



## Características y rasgos funcionales de los árboles y su efecto sobre la transferencia de lluvia y captura de nutrientes

*Juliana Miranda Gómez*<sup>1</sup>; *Fabrice Declerck*<sup>2</sup>;  
*Muhammad Ibrahim*<sup>3</sup>; *Graciela Rush*<sup>4</sup>; *Fernando Casanoves*<sup>5</sup>;  
*Pere Casals*<sup>6</sup>, *Francisco Jiménez*<sup>7</sup>

**Resumen:** El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de las características de las plantas y los rasgos funcionales de la copa de árboles: *Albizia saman*, *Coccoloba caracasana*, *Coccoloba floribunda*, *Crescentia alata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia* y *Tabebuia rosea* sobre el porcentaje de lluvia transferida hacia el suelo y la captura de nutrientes NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub>, P total, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> a través de la copa. Se evaluaron 27 árboles dispersos en potreros ubicados en 9 fincas ganaderas del departamento de Rivas – Nicaragua, para un total de 324 pluviómetros instalados, 12 pluviómetros por cada árbol (8 bajo copa y 4 fuera de copa). En total se registraron 20 eventos lluviosos comprendidos entre los meses de mayo a septiembre del año 2011 y se analizaron 39 muestras de agua lluvia (28 muestras compuestas recolectadas bajo copa y 11 muestras control); encontrándose que existen diferencias significativas entre las especies para el porcentaje de lluvia transferida a través de la copa arbórea, siendo el área foliar (AF) el rasgo funcional que mayor correlación presentó con dicha variable y la especie *Enterolobium cyclocarpum* la de mayor porcentaje de lluvia transferida (84%) al igual que una relación positiva con los rasgos funcionales fuerza tensil de la hoja (FTH), longitud del peciolo (LP) y área foliar (AF) para el caso de la diferencia media en el contenido de nutrientes (bajo copa menos fuera de copa), siendo la especie *Coccoloba floribunda* la especie que reportó los mayores valores de nutrientes en mg/L.

**Palabras clave:** Copa arbórea, pluviolavado, servicios ecosistémicos (SE)

### Introducción:

El efecto del cambio climático en variables como la temperatura y la precipitación son cada vez más frecuentes e intensos en la región Centroamérica (MARENA y ONDL, 2008). El cambio climático hará disminuir el agua disponible para la agricultura y el aumento de las temperaturas se traducirá en una mayor demanda de agua del cultivo con graves consecuencias en la disponibilidad de este recurso para la producción de alimentos; no obstante la lluvia aumentará en los trópicos y a latitudes más altas y disminuirá en zonas de carácter seco al igual que semiárido y en el interior de los grandes continentes (FAO, 2011). Los cultivos agrícolas, pastos, plantaciones forestales y

<sup>1</sup> M, Sc Agroforestería Tropical, Especialista en Práctica del Desarrollo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE – Costa Rica. E-mail: [jmirandag@catie.ac.cr](mailto:jmirandag@catie.ac.cr)

<sup>2</sup> PhD en Ecología de Paisajes. Program Leader Agroecological Intensification and Risk Management - Bioersivity International – Francia. Correo electrónico: [f.declerck@cgiar.org](mailto:f.declerck@cgiar.org)

<sup>3</sup> PhD. Líder del Grupo de Ganadería y Manejo del Medio Ambiente (GAMMA) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE – Costa Rica. Correo electrónico: [mibrahim@catie.ac.cr](mailto:mibrahim@catie.ac.cr)

<sup>4</sup> PhD. Senior resercher Norwegian institute of nature research. Correo electrónico: [Graciela.Rusch@nina.no](mailto:Graciela.Rusch@nina.no)

<sup>5</sup> PhD. Unidad de Bioestadística, CATIE. Correo electrónico: [casanoves@catie.ac.cr](mailto:casanoves@catie.ac.cr)

<sup>6</sup> PhD. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña CTFC – España. Correo electrónico: [pere.casals@ctfc.es](mailto:pere.casals@ctfc.es)

