

Ingenierías & Amazonia

VOLUMEN 8

NÚMERO 1

ENERO - JUNIO 2015



UNIVERSIDAD DE LA
AMAZONIA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Universidad de la Amazonia
Revista Ingenierías & Amazonia
Volumen 8 Número 1 Año 2015
ISSN 1692-7389

revista_ingenieria@uniamazonia.edu.co

EDITOR GENERAL

Alberto Fajardo Oliveros, Ph.D.

COMITÉ EDITORIAL

Alberto Fajardo Oliveros, Ph.D.
Jaime Enrique Velásquez Restrepo, Ph.D.
Jean Alexander Gamboa Tabares, M.Sc.
Fausto Andres Ortíz Morea, Ph.D.

Hernán Jair Andrade Castañeda, Ph.D.
Jorge Fernando Navia Estrada, Ph.D.
Luis Gabriel Marín Collazos, M.Sc.

COMITÉ CIENTÍFICO

Jaime Enrique Velásquez Restrepo, Ph.D.
Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

Martha Orozco Aceves, M.Sc., Ph.D. (c).
Universidad del Oeste de Australia, Claremont, Western Australia.

Allan González Herrera, M.Sc.
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Juan Carlos Suárez Salazar, M.Sc.
Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

Verenice Sánchez Castillo, M.Sc.
Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

Armando Sterling Cuéllar, M.Sc., Ph.D. (c).
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Florencia, Caquetá, Colombia.

Carlos Hernando Rodríguez León, Esp., Ph.D. (c).
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Florencia, Caquetá, Colombia.

Jean Alexander Gamboa Tabares, M.Sc.
Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

José Joaquín Bocanegra García, Ph.D. (c).
Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

Luis Gabriel Marín Collazos, M.Sc.
Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

Bell Manrique Losada, M.Sc.
Universidad de Medellín, Medellín, Antioquia, Colombia.

Jorge Eliecer Giraldo Plaza, M.Sc.
Politécnico Colombiano "Jaime Isaza Cadavid", Medellín, Antioquia, Colombia.

Jaime Alberto Buitrago, M.Sc.
Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia.

Fabricia Carneiro Roos, M.Sc., Ph.D. (c).
Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

Rafael Zancan Frantz, Ph.D.
Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

Eduardo Francisco Caicedo Bravo, Ph.D.
Universidad del Valle, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

Alejandro Restrepo Martínez, Ph.D.
Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Antioquia, Colombia.

Gloria Piedad Gasca Hurtado, Ph.D.
Universidad de Medellín, Medellín, Antioquia, Colombia.

Victor Manuel Gélvez Ordoñez, Ph.D.
Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Angélica Piedad Sandoval Aldana, Ph.D.
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Chicoral, Tolima, Colombia.

José Rodolfo Velásquez Martínez, M.Sc., Ph.D. (c).
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa Tabasco, México.

Alejandro Geobanny Jurado Mejía, M.Sc.
Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

Luz Marina Flórez Pardo, Ph.D.
Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

Martha Cecilia Quicazán de Cuenca, Ph.D.
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Alicia Lucía Morales Pérez, Ph.D.
Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

Luz Alba Caballero Pérez, M.Sc.
Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

REVISTA

Ingenierías & Amazonia

VOLUMEN 8 NÚMERO 1 AÑO 2015

ISSN 1692-7389

Ingenierías & Amazonia es una publicación de carácter científico y académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia, Florencia (Caquetá), Colombia

Diagramación

Yeison Julián Penagos García
Fausto Andres Ortiz Morea

Diseño de Portada



UNIVERSIDAD DE LA
AMAZONIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
2015

CONTENIDO

5

Estructura poblacional y distribución espacial del roble negro (*Colombobalanus excelsa*) en fragmentos de bosque andino colombiano

Natalia Aguirre Acosta & Jorge Eduardo Botero Echeverri

14

Caracterización morfológica de cinco clones de *Theobroma cacao* L. En el municipio de Cartagena del Chairá, Caquetá.

María Fernanda Bermúdez Higinio, Cristian Motta Murcia, Soraida Rojas Vargas & Jean Alexander Gamboa Tabares

25

Propagación de las especies *Gmelina arborea* Roxb y *Cratylia argentea* Kunt en el CIMAZ macagual

Yaneth Amparo Flórez León, Ginna Johana Muñoz Suarez & Mercedes Mejía Leudo

31

Análisis comparativo de costos en dos métodos de producción de cacao en el departamento del Caquetá

Yamil Hernando Rivera Cortes, Herman Eduardo Bernal Artunduaga, Rubén Darío Puerta Noreña, Javier Borda Lugo, Yudy Andrea Molina & Idaly Sánchez

38

Competencia de nutrientes en cultivo de café (*Coffea arabica* L.) asociado bajo sistemas agroforestales

Brenda Yiseth Cerquera Rios, Carmen Juliana Ramírez Durán & Diego Armando Jiménez Carvajal

48

Ventajas y desventajas de cultivos de *Coffea arabica* L. y *Theobroma cacao* L. Bajo sistemas agroforestales

Yojan Leonardo Gutiérrez Rojas, Harrison Leandro Lozano Thola & Diego Armando Jiménez Carvajal



ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ROBLE NEGRO (*Colombobalanus excelsa*) EN FRAGMENTOS DE BOSQUE ANDINO COLOMBIANO

Natalia Aguirre Acosta & Jorge Eduardo Botero Echeverri

Artículo recibido el 15 de febrero de 2015, aprobado para publicación el 20 de mayo de 2015.

Resumen

Los bosques andinos en Colombia son reconocidos por su alta biodiversidad y endemismo, sin embargo, han experimentado un severo proceso de extinción y fragmentación debido a procesos antrópicos. Como resultado de esto, muchas especies vulnerables han sido particularmente afectadas. Este es el caso del roble negro (*Colombobalanus excelsa*), que es una especie endémica y poco estudiada de los Andes colombianos, cuya distribución está restringida a cuatro localidades en el país, entre las cuales se encuentra el sector sur oriental del departamento del Huila. Con el fin de estudiar las poblaciones de roble negro en la Serranía de Peñas Blancas (Huila), en 2006 evaluamos su estructura etaria y distribución espacial en cuatro parcelas de 50 x 20 m en cada uno de los cuatro fragmentos de bosque. Se registraron 1.228 individuos de roble negro entre adultos y juveniles. Se pudo confirmar que la mayoría de los individuos se encuentran en las primeras clases diamétricas, lo cual sugiere que las poblaciones de roble negro se encuentran en una fase de recuperación después de una fuerte intervención antrópica, sus poblaciones presentaron un patrón de distribución agregado debido al proceso de extracción de madera. El conocimiento del actual estado de los bosques de roble negro, puede contribuir para el diseño de efectivos planes de conservación de la especie en Colombia.

Palabras clave: Especie endémica, árbol vulnerable, conservación, disturbio antrópico, distribución restringida.

POPULATION STRUCTURE AND SPATIAL DISTRIBUTION OF BLACK OAK (*Colombobalanus excelsa*) IN A FRAGMENTED ANDEAN FOREST

Abstract

The Colombian Andean forests are recognized by their rich biodiversity with a high degree of endemism, however they have undergone a severe process of fragmentation due to anthropic factors. As a result, many vulnerable species have been especially affected. That is the case of the Black Oak (*Colombobalanus excelsa*), a Colombian endemism poorly studied species with a restricted distribution to only four localities in the country, one of which is the Southeastern corner of Huila department. To examine Black Oak populations in Serrania Peñas Blancas (Huila), in 2006 we studied the age structure and spatial distribution of Black Oaks in four plots of 50 x 20 m. We found a total of 1.228 adults and juveniles Black Oak individuals. This would indicate that Black Oak populations in all four fragments are undergoing a phase of recuperation after a strong human intervention. Black Oaks populations showed an aggregated spatial distribution, due to the wood extraction in this area. Understanding the present status of Black Oak forests will contribute to the design of effective conservation plans for the species in Colombia.

Key words: Endemic species, vulnerable tree, conservation, anthropic disturbance, restricted distribution

Introducción

Los bosques andinos son sitios reconocidos como hotspots de biodiversidad por su alto grado de endemismo y alta riqueza de especies (Orme *et al.*, 2005). Sin embargo, estos han sido fuertemente sometidos a presiones antrópicas como la deforestación, la ampliación de la frontera agrícola, el desarrollo urbanístico y la extracción o saqueo de madera, lo que ha conllevado a una pérdida del 73% de su cobertura original desde 1980 hasta el 2006 (Cavelier & Etter, 1993., Etter *et al.*, 2006). Generalmente estos cambios en la cobertura arbórea, van acompañados de un proceso de

fragmentación, cuya principal consecuencia es la formación de parches de bosque de diferentes tamaños aislados entre si, dando como resultado una alteración de la estructura, distribución y funcionamiento de las comunidades vegetales, además de reducción de los tamaños poblaciones de las plantas nativas (Saunders, *et al.*, 1991., Fahrig, 2003., Etter, *et al.*, 2006).

