptación de los diferentes eventos de lluvia donde las especies Caracolí (*Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels) y Ahumado (*Minquartia guianensis* Aublet.) presentan menores pérdida por interceptación, Achapo (*Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke.) y Yarumo (*Cecropia peltata* L.) son las que mayor pérdida por interceptación presentan estas variaciones fueron dependientes de la cantidad de precipitación ocurrida en cada evento (figura 2).

Los resultados muestran que Caracoli (*Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels) 144,5 mm es una de las especies

que mayor interceptación presento, esto se relaciona con la capacidad de regulación del flujo de agua que llega al suelo y por tanto, sobre procesos como la escorrentía. (Córcega y Silva 2011), se presume que existe influencia del tallo sobre la capacidad de interceptación, resultados similares a los encontrados por Díaz (2005) donde se demuestra que el dap influye directamente en la interceptación y es inversamente proporcional, a menor diámetro mayor interceptación a mayor diámetro menor interceptación (Tabla 1 y Figura 2)

Intercepción y precipitación incidente

El análisis de regresión lineal entre la precipitación incidente y la interceptación en los diferentes tipos de doseles estudiados muestran valor de correlación entre $r^2=0,88$ Chilco (*Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC) y $r^2=0,35$ Cedro (*Cedrela odorata* L.) (Figura 3a,3f).

Los resultados indican que el dosel de la especie Sangre Toro (*Virola elongata* Warb) presento menores pérdidas por interceptación. Los valores de la capacidad de interceptación del dosel fueron estimados para Sangre Toro (*Virola elongata* Warb) en (261,41 mm) y Achapo (*Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke) fue el dosel que menos intercepto con 20,75 mm (Tabla 2). Al respecto es necesario tener en cuenta la estratificación para el balance hídrico en un arreglo, en este sentido se encontró que el estrato bajo y medio es el espacio donde se intercepta mayor volumen de agua por la ubicación de especies cuya características de copa que aumentan la interceptación reduciendo el goteo caso Sangre Toro (*Virola elongata* Warb) De acuerdo a Steinbuck (2002) especies con características de copa y grosos de tallo (dap), la perdida por goteo será menor y escurrimiento caulinar aumentara debido a la canalización generada por las ramas. Las especies forestales que cuentan con hojas perennes permiten un mayor grado de interceptación a diferencia de las especies con hojas caducifolias (Barbier *et al.* 2009).

Tabla 1. Medidas dasométricas de seis especies de uso forestal en el Centro de Investigaciones MACAGUAL

Nombre científico	Nombre común	dap (cm)	Ac (m ²)	Opc (%)	ht (m)	hc (m)
<i>Minquartia guianensis</i> Aublet.	Ahumado	8,60	15,80	30,00	5,30	2,30
<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels	Caracoli	17,20	35,20	35,00	13,00	8,00
<i>Virola elongata</i> Warb	Sangre toro	9,10	25,20	27,00	14,00	10,00
<i>Cedrelinga catenaeformis</i> D. Ducke.	Achapo	21,60	73,30	45,00	14,00	6,00
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	Chilco	4,80	11,20	35,00	7,60	2,00
<i>Cecropia peltata</i> L.	Yarumo	16,90	29,50	25,00	18,00	8,00
<i>Psidium guajava</i> L	Guayabo	8,60	12,60	15,00	7,00	0,30
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L)	Parica	32,50	55,80	27,50	16,50	12,50
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Martius	Uva caimaron	18,60	43,20	45,50	11,50	6,50
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Pomo silvestre	23,70	76,60	82,50	10,60	3,20
<i>Capirona decorticans</i> Spruce	Resbalamono	7,60	11,70	28,00	6,30	3,20
<i>Borojoa patinoi</i> Cuatrec	Borojo	4,80	5,00	31,00	7,40	1,40
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	14,90	26,30	23,80	10,70	4,80
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth)	Bocaindio	18,40	44,00	33,00	12,10	4,40
<i>Eugenia stipitata</i> Mc. Vaugh	Araza	7,50	13,00	29,90	5,70	0,80
<i>Theobroma grandiflorum</i> Wild. Ex. Spreng	Copoazu	8,40	23,30	51,90	4,70	0,80
<i>Hevea brasiliensis</i> Müll	Caucho	9,80	18,80	25,70	7,10	2,60