<sup>7</sup> PhD. Vicedecano Académico, CATIE. Correo electrónico: [fjimenez@catie.ac.cr](mailto:fjimenez@catie.ac.cr)



vegetación natural requerirán de aprovisionamiento de agua para mantener su desarrollo y generar una productividad adecuada a los sistemas de manejo (Faustino, 1997); cobrando importancia los servicios ecosistémicos (SE)<sup>8</sup> para el adecuado funcionamiento de los sistemas productivos, por lo cual se planteó en la presente investigación, evaluar algunas características y rasgos funcionales de la copa de los árboles asociados a la regulación hídrica, el reciclaje de nutrientes, la evapotranspiración y los ciclos biogeoquímicos, considerándose importante para la planeación y manejo de sistemas productivos especialmente en zonas donde existen periodos de deficiencia prolongada de agua, bajas cantidades de lluvia anual o períodos críticos por deficiencia o exceso de ésta durante eventos climáticos como El Niño y La Niña tal como lo plantea Jaramillo 2005.

### **Materiales y métodos:**

El estudio se desarrolló en 9 fincas ganaderas ubicadas en el departamento de Rivas – Nicaragua, a una altitud aproximada de 80 m.s.n.m; zona de vida bosque seco tropical, estación seca durante los meses de noviembre a abril y estación lluviosa durante los meses de mayo a octubre, con un mínimo estival en la mitad del período lluvioso entre los meses de julio a agosto conocido popularmente como periodo de "Canícula" (INETER, 2005) y una precipitación promedio anual de 1450,2 mm (INETER, 2011).

El estudio se desarrollo en cuatro fases: a) selección de las especies con base en el trabajo realizado por Olivero (2011); b) visita y reconocimiento en campo de la zona de estudio, selección de los individuos y solicitud de los permisos tanto para la instalación de pluviómetros como para la toma de datos; c) diseño y construcción de los pluviómetros e instalación en campo y d) toma de datos.

En total se evaluaron 28 árboles dispersos en potreros de las especies *Albizia saman*, *Coccoloba caracasana*, *Coccoloba floribunda*, *Crescentia alata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia* y *Tabebuia rosea*. Los árboles seleccionados correspondieron a árboles dispersos en potreros, libre de epífitas o lianas, en lo posible ubicados en zonas planas y alejados de carreteras principales.

Para la construcción de los pluviómetros se utilizaron embudos plásticos de 11,8 cm de diámetro con un área de recepción de 109,36 cm<sup>2</sup> a los cuales se adapto en su base un tubo de PVC de media pulgada con el fin de reducir la evaporación de las muestras de agua. Los embudos fueron adheridos a botellas plásticas de 1,5 litros y protegidos inicialmente con una malla plástica con el fin de evitar la caída al interior de los pluviómetros de flores, animales u hojas lo cual pudiera afectar los resultados obtenidos en los análisis químicos de agua. Los pluviómetros fueron fijados con cinta elástica y bridas a estacas de 80 cm de altura enterradas a una distancia promedio del suelo de 40 cm. En total se instalaron 324 pluviómetros, 12 pluviómetros por cada árbol (8 pluviómetros bajo copa posiciones "1 y 2" y 4 pluviómetros fuera de copa posición "3" a 5 metros de distancia de la periferia de ésta) y con dirección a los cuatro puntos cardinales con el fin de eliminar sesgos por orientación o por formas irregulares de la copa del árbol al igual que poder determinar la influencia de la orientación sobre el proceso de transferencia de la lluvia. La toma de muestras de agua provenientes del pluviolavado de la copa arbórea se realizó durante la primera lluvia registrada en la zona los días 14 y 15 de mayo del año 2011 y la cantidad de agua lluvia transferida hacia el suelo entre los meses de mayo a septiembre de ese mismo año.

---

<sup>8</sup> Beneficios que las personas y las sociedades obtienen de los ecosistemas (Alcamo *et al.* 2003).