Esta fragmentación del bosque, puede afectar de manera particular poblaciones de especies endémicas con distribuciones restringidas y sistemas reproductivos complejos. Este es el caso del roble negro *Colombobalanus excelsa* (Nixon & Crepet, 1989), una especie endémica de

los bosques andinos colombianos que presenta un sistema sexual monoico, con inflorescencias unisexuales, baja tasa de germinación y bajo reclutamiento de nuevos individuos (Cárdenas & Salinas. 2006, Palacio-Mejía & Fernández-M. 2006., Parra-Aldana, *et al.*, 2011). Su distribución ha quedado restringida a solo cuatro localidades, situadas entre 1.400 y 2.200 m.s.n.m en las tres cordilleras andinas. Particularmente, en esta altitud donde se encuentra el roble negro, los cambios en la cobertura original del bosque se han modificado principalmente para el establecimiento de café y otros cultivos como actividad económica, y en los últimos años la pérdida de bosque en estos sitios, se ha relacionado con la ganadería extensiva y al crecimiento urbano (Etter *et al.*, 2006, Forero, 2010).

El estudio de la estructura poblacional y la distribución espacial del roble negro en poblaciones aisladas y sometidas a presión antrópica, ubicadas en una matriz del paisaje dominada por cafetales, como es el caso de las poblaciones en los fragmentos de bosque del suroriente del Huila, nos permite conocer la viabilidad de estas poblaciones bajo el estrés generado por los diferentes disturbios antrópicos actuales, concretamente la tala selectiva y la fragmentación de bosque. Además, el conocimiento de los patrones ecológicos y los procesos por los cuales las poblaciones de estos fragmentos han sido y son modificadas, sirven para tomar decisiones apropiadas para buscar la conservación de esta especie, y más específicamente la conservación y recuperación de estos fragmentos de bosque de alta importancia biológica y económica para la región.

El objetivo de este estudio se centró en evaluar la estructura poblacional y la distribución espacial de las poblaciones en cuatro fragmentos de bosque situados en la Serranía de Peñas Blancas-Huila, distribución más sur de la especie, con la finalidad de aportar conocimiento de su dinámica ecológica. Actualmente el roble negro está catalogado como vulnerable a la extinción en estado silvestre, debido a la fragmentación de bosque y al saqueo selectivo de su madera (Cárdenas & Salinas, 2006., Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Según Devia & Arenas (1995) y Calderón (2001), la vulnerabilidad de esta especie está asociada particularmente a que es un árbol emergente del bosque, con características que lo hacen propicio para ser utilizado como materia prima por los aserradores locales, ya que puede alcanzar una altura entre 20 y 40 m, con copa globosa y fuste recto, de más de un metro de diámetro a la altura del pecho y una madera de alta dureza (Parra-Aldana *et al.*, 2011). Es por esto que esperamos encontrar poblaciones aisladas, en fase de recuperación, además de encontrar distribuciones no aleatorias de los

individuos en cada fragmento de bosque, debido a la tala selectiva que ha tenido la especie en estos sitios, además del proceso de fragmentación de bosque, que se ha dado en el sur oriente del Huila.

Materiales y métodos

El área de estudio se ubica en la zona más sur de distribución de la especie. los cuatro fragmentos de bosque estudiados La Palma, La Marimba, Alto Santa Bárbara y Alto Bellavista, se ubican en la parte más alta de la Serranía de Peñas Blancas, en el extremo sur oriental del departamento del Huila (Cuadro 1, Figura 1), entre 1.630 y 1.900 m y comprenden zonas de montaña con pendientes marcadas. Esta es una región altamente intervenida por el hombre, en donde la fragmentación de los bosques es debida principalmente al uso de los suelos para cultivo de café y ganadería. La temperatura promedio de la región varía entre 16 y 20 °C, la precipitación presenta un pico máximo de lluvias en el mes de julio de 235 mm y uno mínimo en el mes de enero

Cuadro 1. Georreferenciación de los cuatro fragmentos de bosque y sus tamaños en hectáreas.

Fragmento de Bosque	Coordenadas	Grado de Intervención	Tamaño Ha
Alto Bellavista	01°48'09,2'' N 75°59'16,4'' W	Media	100
La Palma	01°49'49,6'' N 75°58'37,4'' W	Alta	80
Alto Santa Bárbara	01°52'33,6'' N 75°56'9,1'' W	Alta	200
La Marimba	01°46'4,6'' N 75°59'33,4'' W	Media	400

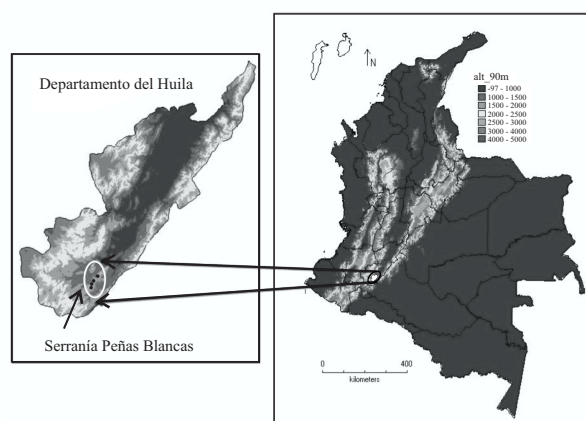


Figura 1. Ubicación espacial de los cuatro fragmentos de bosque: de Sur a Norte son: La Marimba, Alto Bellavista, La Palma y Alto Santa Bárbara, en la Serranía Peñas Blancas, departamento del Huila-Colombia. Programa Diva Gis (Hijmas *et al.* 2005).

de 63 mm (Eslava *et al.*, 1986). Las condiciones ecológicas de los sitios de estudio según el sistema de clasificación de Cleef *et al.* (1984) son las de un bosque sub-andino. El fragmento de bosque alto Bellavista, recibe protección por parte del grupo de caficultores del Grupo Asociativo San Isidro, así mismo el fragmento de bosque La Marimba recibe protección por parte de la comunidad de la zona aledaña, ambos fragmentos de bosque tienen menor intervención antrópica en relación a los otros fragmentos de bosque.

Muestreo

Estructura poblacional: en cada fragmento de bosque se delimitaron cuatro parcelas de 50 x 20 m (1.000 m², Urrego & González 2000, Vallejo *et al.*, 2005) durante el año 2006, con un área total medida de 4.000 m² (0,4 has). En cada parcela, se midieron todos los individuos de roble negro sin discriminar su diámetro a la altura del pecho (DAP). Se clasificaron como: plántulas a los individuos con una altura ≤ 1,3 m, a los cuáles no se les midió DAP, sino únicamente su altura. Juveniles a los individuos con un DAP ≤ 9,9 cm, adultos a los individuos con DAP ≥ 10 cm (Caldato *et al.*, 2002). Dentro de cada fragmento de bosque, las parcelas fueron ubicadas aleatoriamente con la finalidad de obtener la mayor variabilidad local posible. Estas cuatro parcelas por fragmento de bosque, luego fueron sumadas a una unidad de análisis, con la finalidad de obtener la estructura etaria por remanente de bosque y no por parcela, debido a que nuestro interés particular era comparar los diferentes fragmentos de bosque; quedando así un área total evaluada por fragmento de bosque de 4.000 m² (0,4 has).

Distribución espacial: para determinar la distribución espacial del roble negro en cada parcela de 1000 m², cada individuo fue ubicado en un plano cartesiano, donde X indicaba una distancia de 0 a 20 m y Y de 0 a 50 m (Alder & Synnot 1992, Vallejo *et al.*, 2005). Como se menciona anteriormente, estas cuatro parcelas por fragmento de bosque, fueron sumadas a una unidad de análisis, quedando así un área total evaluada por fragmento de bosque de 4000 m² (0,4 has), donde X indica una distancia de 0 a 40 m y Y una distancia de 0 a 100 m.

Análisis de datos

Estructura etaria: por medio del programa Infostat versión 2012 (INFOSTAT, 2004), se obtuvieron modelos probabilísticos de distribución de frecuencias diamétricas de todos los individuos en cada uno de los cuatro remanentes de bosque. Para poder incluir en los análisis los individuos a los que no se les midió el DAP

(plántulas), se transformaron los datos sumando uno a cada diámetro (DAP + 1), dividiendo el total de individuos en ocho clases diamétricas. Por último, para la obtención de los modelos, se utilizaron frecuencias relativas. La frecuencia relativa es el cociente entre la frecuencia absoluta y el tamaño de la muestra.