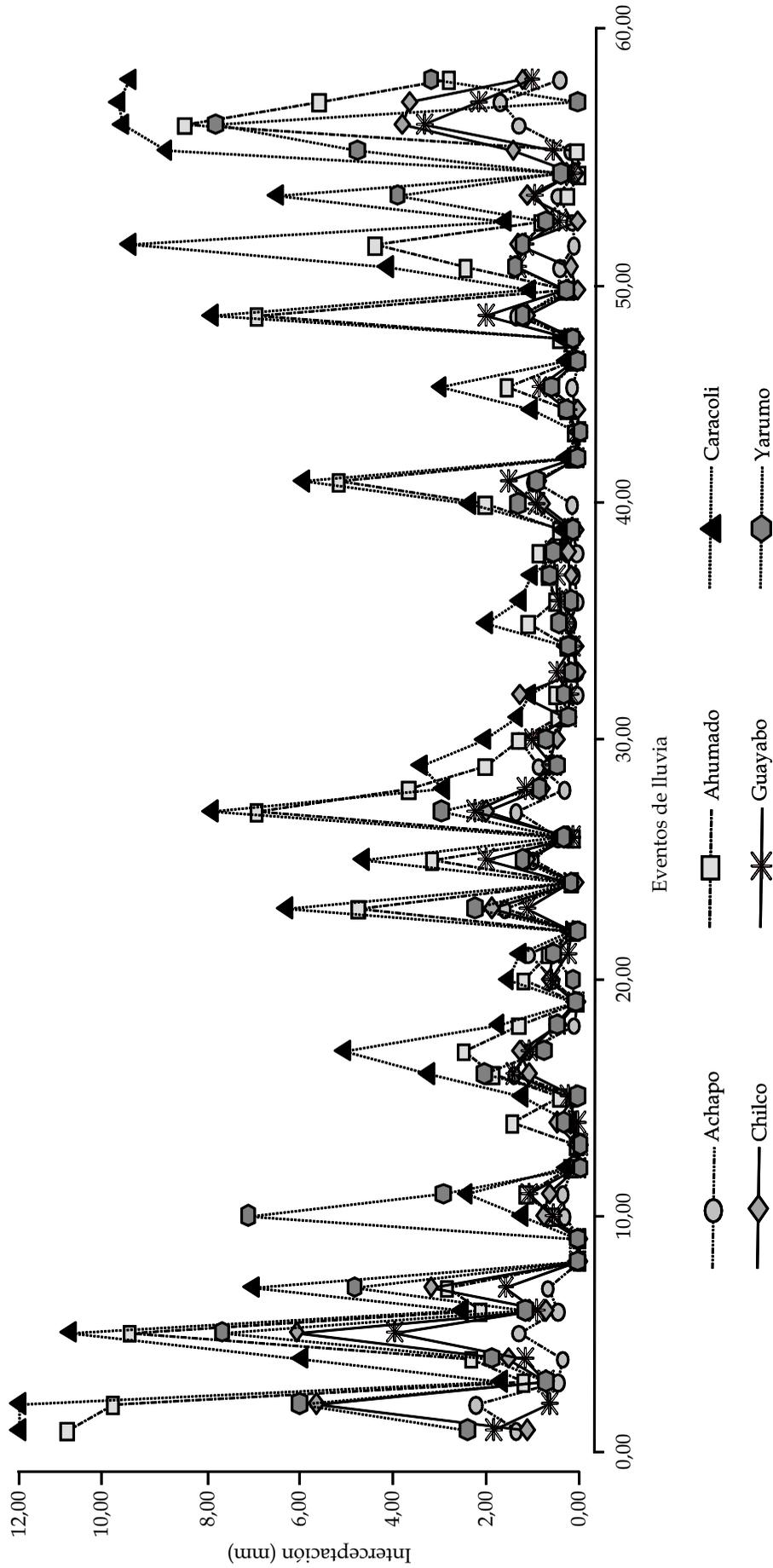


Figura 2. Pérdidas por intercepción con base a los eventos de lluvia individuales para el dosel las especies forestales de mejor ajuste al modelo de regresión.