Las características de la planta y los rasgos funcionales de la copa medidos en campo correspondieron a: diámetro de copa (DiC), diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total del árbol (AT), altura de ramificación (AR), altura de la rama más baja (ARB), densidad de copa (DC), forma de la copa (FC) (elípticas horizontales y elípticas verticales). Los valores de área foliar (AF), área foliar específica (AFE), índice de área foliar (LAI), longitud del peciolo (LP), fuerza tensil de la hoja (FTH), grosor de la hoja (GH) y porcentaje de pubescencia fueron tomados de la base de datos de los proyectos SILPAS y FUNCiTree recolectados por Olivero (2011) los cuales fueron estimados con base a la metodología propuesta por Cornelissen (2003) y la descripción de la textura de la hoja (TH) y tipo de hoja (TiH) recopilada del manual “Flora de Nicaragua” (Stevens *et al.* 2001).

Los análisis estadísticos fueron realizados a partir de las diferencias medias obtenidas entre la cantidad de lluvia recolectada bajo y fuera de la copa de los árboles denominadas como  $\Delta$  3-1,  $\Delta$  3-2 y  $\Delta$  2-1; considerándose los eventos lluviosos y el árbol como efectos aleatorios debido a que no todos los individuos de la misma especie presentaron la misma fisionomía. Con el fin de evaluar la diferencia media en el contenido de nutrientes bajo y fuera de la copa de los árboles se aplicaron pruebas T apareadas paramétricas para P total,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{NO}_3^-$ , pruebas T apareadas no paramétricas Wilcoxon para  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NO}_2^-$  y se calculó el valor de la diferencia media entre el contenido de nutrientes bajo y fuera de la copa de los árboles de cada uno de los individuos seleccionados; al igual que se realizaron para cada una de las variables de transferencia de la lluvia y captura de nutrientes análisis de componentes principales (ACP) zonas Noroeste (NO) y Sureste (SE), ya que las zonas agrupadas no presentaron diferencias significativas entre ellas.

## Resultados y discusión

Existen diferencias significativas entre especies para el porcentaje de transferencia de lluvia a través de la copa de los árboles, siendo el área foliar (AF) el rasgo funcional de la copa que mayor correlación presentó para las diferencias medias ( $\Delta$  3-2), ( $\Delta$  3-1) con valores de “r” negativos y diferencias medias ( $\Delta$  2-1) con valor de “r” positivo, lo cual significa que para las diferencias medias ( $\Delta$  3-2) y ( $\Delta$  3-1) al aumentar el área foliar (AF) disminuye la diferencia media entre dichas posiciones transfiriéndose mayor cantidad de agua lluvia bajo la copa de los árboles, lo cual puede explicar el resultado obtenido en las especies *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea* las cuales presentaron la mayor área foliar (AF), así como el mayor porcentaje de lluvia transferida bajo la copa de los árboles 84 y 75% respectivamente.

Por su parte, la especie *Coccoloba sp.* fue la especie que menor cantidad de lluvia transfirió siendo su área foliar (AF) estadísticamente igual al de las especies anteriormente mencionadas, lo cual podría indicar que si bien, el área foliar (AF) es un rasgo determinante en el proceso de transferencia de la lluvia, existen otros rasgos funcionales o características de la planta que influyen directamente en dicho proceso, lo que puede relacionarse con lo reportado por Cháidez *et al.* (2008) quienes argumentan que los altos valores de interceptación de la lluvia se encuentran asociados a variables como el número de fustes, la poca inclinación de las ramas y probablemente a una mayor área foliar (AF) mientras los valores bajos de interceptación se encuentran asociados a hojas más pequeñas, corteza alisada y ramas inclinadas hacia el cenit.

Las diferencias medias ( $\Delta$  2-1) zona NO presentan una relación negativa con la altura total del árbol (AT), lo cual quiere decir que al aumentar la altura total (AT) disminuye la diferencia media entre dichas posiciones, mientras las diferencias medias ( $\Delta$  3-1), ( $\Delta$  3-2) y ( $\Delta$  2-1) zona SE presentan una relación positiva con dicha variable y con el promedio de diámetro de la copa (DiC) al igual que el



DAP. Las diferencias medias ( $\Delta$  3-1), ( $\Delta$  3-2) y ( $\Delta$  2-1) zonas NO y SE se encuentran relacionados de manera positiva con los rasgos funcionales fuerza tensil de la hoja (FTH), longitud del peciolo (LP) y área foliar (AF) y la diferencia media ( $\Delta$  2-1) zona NO y SE de manera negativa con la densidad de la copa; de las cuales las diferencias medias positivas con los rasgos funcionales fuerza tensil de la hoja (FTH) y longitud del peciolo (LP) pueden relacionarse con lo planteado por Ortiz 2006, quien argumenta que las gotas de lluvia que entran en contacto con la copa continúan su trayectoria hacia el suelo arrastrando otras gotas de lluvia especialmente si impactan contra estructuras poco rígidas como hojas y tallos finos.