Para determinar el ajuste del mejor modelo teórico de distribución de frecuencias diamétricas, se realizó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (Johnson *et al.*, 1995). Por último, se comparó la densidad de individuos por hectárea y el DAP promedio de cada fragmento por medio de la prueba χ^2 (Zar, 1999). La proporción de individuos por clase diamétrica se comparó por medio de una prueba Wilcoxon no paramétrica (Zar, 1999).

Distribución espacial: con las coordenadas obtenidas para cada individuo dentro de cada parcela se analizó si los individuos presentaban un patrón de distribución espacial aleatorio o no. Se aplicó la metodología de análisis espacial por índices de distancia, SADIE (Spatial analysis by distance Indices) por sus siglas en inglés (Perry, 1995). Con esta metodología cada individuo recibió una posición espacial a través de sus coordenadas cartesianas (X, Y) y estos se analizaron a través del índice de agregación I_a (Perry, 1995). Donde, valores de $I_a > 1$ indican distribución agregada, $I_a < 1$ indican distribución uniforme, y $I_a = 1$ indican distribución aleatoria (Perry *et al.*, 1996., Perry, 1998). Estos análisis fueron desarrollados con el programa SADIEShell versión 2 (Perry *et al.*, 1996., Conrad *et al.*, 2006).

Resultados

Estructura poblacional

Fueron censados 1.228 individuos en los cuatro fragmentos de bosque en un total de 1,6 has (0,4 has por sitio de muestreo o fragmento de bosque). Encontrándose 105 individuos en Alto Bellavista, 399 en la Palma, 505 en Alto Santa Bárbara y 218 en La Marimba. Al llevar esta densidad de individuos por hectárea, la densidad varió entre 262,5 ha en Alto Bellavista, 997,5 ha en la Palma, 1,265 ha en Alto Santa Bárbara y 545 ha en La Marimba, encontrándose diferencias significativas entre los fragmentos de bosque ($\chi^2 = 788,19$, gl.3 $p < 0,001$). Así mismo el DAP promedio por fragmento varió entre 15,22 y 39,27, lo que también evidencia diferencias significativas entre fragmentos de bosque ($\chi^2 = 15,35$, gl.3 $p < 0,005$) (Cuadro 2).

En total, los individuos de cada fragmento de bosque se

Cuadro 2. Individuos totales medidos en cada fragmento de bosque.

Fragmento de Bosque	ind totales	ind Ha	DAP prom
Alto Bellavista	105,00	262,50	39,27
La Palma	399,00	997,50	15,22
Alto Santa Bárbara	506,00	1,27	17,14
La Marimba	218,00	545,00	22,10

Ha: hectárea, DAP: diámetro a la altura del pecho promedio para cada fragmento de bosque.

dividieron en ocho clases diamétricas (Cuadro 3). En esta división, podemos observar que la mayor proporción de individuos en general en los cuatro fragmentos de bosque, se encuentra en las tres primeras clases diamétricas, como ejemplo, Alto Bellavista presentó en su primera clase diamétrica 59% del total de los individuos censados, Alto Santa Bárbara 80%, La Palma 87% y La Marimba 70% respectivamente (Cuadro 3). Cuando comparamos entre fragmentos de bosque esta proporción de individuos en cada clase diamétricas, pudimos observar que no se evidencian diferencias significativas ($W=6,027$. $p=0,1$), indicando que, aunque hay una variación en cantidad de individuos encontrados entre fragmentos de bosque, esta proporción no difiere entre cada clase diamétrica.

Modelos probabilísticos y estructura etaria: para cada uno de los fragmentos de bosque se obtuvo un modelo de distribución de frecuencias diamétricas (Cuadro 4, Figura 2). Estos modelos tuvieron dos tipos de ajustes para los cuatro fragmentos de bosque estudiados, así el modelo probabilístico de distribución de frecuencias diamétricas con mayor ajuste fue el Gama, para los fragmentos de bosque Bellavista, La Palma y La Marimba; y el modelo Weibull, para el fragmento de bosque, Alto Santa Bárbara (Figura 2). Los modelos Gamma y Weibull que se ajustaron a cada fragmento, sugieren que los bosques pertenecen a rodales multietáneos. Estos modelos representan distribuciones exponenciales inversas o J invertida, lo que concuerda con las estructuras poblacionales encontradas en cada fragmento de bosque (Cuadro 3), las cuales presentan una mayor cantidad de individuos en los primeros estadios de vida o clases etarias.

Distribución espacial del roble negro en cada remanente de bosque

Estas distribuciones espaciales fueron obtenidas para cada uno de los fragmentos de bosque. Todos los fragmentos presentaron distribuciones espaciales agregadas $Ia > 1$ aunque con diferentes valores de significancia, así: Alto Bellavista ($Ia=1,483$. $p=0,0493$) y La Marimba ($Ia=1,875$. $p=0,0035$) presentaron una distribución agregada estadísticamente significativa y,

La Palma ($Ia=10,974$., $p=0,0002$) y Alto Santa Bárbara ($Ia=10,857$., $p=0,0002$) presentaron una distribución agregada altamente significativa. Para ejemplificar mejor los resultados de Ia , graficamos cada individuo con sus respectivas coordenadas en un plano cartesiano para cada fragmento de bosque (Figura 3).

Discusión

Existe una gran variación en la densidad de individuos por hectárea para cada uno de los fragmentos de bosque.

Cuadro 3. Densidades de los individuos de roble negro para los cuatro fragmentos de bosque intervenido.

Alto Bellavista			
Clases diamétricas	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Individuos por Ha
1-35,88	62	0,59	155,00
35,88-70,75	20	0,19	50,00
70,75-105,63	13	0,12	32,50
105,63-140,5	8	0,08	20,00
140,5-175,38	2	0,02	5,00
175,38-210,25	0	0,00	0,00
210,25-245,13	0	0,00	0,00
245,13-280	0	0,00	0,00
Total	105	1	262,50
Alto Santa Bárbara			
1-25,75	406	0,80	1015,00
25,75-50,5	62	0,12	155,00
50,5-75,25	28	0,06	70,00
75,25-99,99	5	0,01	12,50
99,99-124,74	4	0,01	10,00
124,74-149,49	0	0,00	0,00
149,49-174,24	0	0,00	0,00
174,24-198,99	1	0,00E+00	2,50
Total	506	1	1265,00
La Palma			
1-34,82	348	0,87	870,00
34,82-68,64	35	0,09	87,50
68,64-102,46	9	0,02	22,50
102,46-136,28	4	0,01	10,00
136,28-170,1	0	0	0,00
170,1-203,92	1	2,50E-03	2,50
203,92-237,74	0	0	0,00
237,74-271,56	2	0,01	5,00
Total	399	1	997,50
La Marimba			
1-23,2	153	0,70	382,50
23,2-45,4	28	0,13	70,00
45,4-67,61	10	0,05	25,00
67,61-89,81	13	0,06	32,50
89,81-112,01	5	0,02	12,50
112,01-134,21	4	0,02	10,00
134,21-156,41	4	0,02	10,00
156,41-178,62	1	4,60E-03	2,50
Total	218	1	545,00

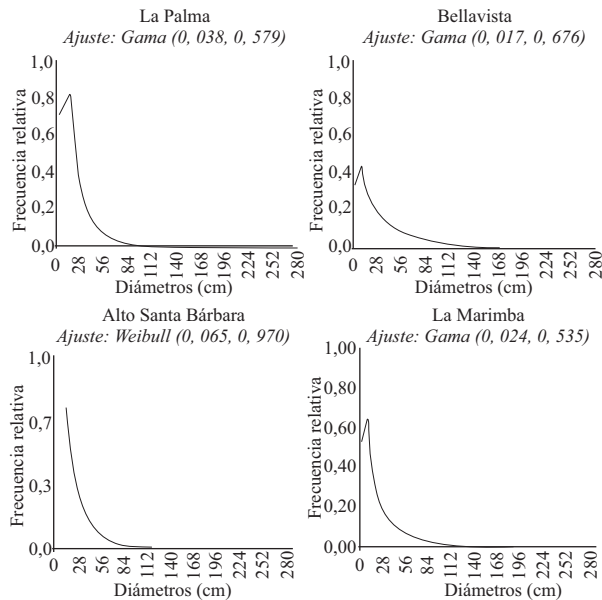


Figura 2. Modelos probabilísticos de distribución de frecuencias diamétricas en individuos de Roble Negro, para los cuatro fragmentos de bosque intervenido.