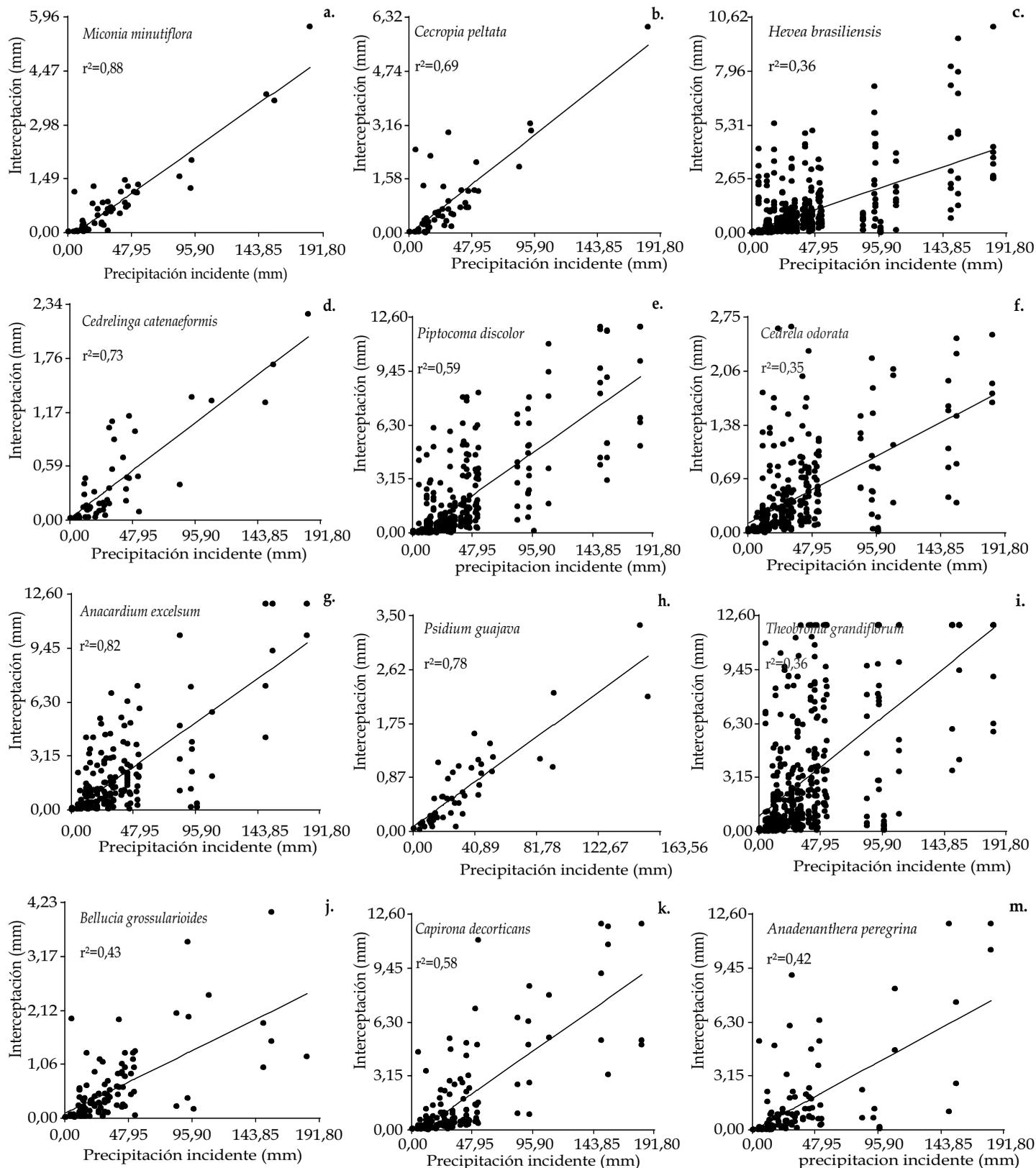


Figura 3. Correlación lineal de 17 especies forestales **a.** Chilco (*Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC. **b.** Yarumo (*Cecropia peltata* L.). **c.** Caucho (*Hevea brasiliensis* Müll) **d.** Achapo (*Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke.). **e.** Bocaindio (*Piptocoma discolor* Kunth). **f.** Cedro (*Cedrela odorata* L.). **g.** Caracoli (*Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels.). **h.** Guayaba (*Psidium guajava* L.). **i.** Copoazu (*Theobroma grandiflorum* Wild. Ex. Spreng.). **j.** Pomo silvestre (*Bellucia grossularioides* L.). **k.** Resbala mono (*Capiroa decorticans* Spruce.). **m.** Parica (*Anadenanthera peregrina* L.). **n.** Uva caimarona (*Pourouma cecropiifolia* Martius.). **o.** Ahumado (*Minquartia guianensis* Aublet.). **p.** Araza (*Eugenia stipitata* Mc. Vaugh). **q.** Sangre toro (*Virola elongata* Warb). **r.** Borojo (*Borojoa patinoi* Cuatrec).

Tabla 2. Relación entre la pérdida por intercepción y precipitación incidente (1166 mm) durante el período de estudio.

Especie	Promedio intercepción		Intercepción total	
	(mm)	%	(mm)	%
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC	0,76 ± 0,14	2,07 ± 0,37	40,90	11,22
<i>Minuartia guianensis</i> Aublet.	1,60 ± 0,30	3,81 ± 0,45	81,50	22,34
<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels	2,78 ± 0,45	6,82 ± 0,78	144,50	39,61
<i>Psidium guajava</i> L.	0,66 ± 0,09	2,12 ± 0,17	32,90	9,03