Según los resultados obtenidos en las tablas de contingencia existe asociación significativa asociadas a la transferencia de la lluvia entre las diferencias medias ( $\Delta$  3-2), ( $\Delta$  3-1) y ( $\Delta$  2-1) con la variable categórica textura haz de la hoja<sup>9</sup>; y las diferencias medias ( $\Delta$  3-1) con las variables forma de la copa (FC) elíptica horizontal y elíptica vertical; al igual que con la textura envés de la hoja<sup>10</sup>; más no con la variable tipo de hoja (TiH) hoja simple y hoja compuesta.

Para el caso del contenido de nutrientes, la lluvia recolectada que pasa a través de la copa de los árboles presenta mayor cantidad de P total,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  y menor contenido de  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  en comparación a la lluvia no interceptada, lo cual concuerda con lo planteado por Bhat *et al.* (2011) quienes argumentan que los flujos de nitrógeno bajo la copa de los árboles se reducen con relación a la entrada de éste y su paso por parte del dosel arbóreo, debido principalmente a una posible absorción del nitrógeno por parte del dosel (Andrade *et al.* 1995). El  $K^+$  por su parte, fue el elemento que más altos valores presentó, lo cual concuerda con lo planteado por (Campo *et al.* 2000; Jaramillo, 2005), quienes reportan que las cantidades de  $K^+$  al igual que el  $Ca^{2+}$  y el  $Mg^{2+}$  aumentan en comparación con lo aportado por el agua lluvia en el agua de lavado foliar después de haberse trasladado a través del dosel y lo planteado por Gallardo *et al.* 2009 quienes argumentan que los aportes de fósforo al suelo por pluviolavado suelen ser pequeños, siendo el potasio el elemento más soluble en la hoja y por tanto el que se pierde más fácilmente por el lavado de la misma.

Las características y rasgos funcionales de los individuos evaluados según el análisis de componentes principales (ACP) explican el 71,5 y el 85% respectivamente de la variabilidad total en las observaciones con una relación positiva para las diferencias medias  $\Delta$  Calcio,  $\Delta$  Fósforo,  $\Delta$  Potasio y  $\Delta$  Magnesio con las características altura de la rama más baja (ARB) y altura de ramificación (AR); sin embargo Bhat *et al.* (2011) reportan que las tasas de deposición probablemente son influenciadas por la altura del árbol y el radio de la copa. Igualmente, existe una relación positiva con los rasgos funcionales fuerza tensil de la hoja (FTH), longitud del peciolo (LP) y área foliar (AF), lo cual significa que al aumentar el valor de dichas variables aumenta la diferencia media en el contenido de nutrientes (bajo copa menos fuera de la copa). No obstante, según Beckett (1998) citado por Rivera y Guarín (2009) argumenta que la turbulencia es el factor que permite la descarga de material particulado sobre el follaje, lo cual podría explicar la relación positiva entre los rasgos fuerza tensil de la hoja (FTH) y longitud del peciolo (LP) con las diferencias medias positivas reportadas en el contenido de nutrientes bajo copa.