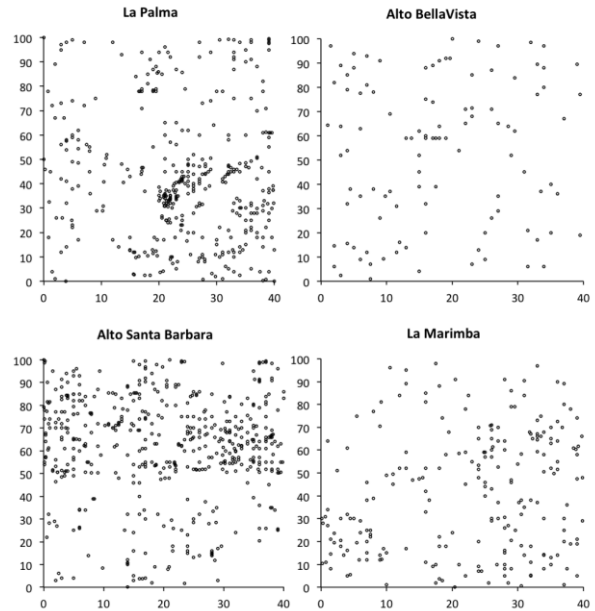


Figura 3. Distribución espacial de individuos de roble negro en los cuatro fragmentos de bosque.

Cuadro 4. Ecuaciones de los modelos probabilísticos de distribución de frecuencias diamétricas obtenidos para cada fragmento de bosque a partir del programa Infostat versión 2012.

Fragmento	Función	Ecuación	Valor P	α
Alto Bellavista	Gamma	$f(x, \alpha, r) = \frac{0,676}{\Gamma(0,017)} ((0,676)(105))^{0,017-1} e^{-((0,676)(105))}$	0,84	0,01
La Palma	Gamma	$f(x, \alpha, r) = \frac{0,579}{\Gamma(0,038)} ((0,579)(399))^{0,038-1} e^{-((0,579)(399))}$	0,84	0,01
Alto Santa Bárbara	Weibull	$f(c, \alpha, k) = 1 - e^{-((506)(0,970))^{0,065}}$	0,94	0,01
La Marimba	Gamma	$f(x, \alpha, r) = \frac{0,535}{\Gamma(0,024)} ((0,535)(218))^{0,024-1} e^{-((0,535)(218))}$	0,84	0,01

Parámetros evaluados en Función Gamma: forma $r > 0$, escala $\alpha > 0$ y en Función Weibull: forma $k > 0$, escala $\alpha > 0$.

Esta gran variación podría ser el resultado de diferentes procesos de regeneración y establecimiento después de diferentes intensidades de tala o saqueo de madera. Por ejemplo, en el fragmento de bosque de Alto bellavista, el cual es protegido por la comunidad local y tuvo una menor intensidad de saqueo, la densidad fue de 262,5 ind/ha, en contraste con el fragmento de bosque de Alto Santa Bárbara donde la densidad fue de 1.265 ind/ha siendo el fragmento de bosque más intervenido. Estos resultados coinciden con lo encontrado en otros estudios realizados sobre la misma especie y en bosques cercanos a nuestros sitios de estudio. Por ejemplo, Parra-Aldana, *et al.*, (2011), en poblaciones muy intervenidas encontraron una densidad de 430 ind/ha y Dávila *et al.*, (2012) encontraron una densidad de 281,7 ind/ha en poblaciones menos intervenidas que se encuentran en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.

En general el mayor porcentaje de individuos en todos los fragmentos de bosque se encuentra en las primeras clases diamétricas (Parra-Aldana *et al.*, 2011., Dávila *et al.*, 2012., Moreno, 2014) y este porcentaje es proporcional a la densidad de individuos por hectárea, por ejemplo, Alto Bellavista tiene el 59% del total de los individuos en la primera clase diamétrica y Alto Santa Bárbara tiene el 80%. Estos resultados indican, que estos bosques en general se encuentran en una fase de recuperación después de una fuerte intervención antrópica de diferentes intensidades en cada fragmento de bosque. Encontrar un alto porcentaje de individuos en la primera clase diamétrica, indica que puede estarse facilitando el establecimiento de plántulas en los cuatro fragmentos de bosque, y que este establecimiento es mayor en bosques más saqueados o talados. Probablemente existe mayor establecimiento debido a que el roble negro es una especie heliófita en sus primeros estadios de desarrollo,

osea, plántulas y árboles jóvenes necesitan de luz directa para su crecimiento y desarrollo (Nixon & Crepet 1989, Parra-Aldana *et al.*, 2011). Por otra parte, haber encontrado una alta densidad de individuos en la primera clase diamétrica en los cuatro fragmentos de bosque, nos permite sugerir que existe una reserva de individuos jóvenes que más adelante podrían reemplazar a los árboles de mayor tamaño que vayan desapareciendo (Villa *et al.*, 2005), ya sea por muerte natural o por extracción selectiva. Asimismo, la alta reserva de individuos en las primeras clases diamétricas, nos indica que de cierta forma la explotación selectiva de bosques de roble ha sido una herramienta eficaz para promover su regeneración natural (Guariguata & Saenz 2002., Guerrero *et al.*, 2010).

Sin embargo, estas conclusiones deben tomarse con precaución, ya que en este trabajo no evaluamos como varía el porcentaje de establecimiento y viabilidad de semillas en nuestros sitios de estudio, lo cual si ha sido reportado en otros trabajos desarrollados sobre la especie. Por ejemplo, Parra-Aldana *et al.*, (2011) encontraron un bajo establecimiento y una baja viabilidad de las semillas de la especie y Moreno (2014), encontró que la baja viabilidad de las semillas estaba asociado a una alta depredación de estas en el banco de semillas. Otros trabajos también han mencionado la dificultad en regeneración de diferentes especies de robles (Gonzales *et al.* 1995., Pulido, 2002), establecieron que la falta de reclutamiento conduce a la disminución a largo plazo de las poblaciones naturales (Sork *et al.* 2002).

Los modelos de distribución de frecuencias diamétricas, los cuales incluyen la cantidad de individuos por clases de tamaños o clases diamétricas dentro de una población, son buenos predictores del estado actual de poblaciones con algún grado de amenaza, como lo es el roble negro. En este trabajo, en los tres fragmentos de bosque se ajustaron modelos de distribución de frecuencias diamétricas Gamma y para el fragmento de bosque Alto Santa Bárbara, que presentó mayor disturbio antrópico, se ajustó un modelo Weibull. En general estos modelos representan poblaciones con distribuciones en J invertida, que indican que se trata de poblaciones disetáneas con estructuras de tamaños aparentemente balanceadas, en las cuales existe una mayor cantidad de individuos en las categorías diamétricas menores. Que solo una población presentara un modelo de distribución de frecuencias diamétricas diferente, puede deberse a la distribución de individuos por categorías de tamaños o clases etarias encontrados. Es evidente, que la población del fragmento de bosque Alto Santa Bárbara (bosque más

intervenido antrópicamente), presentó mayor cantidad de individuos totales (N=506) y mayor porcentaje de individuos en las primeras clases diamétricas (80% de individuos en la primera clase diamétrica), en relación a los otros tres bosques fragmentados, que hizo que la curva del modelo tuviera una pendiente mucho más pronunciada.

La distribución espacial fue agregada ($Ia > 1$) para cada uno de los cuatro fragmentos de bosque, siendo altamente significativa para La palma y Alto Santa Bárbara. La distribución espacial podría estar relacionada a la densidad de individuos encontrados en las primeras clases diamétricas y esta alta densidad en las primeras clases, a su vez puede estar relacionado a un alto establecimiento de plántulas en zonas de clareo después de un proceso de tala selectiva de individuos adultos de gran porte. La tala selectiva se practicó intensivamente en la zona de estudio en los años 80.

En general, podemos concluir que encontrar una estructura etaria que corresponde con poblaciones en J invertida y con distribuciones espaciales agregadas, que a su vez se ajustan a modelos de distribución diamétrica Gamma y Weibull; son poblaciones que se encuentran en fase de recuperación después de una fuerte intervención antrópica. Esta intervención ha afectado de manera más drástica a las poblaciones de los fragmentos La Palma y Alto Santa Bárbara y en menor medida a las poblaciones de los fragmentos Alto Bellavista y La Marimba. Sin embargo, esta intervención antrópica ha permitido que exista un establecimiento de plántulas en zonas de clareo, que de no existir probablemente la estructura etaria correspondería a poblaciones con mayor cantidad de individuos adultos, poblaciones clímax donde el establecimiento tiende a ser mínimo por la estructura de edades de los individuos (Crewley, 2003).