<i>Cedrelinga catenaeformis</i> D. Ducke	0,41 ± 0,07	1,17 ± 0,13	20,70	5,69
<i>Cecropia peltata</i> L.	0,88 ± 0,16	3,44 ± 0,88	44,00	12,08
<i>Virola elongata</i> Warb	4,93 ± 0,64	13,49 ± 1,50	261,40	19,04
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L)	1,47 ± 0,23	4,34 ± 0,92	81,80	5,95
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Martius	0,60 ± 0,09	1,68 ± 0,18	32,00	2,33
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	0,54 ± 0,06	1,82 ± 0,32	29,90	2,17
<i>Capirona decorticans</i> Spruce	1,51 ± 0,20	3,90 ± 0,56	82,60	6,02
<i>Borojoa patinoi</i> Cuatrec	1,84 ± 0,18	5,43 ± 0,41	96,30	7,02
<i>Cedrela odorata</i> L.	0,44 ± 0,03	1,41 ± 0,10	23,70	1,72
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth)	1,60 ± 0,13	4,19 ± 0,39	89,70	6,54
<i>Eugenia stipitata</i> Mc. Vaugh	1,58 ± 0,11	4,89 ± 0,40	86,10	5,90
<i>Theobroma grandiflorum</i> Wild. Ex.	3,15 ± 0,18	9,68 ± 0,74	177,20	12,91
<i>Hevea brasiliensis</i> . Müll	0,90 ± 0,06	3,07 ± 0,28	51,70	3,76

La especie Achapo (*Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke) por presentar un tallo rugoso, pudo influir en los bajos valores obtenidos ya que esta característica morfológica hace que influya en la función de embudo, ya que la corteza áspera puede actuar como una esponja, absorbiendo y luego liberando o evaporando grandes cantidades de agua, lo cual retrasa el tiempo que toma para que el agua fluya hacia abajo del tallo (Steinbuck 2002).