Según Rivera y Guarín, 2009 las especies con mayor área foliar (AF) interceptan mayor cantidad de partículas suspendidas totales (PST), observándose en el caso de este estudio, que los mayores

<sup>9</sup> Clasificadas como: Lisa y glabra; glabra; velutinas a pubescentes; puberulentos a glabros y lepidoto

<sup>10</sup> Clasificadas como penachos de tricomas axilares; puberulento y con nervadura reticulada; ligeramente pubescentes; velutinas a pubescentes, con tricomas estrellados y simples; puberulentos a glabros y lepidoto



valores reportados para contenido de nutrientes fueron obtenidos por las especies *Coccoloba caracasana* y *Coccoloba floribunda*, especies que presentan los mayores valores de área foliar (AF) después de las especies *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea* con quienes son estadísticamente similares; sin embargo, estos altos valores pueden estar determinados por el comportamiento perennifolio de la especie favoreciéndose la tasa de deposición de nutrientes en la copa del árbol durante el periodo seco comprendido en la zona de estudio entre los meses de noviembre del año 2010 a abril del año 2011. Finalmente, según los resultados obtenidos en las tablas de contingencia se reporta que no existe asociación significativa entre los rasgos de tipo categórico (forma de la copa, textura de la hoja haz y envés y tipo de la hoja) y las diferencias medias obtenidas para los elementos P total,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ .

## Conclusiones y recomendaciones

Las especies arbóreas a utilizar, su cantidad y distribución en un sistema productivo dependerá del Servicio Ecosistémico (SE) a potencializar, entre ellos: protección del suelo contra la erosión, protección de fuentes hídricas, captura de nutrientes por parte del dosel arbóreo o regulación y almacenamiento del agua en el suelo.

Los nutrientes depositados en la copa de los árboles constituyen un aporte adicional al sistema productivo para el crecimiento de las plantas al inicio de la temporada lluviosa; existiendo un efecto positivo del árbol para la captura y transferencia hacia el suelo de P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

La selección de los árboles ha evaluar en este tipo de procesos investigativos debe ser acorde con las características generales de la especie, ya que existen características y rasgos funcionales categorizados como plásticos, los cuales puede variar dentro de una especie dependiendo de factores como el acceso a la luz, estrés hídrico y tipo de manejo. Igualmente, es importante para la evaluación del porcentaje de transferencia de la lluvia, incluir variables que permitan explicar este proceso tales como la tasa de almacenamiento de la copa, la rugosidad de la corteza, el grado de inclinación de las ramas o ángulo de ramificaciones y la intensidad de la precipitación (PPT).

Para la realización de los análisis químicos es indispensable seleccionar el laboratorio de acuerdo a su experiencia en los análisis a realizar, los equipos, insumos y capital humano capacitado; al igual que realizar una calibración previa de este, así como de los protocolos a utilizar para la toma de muestras, conservación, almacenamiento, transporte y análisis de estas.

Las muestras de agua deben ser analizadas lo antes posible después de su recolección y en caso de no ser así deben ser almacenadas teniendo en cuenta los protocolos establecidos para su conservación (reducción del pH en caso de ser necesario y tiempo máximo de congelación).

En lo posible tomar mayores repeticiones de los requeridos en el estudio, con el fin de contar con un mayor número de observaciones en campo, ya que bajo condiciones no controladas, las repeticiones pueden verse afectadas por factores como robo de material, cambio en el uso del suelo, poda de árboles, venta de terrenos, entre otros.

Se recomienda evaluar el efecto o impacto de las prácticas de manejo de los árboles y del periodo en que estas se realizan (periodo seco o lluvioso) sobre el porcentaje de transferencia de la lluvia



hacia el suelo y la captura de nutrientes y su impacto sobre para las especies arbustivas o herbáceas ubicadas en estratos inferiores.

Para el diseño de sistemas agroforestales se debe considerar el efecto que tienen los árboles en los procesos de transferencia de la lluvia hacia el suelo y la captura de nutrientes por parte de la copa arbórea y su relación con la disponibilidad del agua dentro de un sistema productivo a nivel del suelo, su distribución, impacto en procesos erosivos y aporte potencial de nutrientes.

### Agradecimientos

Proyecto *Trees as Drivers of Silvopastoral System Function in the Neotropics* (SILPAS); Drs Muhammad Ibrahim; Fabrice Declerck; Graciela Rush; Fernando Casanoves; Pere Casals y Francisco Jimenez.