Finalmente, una de las consecuencias más agresivas de la fragmentación es la disminución del tamaño poblacional y los procesos que estos conllevan como son la endogamia y la disminución del tamaño poblacional efectivo. Esta especie, aunque presenta una gran cantidad de plántulas y juveniles que aseguran su permanencia en el tiempo, también presenta baja diversidad genética (Aguirre-Acosta, *et al.*, 2013, Palacio-Mejía & Fernández. 2006), lo que podría ocasionar una progresiva disminución de la capacidad reproductiva de la especie (Swaine, *et al.*, 1987.; Parra-Aldana, *et al.*, 2011) y a su vez, una extinción a largo plazo. Es por esto, que el conocimiento que se pueda generar en cuanto a la dinámica poblacional del roble negro en cada una de las localidades donde aún existe, sirve como insumo para

generar planes de manejo y conservación en conjunto con las comunidades locales.

Agradecimientos

Agradecemos las observaciones realizadas por dos revisores anónimos, a Jorge Paiba y Juan David Corrales por su ayuda en la toma de datos en campo y a las comunidades cafeteras por todo el apoyo logístico en los sitios de muestreo. Este trabajo estuvo enmarcado dentro del proyecto: Valoración de los servicios ambientales de la biodiversidad en zonas cafeteras (BDC 0304) programa Biología de la Conservación del Centro Nacional de Investigación en Café, CENICAFE. N.A-A desarrolló este trabajo como estudiante de pregrado de la Universidad de Caldas, actualmente es becaria doctoral por CONICET y estudiante de la UNC-Córdoba, Argentina; JEB-E es investigador de la disciplina de Recursos Naturales y Conservación de CENICAFE

Literatura citada

Aguirre-Acosta, N.; Palacio-Mejía, J. D.; Barrios-Leal, D. J. & Botero Echeverri, J. E. 2013. Diversity and Genetic Structure of the Monotypic Genus *Colombobalanus* (Fagaceae) in Southeast of Colombian Andeans. *Caldasia* 35(1): 123-133.

Alder, D. & Synnott, T.J. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forests. *Tropical Forestry Papers*, Oxford Forestry Institute. 25, 124 pp.

Caldato, S. L.; Vera, N. & Mac, D. P. 2002. Estructura poblacional de *Ocotea puberula* en un bosque secundario y primario de la selva mixta misionera. *Ciencia forestal*, Santa María 13(1): 25–32.

Calderón, E. 2001. Plantas colombianas en peligro, extintas o en duda. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá: Colombia.

Cárdenas, L. D. & Salinas, N. 2006. Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas, parte 1. Sinchi, Instituto Amazónico de investigaciones biológicas y Ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial. 169 pp.

Cavelier, J. & Etter, A. 1993. Deforestation of Montane Forest in Colombia as a Result of Illegal Plantations of Opium. IN: *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. Edited by Churchill, S., Balslev, H., Forero, E. & Luteyn J. The New York Botanical Garden, 1993. 541-549 pp.

Cleef, A. M.; Rangel, O-Ch.; Van Der Hammen, T. & Jaramillo, M. 1984. La vegetación de las selvas del transecto Buritaca. En: T. van der Hammen & P.M. Ruiz, Eds. *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia)*, transecto Buritaca-La Cumbre. *Studies on Tropical Andean Ecosystems*, 2:267-406. Berlin-Stuttgart: J. Cramer.

Conrad, K. F.; Perry, J.N.; Woiwoid, I.P. & Alexander, C.J. 2006. Large-scale temporal changes in spatial pattern during declines of abundance and occupancy in a common moth. *Journal of Insect Conservation* 10: 53-64.

Crawley, M. 2003. *Plant Ecology*. Second Edition. 717 pp.

Dávila, E. D.; Alvis, J. F. & Ospina, R. 2012. Distribución espacial, estructura y volumen de los bosques de Roble negro (*Colombobalanus excelsa* (Lozano, Hern. Cam. & Henao) Nixon & Crepet) en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos. *Colombia Forestal* 15(2): 207-2014.

Devia-C, C. A. & Arenas, H. S. 1995. Evaluación del estatus ecosistémico y de manejo de los bosques de fagáceas (*Quercus humboldtii* y *Trigonobalanus excelsus*) en el norte de la Cordillera Oriental (Cundinamarca, Santander y Boyacá). Capítulo 3. En: *Desarrollo sostenible en los Andes de Colombia* (provincias del norte, Gutiérrez y Valderrama) Boyacá Colombia. IDEADE. Pontificia Universidad Javeriana, Unión Europea.

Elzinga, C. L.; Salzer, D. W.; Willoughby, W.J. & Gibbs, J. P. 2001. *Monitoring plant and animal populations*. Blackwell Science, London. 360 pp.

Eslava, A.; López, A. & Olaya, G. 1986. Contribución al conocimiento del régimen térmico y pluviométrico de Colombia. *Colombia Geográfica* 12(2).

Etter, A.; Mcalpine, C.; Wilson, K.; Phinn, S. & Possingham, H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 369–386.

Fahrig, L. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review Ecology Evolution and Systematics* 34: 487-515.

Forero, J. 2010. “Colombian Family Farmers” Adaptations to New Conditions in the World Coffee Market. *Latin American Perspectives* 37: 93.

- González, M.; Ochoa, S.; Ramírez, N. & Quintana, P. 1995.** Current land use trends and conservation of old growth forest habitats in the highland of Chiapas, Mexico. pp. 190-198. In: Wilson M.H and Sader S.A. (eds). Conservation of neotropical migratory birds in Mexico. Maine Agriculture and Forest Experiment Station, Miscellaneous Publication 727 Orono, Maine.
- Guariguata, M. & Saenz, G. 2002.** Post-logging acorn production and oak regeneration in a tropical montane forest, Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 167(1-3): 285-293.
- Guerrero, B.; Paz, S. & Parrado, A. 2010.** Efectos de la intervención antrópica en la distribución de las semillas y plántulas de roble (*Quercus humboldtii* Bonpl., Fagaceae), en la cordillera oriental colombiana. *Colombia Forestal* 13(1): 163-180.
- Hijmans, J.; Guarino, L.; Bussink, C.; Mathur, P.; Cruz, M.; Barrientes, I. & Rojas, E. 2005.** DIVA-GIS: A geographic information system for the analysis of species distribution data. Versión 5.2.
- INFOSTAT. 2004.** Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, versión 2004, Editorial Brujas Argentina. 318 p.
- Johnson, L.; Kotz, S. & Balakrishnan, N. 1995.** Continuous Univariate Distributions. Volume 1. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. 756
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.** Resolución 383 de febrero de 2010. Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones. Diario oficial No. 47635 de 26 de febrero de 2010.
- Nixon, C. & Crepet, W. 1989.** *Trigonobalanus* (Fagaceae): Taxonomic Status and Phylogenetic Relationships. *American Journal of Botany* 76(6): 828-841.
- Moreno, J. S. 2014.** Estructura poblacional del roble negro (*Colombobalanus excels*) en el Valle del Cauca, una herramienta para la formulación de una estrategia para su conservación. Tesis de pregrado. Universidad Icesi. 55 pp.
- Orme, L.; Davies, G.; Burgues, M.; Eingenbrod, F.; Pickup, N.; Olson, A.; Webster, J.; Ding, S.; Rasmussen, C.; Ridgely, S.; Stattersfield, J.; Bennett, M.; Blackburn, M.; Gaston, J. & Owens, F. 2005.** Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436: 1016–1019.
- Palacio-Mejía, D. & Fernández-M, F. 2006.** Estado de la investigación en genética de la conservación de los robles (Fagaceae) en Colombia. En: Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Solano, C y N. Vargas (editoras). Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana. 291 pp.
- Parra-Aldana, A.; Diez-Gómez, C. & Moreno-Hurtado, H. 2011.** Regeneración Natural del Roble negro (*Colombobalanus excelsa*, Fagaceae) en dos Poblaciones de la Cordillera de los Andes, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 64(2): 6175-6180.
- Perry, J. N. 1995.** Spatial analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology* 64: 303-314.
- Perry, N.; Bell, D.; Smith, H. & Woiwoid, P. 1996.** SADIE: software to measure and model spatial pattern. *Aspects of Applied Biology* 46: 95-102.
- Perry, J. N. 1998.** Measures of spatial pattern for counts. *Ecology* 79: 1008-1017.
- Pulido, J. F. 2002.** Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus* spp.). *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 5-15.
- Saunders, A.; Hobbs, J. & Margules, R. 1991.** Biological Consequences of Ecosystem. A Review. *Conservation Biology* 5(1): 18-32.
- Silvertown, J. W. 1987.** Introduction to plant population ecology. Longman Scientific & Technical, Essex, England. 229 pp.
- Sork, V.L.; Davis, F.W.; Smouse, P.E.; Apsit, V.J.; Dyer, R.J.; Fernandez, J.F. & Kuhn, B. 2002.** Pollen movement in declining populations of California Valley oak, *Quercus lobata*: where have all the fathers gone? *Molecular Ecology* 11(9): 1657-1668.
- Swaine, M.D.; Lieberman, D. & Putz., F.E. 1987.** The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of Tropical Ecology* 3(4): 359-366.
- Urrego, S.H. & Gonzáles, A.C. 2000.** Estudios

ecológicos en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Porce II. Empresas públicas de Medellín. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 232 pp.