Los modelos de regresión lineal para determinar el nivel de intercepción por los doseles de especies de uso forestal, Chilco (*Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC), es la que especie que presento el mejor modelo para la estimación de pérdidas de intercepción, con un coeficiente de correlación alto ($r^2=0,88$) (Tabla 3). Según Cantú y Gonzáles (2005) sugiere tener en cuenta otros factores tales como: niebla, rocío, intensidad de lluvia, continuidad del evento de lluvia, velocidad del viento, entre otros, para poder

predecir con mayor exactitud la intercepción, además, la naturaleza del follaje, la corteza de las ramas y el tronco son algunos de los factores importantes que influyen en escurrimiento por el tronco y la intercepción (Gupta y Usharani 2009).

De las cinco características morfológicas que se tomaron de las especies el diámetro altura el pecho y diámetro de copa son las dos características de mayor influencia en la intercepción. Especies como Sangre toro (*Virola elongata* Ward) Caracoli (*Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels) y copoazu (*Theobroma grandiflorum* Wild. Ex. Spreng) tienen un alto grado de intercepción, por lo que podrían ser incorporadas en arreglos agroforestales para zonas en las cuales la precipitación sea alta y profusa de manera que regulen el flujo de agua que llega al suelo y por tanto, actúen sobre procesos como caída de la gota, la escorrentía, y la percolación. Por otro lado las especies Achapo

Tabla 3. Resumen del análisis de regresión para describir las pérdidas por intercepción para los doseles de seis especies

Especie	a	b	R ²	R ² aj	ECMP	AIC	BIC
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	-0,16	0,03	0,88	0,88	0,16	47,11	53,08
<i>Minuartia guianensis</i> Aublet.	-0,21	0,05	0,83	0,82	0,95	137,54	143,34
<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels	0,05	0,07	0,82	0,82	2,09	184,42	190,28
<i>Psidium guajava</i> L.	0,07	0,02	0,78	0,77	0,12	29,70	35,43
<i>Cedrelinga catenaeformis</i> D. Ducke	0,15	0,01	0,41	0,40	0,19	67,58	73,76
<i>Cecropia peltata</i> L.	-0,03	0,03	0,69	0,69	0,43	99,02	104,76
<i>Virola elongata</i> Warb	1,86	0,08	0,47	0,46	12,95	285,25	291,16
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L)	-0,06	0,04	0,42	0,42	3,84	458,66	466,79
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Martius	-0,21	0,02	0,66	0,66	0,35	185,54	193,53
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	0,09	0,01	0,43	0,43	0,30	172,35	1830,48
<i>Capirona decorticans</i> Spruce	-0,35	0,05	0,58	0,58	2,90	634,29	643,59
<i>Borojoa patinoi</i> Cuatrec	-0,05	0,05	0,58	0,59	2,93	817,99	228,03
<i>Cedrela odorata</i> L.	0,12	0,01	0,35	0,35	0,20	394,90	406,22
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth)	-0,27	0,05	0,59	0,59	2,65	1490,51	1502,42
<i>Eugenia stipitata</i> Mc. Vaugh	0,21	0,04	0,43	0,43	2,66	1451,67	1463,51
<i>Theobroma grandiflorum</i> Wild. Ex.	0,87	0,06	0,36	0,36	9,40	2284,98	2297,31
<i>Hevea brasiliensis</i> . Müll	0,09	0,02	0,36	0,36	1,22	1561,63	1574,39

Y: Pérdida por intercepción (mm); X: precipitación incidente (mm); R²: Coeficiente de determinación; R²-ajust.: Coeficiente de determinación ajustado; ECMP: Error Cuadrático Medio de Predicción; AIC: Criterio de Información Akaike; BIC: Criterio de Información Bayesiano

(*Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke.) y Yarumo (*Cecropia peltata* L) pueden ser implementadas en arreglos agroforestales para áreas con baja precipitación que no compitan por agua con las especies del cultivo principal y que les provean de beneficios como sombra, microclima favorable y aporte de nutrientes por caída de hojarasca.