### Bibliografía citada

Alcamo, J; Ash, JN; Butler, CD; Callicott, JB; Capistrano, D; Carpenter, RS; Castilla, JC; Chambers, R; Chopra, K; Cropper, A; Daily, CG; Dasgupta, P; Groot, Rd; Dietz, T; Duraiappah, AK; Gadgil, M; Hamilton, K; Hassan, R; Lambin, EF; Lebel, L; Leemans, R; Jiyuan, L; Malingreau, J-P; May, RM; McCalla, AF; McMichael, TAJ; Moldan, B; Mooney, H; Naeem, S; Nelson, GC; Wen-Yuan, N; Noble, I; Zhiyun, O; Pagiola, S; Pauly, D; Percy, S; Pingali, P; Prescott-Allen, R; Reid, WV; Ricketts, TH; Samper, C; Scholes, RB; Simons, H; Toth, FL; Turpie, JK; Watson, RT; Wilbanks, TJ; Williams, M; Wood, S; Shidong, Z; Zurek, MB. 2003. Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación.31.

Andrade, GC; Da Silva, HD; Ferreira, CA; Bellote, AFJ; Moro, L. 1995. Contribución del agua de lluvia en la oferta de nutrientes minerales para *Eucalyptus grandis*. *Bosque* 16(1):47-51.

Bhat, S; Jacobs, JM; Bryant, ML. 2011. The Chemical Composition of Rainfall and Throughfall in Five Forest Communities: A Case Study in Fort Benning, Georgia. *Water, Air, & Soil Pollution*:1-10.

Campo, J; Maass, JM; Jaramillo, VJ; Yrizar, AM. 2000. Calcium, potassium, and magnesium cycling in a Mexican tropical dry forest ecosystem. *Biogeochemistry* 49(1):21-36.

Cháidez, JJN; González, JM; Rodríguez, HG. 2008. Intercepción de la lluvia en especies de leguminosas del nordeste de México. *Terra Latinoamericana* 26(1):62.

Cornelissen, J. H. C; Lavorel S; Garnier E; Díaz S; Buchmann N; Gurvich D.E; Reich P.B; ter Steege H; Morgan H.D; A van der Heijden M.G.A; Pausas J. G; Poorter H. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of botany* (51): 335 – 380.

FAO 2011. El cambio climático hará disminuir el agua disponible para la agricultura. Consultado 30 ene. 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/79964/icode/>

Faustino J. 1997. Agua recurso estratégico en el futuro de América Central. *Revista Forestal Centroamericana*. N° 18, Año 6, 1997.p.6 -12



INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2005. Meteorología en Nicaragua. Características del clima de Nicaragua. Consultado en línea: 10 feb. 2011. Disponible en: <http://webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2011. Link: Áreas técnicas – Meteorología – Normas históricas – Rivas. Consultado en línea: 10 feb. 2011. Disponible en: <http://www.ineter.gob.ni/>

Jaramillo, A. 2005. La redistribución de la radiación solar y la lluvia dentro de plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). Revista de la Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales 29(112-113): 371.

MARENA (Ministerio del ambiente y los recursos naturales), ONDL (Oficina nacional de desarrollo limpio), 2008. Estrategia de adaptación al cambio climático de los Sistemas Recursos Hídricos y Agricultura. Cuenca No. 64 (entre el Volcán Cosigüina y Río Tamarindo). Consultado en línea: 13 feb. 2012. Disponible en: [http://cambioclimatico.cridlac.org/wpcontent/uploads/Estrategia\\_Adaptacion\\_Cuenca\\_NI.pdf](http://cambioclimatico.cridlac.org/wpcontent/uploads/Estrategia_Adaptacion_Cuenca_NI.pdf)

Olivero, S. 2011. Functional trait approach to assess the ecological processes of drought tolerance and water use efficiency in silvopastoral systems in Rivas Department, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 75 p.

Ortiz, EMG. 2006. Efecto de la estructura de la copa en la partición de lluvia de tres especies arbustivas en clima semiárido. Universidad de Almería.

Rivera, BD; Guarín, FA. 2009. Intercepción de partículas suspendidas totales (PST) por cinco especies de árboles urbanos en el Valle de Aburrá. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia (47): 59-66.

Stevens, WD; Pool, A; Montiel, OM; Ulloa, CU; Garden, MB. 2001. Flora de Nicaragua. Missouri Botanical Garden Press St. Louis^ eMissouri Missouri.