Vallejo, J.M.I.; Londoño-V, A.C.; López-C, R.; Galeano-G.; Álvarez-D, E. & Devia A, W. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia, Instituto de Investigación en recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No.1). 310 pp.

Villa G. A, M. & Ramírez Q, J. F. 2005. Caracterización diamétrica de las especies maderables en bosques primarios del cerro Murrucucú. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, sede Medellín. 93 pp.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. Fourth edition, New Jersey: Prentice Hall Inc. 938 pp.

Natalia Aguirre-Acosta

Bióloga, Universidad de Caldas Unicaldas, Ph.D. en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Córdoba.

Jorge Eduardo Botero-Echeverri

Agricultural Engineering, National College of Agricultural Engineering. Ph.D. Wildlife Ecology And Zoology, University of Wisconsin Madison.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CINCO CLONES DE *Theobroma cacao* L. EN EL MUNICIPIO DE CARTAGENA DEL CHAIRÁ, CAQUETÁ.

María Fernanda Bermúdez Higinio, Cristian Motta Murcia, Soraida Rojas Vargas & Jean Alexander Gamboa Tabares

Artículo recibido el 11 de febrero de 2015, aprobado para publicación el 18 de mayo de 2015.

Resumen

La presente investigación se realizó desde febrero de 2013 a noviembre de 2015, sobre el diseño experimental ubicado en la vereda El Venado a 00° 42' 57,4" N y 74° 32' 10,8" W del productor Luis Enrique Charry; el estudio tuvo como objetivo la caracterización morfológica de los clones de *T. cacao* L. RMC-1, RMC-2, RMC-3, RMC-4 y RMC-5, bajo condiciones de sistema en monocultivo y paisajes de vega, en el municipio de Cartagena del Chairá-Caquetá. La caracterización morfológica se llevó a cabo en las variables de árbol donde se aplicaron ocho descriptores, hoja se utilizó siete descriptores, flor con 21 descriptores, los frutos con 19 descriptores y la semilla con siete descriptores cuantitativos y cualitativos. Se realizaron análisis de varianza, análisis multivariado y descriptivo de acuerdo a las variables. Los árboles presentaron una altura promedio de 204,8 siendo RMC-1 y RMC-5 los de mayor altura con (212,71 y 212,57 respectivamente), respecto a los cojines florales el clon que mayor promedio presentó fue RMC-4 con 32, en relación a la hoja el clon RMC-1 presentó mayor comportamiento en las variables de longitud con 33,8 y ancho con 3,31. Para el fruto el clon RMC-1 presentó mayor diámetro, peso del fruto, profundidad del surco y peso de la cascara con (10,89; 1304,23; 1,8; 992,25 respectivamente). En cuanto a los rudimentos seminales el clon que mayor tuvo promedio fue RMC-5 con 36 óvulos. Por último, se realizó un análisis conglomerado que dio como resultado tres grupos según las similitudes que presentan los RMC-1 y RMC-4, RMC3 y RMC-5, y por último RMC-2 basado en la distancia Euclidiana con una correlación copenética de 0,770.

Palabras clave: Clon, morfología, crecimiento, promisorio, monocultivo.

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF FIVE CLONES OF *Theobroma cacao* L. IN THE MUNICIPALITY OF CARTAGENA DEL CHAIRÁ, CAQUETÁ.

Abstract

This research was conducted from February 2013 to November 2015 on experimental design located in the El Venado to 00° 42' 57,4 "N and 74° 32' 10,8" W. The study aimed to perform a morphological characterization of clones of *T. cacao* L. RMC-1, RMC-2, RMC-3, RMC-4 and RMC-5 under conditions in monoculture system and landscapes of vega, in the municipality of Cartagena del Chaira, Caquetá. The morphological characterization was done using 8 descriptors of tree variables, 7 of sheet, 21 of flower, 19 of fruits and 7 of seed descriptors. Variance, multivariate and descriptive analysis were performed. The trees presented an average of height of 204.8 being RMC-1 and RMC-5 the tallest (212.71 and 212.57 respectively); related to the flower cushions the clone that presented highest average was the RMC-4 32; related to the sheet the RMC- clone presented length and width with 3.31 33.8 respectively. For the fruit, RMC-1 clone presented larger diameter, fruit weight, groove depth and weight of the shell with (10.89; 1304.23; 1.8; 992.25 respectively). Regarding to the seminal rudiments, the clone presented the highest averaged RMC-5 with 36 ovules. Finally, a cluster analysis resulted in 3 groups according to similarities among RMC-1 and RMC-4 and RMC-5 RMC3, and finally RMC-2, based on the Euclidean distance with a copenetic correlation of 0.770.

Keywords: Clone, morphology, growth, promissory, monoculture.

Introducción

El género *Theobroma* comprende 22 especies, de estas, *Theobroma cacao* L. se ha convertido en uno de los cultivos de mayor importancia comercial a nivel mundial (Schnell *et al.*, 2005); con una producción centrada en África, América y Asia y Oceanía (Phillips-Mora, 1993; Sonwa, 2004). Para el periodo 2013/2014 la producción mundial alcanzó 4370000 Mg, donde Costa de Marfil aportó el 39,9 % (1746000 Mg), seguido por

Ghana 20,5 % (897000 Mg), Indonesia 8,58 % (375000 Mg), Nigeria con 5,6% (248000 Mg), Ecuador con 5,3% (234000 Mg) y otros con 19,9% (8700000 Mg) (ICCO, 2015).

Colombia en la actualidad reporta 151930 Hm² sembrados, con una producción de 79686 Mg y un rendimiento del 0,5 Mg.Hm⁻²; siendo Santander con 21571 Mg, Arauca con 8802 Mg, Norte de Santander con 8.315 Mg, Antioquia con 7723 Mg, Tolima con 4849

Mg, Nariño con 4548 Mg, Huila con 3.305 Mg, Bolívar con 2390 Mg y Boyacá con 2430 Mg; los principales departamentos productores (Agronet, 2015a).

El departamento del Caquetá, por su parte, cuenta con una producción de 872 Mg.año⁻¹, participando con el 1,09% de la producción nacional (Agronet, 2015b); con una distribución espacial localizada en los municipios de El Doncello (17,07 %), Belén de los Andaquíes (10,60 %), Puerto Rico (9,42 %), Cartagena del Chaira (9,18 %), Montañita (7,06 %), Solita (7,06 %), Florencia (6,59 %), Paujil (6,12%) y otros (26,27%) (Cámara de comercio, Florencia Caquetá, 2013).

El *T. cacao* L. es uno de los productos agrícolas que cuenta con ventajas comparativas, derivadas de las condiciones naturales para su producción, debido a las características agroecológicas en términos de clima y humedad y su carácter de sistema agroforestal conservacionista del medio ambiente. Además, una porción no despreciable de la producción se cataloga como cacao fino y de aroma, como un producto deseable para la elaboración de chocolates finos (Ministerio de agricultura, 2005).

Sin embargo, la productividad, calidad y competitividad del sector cacaotero se ve afectado por factores como inadecuadas prácticas agrícolas, avanzada edad de los cultivares, baja densidad de árboles.Hm², deficiente formación de capital humano, uso de material de propagación susceptible a plagas y enfermedades y limitada base genética previamente evaluadas, identificadas y adaptados a las zonas productivas locales que permitan el desarrollo óptimo del cultivo (FEDECACAO, 2013).

La sistematización de las características morfológicas y agronómicas, es uno de los métodos que permiten evitar confusión de técnicos y productores al momento de clasificar y seleccionar material de siembra o comercialización de calidad (Chacón de Ramírez *et al.*, 2011); con el propósito de contrarrestar diversos factores depresivos de la producción (principalmente del orden fitosanitario) y ampliar la base genética mediante la selección de materiales con sus respectiva corroboración de identidad propia y buen desempeño agronómico.

Con el propósito de contribuir al mejoramiento de la problemática de la cadena cacaotera regional; la Universidad de la Amazonia de la mano con Chocaguán (Comité de Cacaoteros de Remolinos del Caguán y Suncillas) y bajo financiación de COLCIENCIAS,

ejecuta el macro proyecto “Desempeño agronómico, evaluación fitosanitaria y caracterización molecular de clones promisorios de *Theobroma cacao* L., provenientes de materiales vegetales élite, presentes en sistemas productivos del bajo Caguán, municipio de Cartagena del Chairá”; donde el presente estudio tuvo como objetivo la caracterización morfológica de los clones de *T. cacao* L. RMC-1, RMC-2, RMC-3, RMC-4 Y RMC-5, bajo condiciones de sistema en monocultivo y paisajes de vega, en el municipio de Cartagena del Chairá - Caquetá.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó desde febrero de 2013 a noviembre de 2015, en la jurisdicción de Remolinos del Caguán, ubicado sobre las coordenadas 00°30'26,0" de latitud Norte y 74° 13'08,0" longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Se caracteriza por presentar una altura promedio de 189 msnm, precipitación anual entre 2500 a 3500 mm, humedad relativa del 78,9%, temperatura media de 28,6°C; evaporación de 970,5 mm/año; brillo solar de 1.508 horas de luz/año y velocidad del viento de 1,3 m/seg (Red de Iniciativas y Comunidades de Paz, 2015).