Literatura citada

- Barbier, S; Balandier, P; Gosselin, F. 2009. Influence of several tree traits on rainfall partitioning in temperate and boreal forests: a review. *Annals of Forest Science* 66(6):602-613.
- Bonan, G. 2002. *Ecological climatology: concepts and applications*. New York, United States, Cambridge University Press. 690 pp.
- Carvajal, D; Calvo, J. 2012. Intercepción de precipitación en dos especies forestales nativas: *Vochysia guatemalensis* onn. Sm. y *Vochysia ferruginea* Mart. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica)* 9(22):55-61.
- Corcega, E; Silva, O. 2011. Evaluación de la intercepción de la lluvia en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), bosque tropical semidecídulo y conuco en laderas de montaña. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 37(2).
- Cantú, I; Gonzáles, H. 2005. Pérdidas por intercepción de la lluvia en tres especies de matorral Submontano. *Ciencia UANL* 3(1):80-85.
- Crockford, R, H; Richardson, D, P. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes* 14(16-17):2903-2920.
- Díaz, E; 2005. Intercepción pluvial por plantaciones de pinus michoaca cana encinar y pastizal en la zona baja de la cuenca; tesis maestría en ciencias en limnología y acuicultura universidad de michoacana de san nicolas de idalgo, Morelia, México 100 pp.
- Di Rienzo J.A; Casanoves, F; Balzarini, M.G; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C.W. 2013. *InfoStat versión 2013*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Dajoz, R. 2002. *Tratado de ecología*, Segunda edición. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 600 pp
- Estrada, C, A; Rosas, G. 2007 proyecto: centro de investigaciones amazónicas macagual (CIMAZ). Vicerrectoría de investigaciones y posgrados. Universidad de la amazonia. 55p.
- Gerrits, A; Savenije, H; Hoffman, L; Pfister, L. 2007. New technique to measure forest floor interception—an application in a beech forest in Luxembourg. *Hyd. Earth Syst. Sci* 11:695-701.
- Gupta, A; Usharani, L. 2009. Rainfall partitioning in a tropical forest of Manipur, North East India. *Tropical Ecology* 50(2):355-358.
- Giraldo, J; Jaramillo, A. 2005. Ciclo hidrológico y transporte de nutrimentos en cafetales bajo diferentes densidades de sombra de guamo. *Cenicafe* 55(1):52-68.
- Hölscher, D; Köhler, L; van, Dijk, A; Bruijnzeel, L, A. 2004. The importance of epiphytes to total rainfall interception by a tropical montane rain forest in Costa Rica *Journal of Hydrology* 292(1-4):308-322.
- Izac, A., 2003. Economic aspects of soil fertility management and agroforestry practices. In: Schroth, G., Sinclair, F.L. (Eds.), *Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods*. CABI, Wallingford, UK. 464 pp.
- Liang, X; Su, D; Yin, S; Wang, Z. 2009. Leaf water absorption and desorption functions for three turfgrasses. *Journal of Hydrology* 376(1-2):243-248.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: current state and trends*. Island Press. Washington, US.
- Nadal, E; Regúés, D; Serrano, P. 2010 respuesta hidrológica en una pequeña cuenca experimental pirenaica con dos ambientes extremos: cárcavas y bosque de repoblación *Ecología de Montaña* 165: 135-155
- Nakardani, N; Sumera, M. 2004. Old-growth forest canopy structure and its relationship to throughfall interception. *Forest Science* 50 (3):290-298.
- Rivera, M. 2008. Determinación de la dinámica del agua en el sistema agroforestal quesungual e identificación de factores suelo-planta para el mejoramiento de la productividad del agua en los cultivos. Tesis doctoral Ciencias Agrarias con énfasis en Suelos. Universidad nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 335p.
- Steinbuck, E. 2002. Influence of tree morphology on stemflow in a redwood region second-growth forest. Master Thesis, California, USA, California State University, Chico. 55 pp.
- Schellekens, J; Scatena, F; Bruijnzeel, L; Wickel, A. 1999. Modelling rainfall interception by a lowland tropical rain forest in northeastern Puerto Rico. *Journal of Hydrology* 225:168-184.
- Xiao, Q.F; McPherson, E.G; Ustin, S.L; Grismer, M. E. 2000. A new approach to modeling tree rainfall interception. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 105:29173-29188.