La respectiva evaluación se efectuó sobre el diseño experimental ubicado en la vereda El Venado a 00° 42' 57,4" N y 74°32' 10,8" W del productor Luis Enrique Charry; en tipología de paisaje de vega y sistema de monocultivo (tala selectiva en el primer año de vida del cultivo) con una extensión de 3 Hm². La siembra se realizó en siete bloques con una distancia de siembra (como subtratamiento) de 3,0 m x 3,0 m; con el respectivo clon de patronaje IMC-67 e injertados mediante la técnica de aproximación y malayo con clones de copa RMC-1, RMC-2, RMC-3, RMC-4, RMC-5, ICS-1 e ICS-60.

El establecimiento de la plantación se llevó a cabo en el mes de febrero del 2013, la injertación se dio lugar a los 14 meses, después de la siembra en sitio definitivo, de manera tal que, a la fecha de muestreo, se evidencio edad del injerto de 1,4 años; lo cual indica que el sistema productivo se encuentra en la primera fase productiva (primer pepeo). Para la descripción morfológica del árbol se seleccionaron cinco plantas al azar por parcela chica, donde se determinaron las siguientes variables directas: altura total de la planta (cm) desde la base de la planta hasta la estructura apical sobresaliente con cinta métrica; diámetro del tallo a 20 cm desde la base del suelo con pie de Rey digital; cobertura X y Y (cm) con flexómetro y número de ramas primarias, hojas, cojines florales, pepinos y frutos por árbol mediante conteo directo.

En relación a las variables indirectas, el área de suelo (cm^2) se halló con la aplicación de la fórmula:

$$As = \pi * \left(\frac{(x+y)}{4} \right)^2$$

donde X= cobertura en el eje X y Y= cobertura en el eje Y; para la caracterización foliar se realizó muestreo destructivo de dos árboles por clon para un total de 14 muestras, se eligieron cinco dimensiones y cinco hojas por cada una de ellos, para un total de 50 hojas por clon y se determinó: área foliar (cm^2) mediante planímetro digital y relación largo/ancho (cm); forma del ápice, forma de la base y forma de la hoja de acuerdo con la metodología propuesta por la Universidad Nacional de la Plata (2009).

La caracterización floral se efectuó de acuerdo con la metodología de Phillips *et. al.*, (2012), mediante la colecta y almacenamiento de 30 flores de cada clon en formaldehído, las cuales se trasladaron hasta el laboratorio de investigación de la Universidad de la Amazonia; donde con ayuda de vernier, estereoscopio, bisturí, portaobjetos y pinzas se identificaron parámetros como: longitud del pedicelo (mm), ancho del pedicelo (mm), longitud del sépalo (mm), ancho del sépalo (mm), longitud de la lígula (mm), ancho de la lígula (mm), longitud del filamento (mm), ancho del filamento (mm), longitud del estaminoide (mm), ancho del estaminoide (mm), longitud del estilo (mm), ancho del estilo (mm), longitud del ovario (mm) y ancho del ovario (mm). Seguidamente para el conteo de los rudimentos seminales se usaron 24 ovarios para RMC-1 y RMC-2, 17 del RMC-3, 22 del RMC-4 y 23 del RMC-5 (debido al estado de las muestras colectadas), donde cada ovario fue colocado sobre un portaobjeto, se adicionó una gota de agua tras lo cual se efectuó un corte longitudinal bajo el estereoscopio con un bisturí y con ayuda de agujas finas se separaron para el conteo de los rudimentos seminales.

Los frutos fueron colectados en estado maduro y trasladados hasta las instalaciones del laboratorio donde se identificaron los siguientes parámetros de acuerdo con la metodología propuesta por Phillips *et. al.*, (2012) y García (2009): color del fruto inmaduro, forma del fruto, forma del ápice, forma de la constricción basal, rugosidad de la cáscara, grosor de la cascara (cm), dureza de la cáscara, peso del fruto (gr), peso de la cascara (gr), peso de la pulpa (gr), peso fresco de las semillas por fruto (gr) con balanza digital; la longitud (cm) desde el ápice hasta la base, diámetro (cm), espesor del caballete (cm), separación de surcos (cm) y profundidad del surco con pie de rey digital, relación largo/ancho y conteo directo

de número de semillas por fruto.

A partir de la misma colecta, se seleccionaron 10 semillas por fruto y 40 por clon, para un total de 200 semillas y se identificaron las siguientes variables: peso sin mucilago con balanza analítica (gr), tamaño de las semillas, color del cotiledón, forma de la semilla, longitud (cm), grosor (mm) y diámetro (cm) con pie de rey digital y la forma del corte (García, 2009).

Los datos colectados en campo y laboratorio se digitaron y alancearon en Software estadístico Excel y posteriormente procesados en Infostat, donde se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) y en aquellos tratamientos con diferencias significativas se aplicaron las pruebas de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$). Con el fin de disminuir el coeficiente de variación hasta lo permitido para poder establecer las diferencias entre clones las variables: número de hojas, número de cojines florales, número de frutos, número de pepinos, área de suelo, área foliar, peso fresco de la semilla, ancho de estambre, longitud del ovario y diámetro de la semilla, fueron ajustadas con la fórmula: $RAIZ X + 0,5$. Seguidamente se realizó un análisis multivariado (componentes principales para árbol y hojas, flores y frutos, y finalmente se hizo un análisis de correspondencia para las variables cualitativas; seguido se hizo un análisis de conglomerados mediante el algoritmo Ward's y la distancia Euclidiana estandarizada al cuadrado para estudiar las relaciones de similitud entre los clones).

Resultados y discusión

Características morfológicas del árbol

De acuerdo con los resultados obtenidos (cuadro 1) y el test de comparación de media Tukey los clones que registraron menor altura promedio fueron el RMC-2 y RMC-4 ($182,29 \text{ cm} \pm 3,20 \text{ b}$ y $183,14 \text{ cm} \pm 17,47 \text{ b}$), a diferencia del RMC-3 ($233,29 \text{ cm} \pm 12,23 \text{ a}$) quien presento la mayor altura. De acuerdo con Meléndez (1991) alturas entre 1,30 m y 1,50 m son las más recomendadas, debido a que permiten un manejo adecuado dentro de la plantación como lo son las podas y un combate manual de las enfermedades. Según Ayestas (2009) la altura del árbol y horqueta son características influenciadas por varios factores como: podas, competencia entre árboles y las condiciones de sombra que produzca la elongación del tallo en la etapa temprana de desarrollo, de la exposición al sol y de las condiciones de fertilidad del suelo; los resultados indican que hay una alta variabilidad entre árboles.

Sin embargo, respecto a la variable diámetro del clon de patronaje no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los clones con valores entre $(5,39 \pm 0,39a)$ para el RMC-5 y $(4,9 \pm 0,2a)$ para el RMC-1, Ayestas (2009) afirma que esta variable no es afectada por el manejo que proporciona el agricultor, pero sí por la edad del árbol y factores de fertilidad del suelo.

Respecto al número de ramas se evidencio que RMC-1 registró el mayor número $(2,43 \pm 0,2a)$ mientras que RMC-5 con el menor de $(1,86 \pm 0,14b)$; según (García, 2011) afirma que a partir del tronco se da origen a tres, cuatro ó cinco ramas, distribuidas al mismo nivel formando la mesa, molinillo o verticilo, estas forman la copa del árbol, donde una buena copa depende de la formación y distribución que se le da a la planta mediante la poda, cabe resaltar que cuando la planta se poda deficientemente la zona productiva del árbol queda mal distribuida disminuyendo la producción del fruto, cuando no se poda en la época oportuna, crece demasiado, dándole mucha altura y mala formación al árbol (Cuadro 1).

Para el número de hojas el clon RMC-5 registro el mayor dato con $(422,86 \pm 71,57a)$, a diferencia de RMC-3 $(236,86 \pm 51,31b)$; para los registros del número de cojines florales RMC-4 presento el mayor número con $(32 \pm 6,82a)$, mientras que RMC-3 conto con el de menor número $(4,86 \pm 2,04c)$; RMC-2 contó con el mayor número de frutos $(7,86 \pm 4,38a)$, RMC-1 y RMC-4 con el de menor número $(0,29 \pm 0,29b)$ sin excluir RMC-3 y RMC-5 $(2 \pm 0,62b)$ y $(0,43 \pm 0,43b)$ respectivamente); en el número de pepinos no se observaron diferencias significativas ya que los datos oscilaron entre $(7,71 \pm 7,39a)$ para RMC-2 y RMC-4 con $(0,29 \pm 0,18a)$; Una mazorca contiene de 20 a 50 granos (García, 2011). En el área de suelo no se evidencio diferencias debido a que los valores estaban entre $(49210,98 \text{ cm}^2 \pm 5892,18a)$ para RMC-1 y RMC-2 con $(35914,52 \text{ cm}^2 \pm 4356,36a)$ (Cuadro 1).

Características morfológicas de la hoja

Mediante los datos obtenidos (Cuadro 1) se evidencio que la longitud de la hoja en el clon RMC-4 registro la mayor medida con $(33,08 \text{ cm} \pm 1,07c)$, mientras que RMC-3 y RMC-5 registro los menores datos con $(26,6 \text{ cm} \pm 1,29a)$ y $(27,47 \pm 1,01a)$ respectivamente); en la variable de ancho no se evidenciaron diferencias estadísticas debido que los valores se encontraban entre $(10,42 \text{ cm} \pm 0,36a)$ del clon RMC-4 y $(9,27 \text{ cm} \pm 0,45a)$ del RMC-1; en la relación largo/ancho los clones que mostraron el mayor registro fueron RMC-1, RMC-4 y

RMC-2 $(3,31 \pm 0,11b)$, $(3,2 \pm 0,04b)$ y $(3,19b)$ para los mismos a diferencia de RMC-5 y RMC-3 que fueron los de menor valor $(2,91 \pm 0,05a)$ y $(2,92 \pm 0,11a)$; en el área foliar el clon RMC-4 registro la mayor dato $(245,11 \text{ cm}^2 \pm 15,13b)$ y RMC-5 con RMC-3 fueron los de menor con $(196,64 \text{ cm}^2 \pm 14,95a)$ y $(196,87 \text{ cm}^2 \pm 17,21a)$. La presencia de hojas es de gran importancia debido que la función principal es elaborar los alimentos que la planta necesita para su normal desarrollo (fotosíntesis) y la formación de mazorcas y para que este proceso se realice en forma normal se necesita luz solar, cuando el cultivo de cacao tiene mucha sombra, dificulta los rayos del sol y la planta tiene problemas para la fotosíntesis (García, 2011).

La caracterización morfológica de hoja registro una forma de ápice para los clones RMC-1, RMC-2 y RMC-4 de acuminado largo (52%, 44% y 46% respectivamente), RMC-3 con agudo (40%) y RMC-5 con acuminado largo (38%) y agudo (38%). La forma de la base para todos los clones fue agudo con RMC-1 (86%), RMC-2 (90%), RMC-3 (52%), RMC-4 (66%) y RMC-5 (62%) y la forma de la hoja predominante para todos los clones fue ovada: RMC-1 (54%), RMC-2 (62%), RMC -3 (62%), RMC-4 (82%) y RMC-5 (64%) (Cuadro 2).

Características morfológicas de la flor

Las flores, son hermafroditas, pentámeras (cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estaminodios, cinco estambres, y cinco lóculos por ovario) (MINCETUR, 2008 & Torres, 2012). Las características morfológicas de la flor son estructuras importantes para la clasificación taxonómica, las variables que fueron más representativas en el presente estudio fueron; longitud del pedicelo (mm) donde RMC-3 presento el mayor valor con $(20,90 \pm 0,99b)$ y el menor fue RMC-2 con $(16,20 \pm 0,89a)$; ancho del pedicelo donde RMC-5 conto con el mayor dato de $(0,89 \pm 0,03c)$ y el de menor RMC-3 con $(0,69 \pm 0,05a)$; para el sépalo se halló largo (mm) donde el clon RMC-3 presento la mayor longitud $(9,52 \pm 0,16d)$ y RMC-1 el de menor valor con $(8,19 \pm 0,10a)$; el clon con mayor dato de longitud de lígula (mm) fue RMC-3 con $(7,75 \pm 0,27b)$ y el menor RMC-2 con $(6,36 \pm 0,18a)$, todas las variables nombradas anteriormente presentan una diferencia significativa entre los datos (Cuadro 1).

El clon que presento mayor longitud del estambre (mm) fue RMC-4 con $(2,73 \pm 0,13c)$ y el de menor RMC-2 con $(1,19 \pm 0,10a)$ de igual manera para la variable ancho del estambre RMC-4 registro el mayor promedio $(0,21 \pm 0,01c)$ y el menor RMC-2 con $(0,1 \pm 0a)$; para el ancho del estaminoide el de mayor valor fue el clon RMC-4 con $(0,69 \pm 0,04b)$ y el de menor registro RMC-2 con $(0,35 \pm$

Cuadro 1. Tabla de las variables evaluadas en cada una de las estructuras para la caracterización morfológica de los clones promisorios RMC-1, MC-2, RMC-3, RMC-4 y RMC-5.

ESTRUCTURAS	VARIABLES	RMC-1		RMC-2		RMC-3		RMC-4		RMC-5		
		Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	
ÁRBOL	ALTURA TOTAL DE LA PLANTA (cm)	212,71 ± 4,9	8,74 ab	182,29 ± 5,12	3,2	233,29 ± 5,23	12,23 a	183,14 ± 5,37	17,47 b	212,57 ± 5,39	10,89 ab	0,016
	DIÁMETRO DEL PATRÓN (20 cm)	2,43 ± 385,71	0,2 a	2 ± 373	0,22	2,14 ± 236,86	0,14 ab	2 ± 400,57	0,22 ab	1,86 ± 422,86	0,14 b	0,2827
	N DE RAMAS PRIMARIAS	15,43 ± 0,29	79,43 ab	20,71 ± 7,86	6,94 ab	4,86 ± 2,04 c	51,31 b	32 ± 0,29	48,8 ab	6 ± 0,43	3,93 bc	0,2786
	NÚMERO DE HOJAS	0,43 ± 49210,98	0,3 a	7,71 ± 4356,36	0,38	2,86 ± 42785,51	0,96 a	0,29 ± 38416,55	0,18 a	2 ± 40381,06	0,43 b	0,05012
	N DE FRUTOS	29,41 ± 9,27	1,21 ab	31,32 ± 9,89	0,9	26,6 ± 9,53	1,29 a	33,08 ± 10,42	1,07 c	27,47 ± 9,68	1,01 a	0,0002
	N DE PEPINOS	3,31 ± 207,34	0,11 b	3,19 ± 218,01	0,04 b	2,92 ± 196,87	0,11 a	3,2 ± 245,11	0,04 b	2,91 ± 196,64	0,05 a	0,0002
	AREA DE SUELO (cm2)	19,08 ± 0,86	0,67 b	16,2 ± 0,76	0,89	20,9 ± 0,69	0,99 b	20,28 ± 0,88	1,27 b	20,85 ± 0,89	0,99 b	0,0074
	LONGITUD (cm)	8,19 ± 2,88	0,03 bc	9,26 ± 2,84	0,07	9,52 ± 2,81	0,05 a	8,5 ± 2,56	0,23 ab	8,75 ± 2,71	0,03 c	0,0051
	ANCH. DEL PEDICÉLO (mm)	7,15 ± 1,86	0,42 b	6,36 ± 2,09	0,18	7,75 ± 2,23	0,14 a	7,3 ± 1,81	0,09 a	7,28 ± 1,87	0,22 b	0,0143
	LONG. DE LA LÍGULA (mm)	4,25 ± 2,22	0,2 a	4,14 ± 2,15	0,17	4,9 ± 2,03	0,1 b	4,7 ± 2,09	0,28 ab	4,6 ± 1,97	0,28 ab	0,0939
ANCH. DEL PETALO (mm)	2,12 ± 0,15	0,15 ab	1,91 ± 0,1	0,1	2,01 ± 0,2	0,09 ab	2,73 ± 0,21	0,13 c	2,29 ± 0,16	0,09 b	0,0001	
LONG. DEL ESTAMBRE (mm)	7,25 ± 0,58	0,31 a	7,37 ± 0,35	0,5	7,8 ± 0,59	0,24 a	7,49 ± 0,69	0,13 a	7,18 ± 0,59	0,25 a	0,6535	
LONG. DEL ESTAMINOIDE (mm)	2,39 ± 0,22	0,06 b	2,16 ± 0,13	0,05	2,37 ± 0,19	0,05 b	2,74 ± 0,21	0,04 b	2,59 ± 0,17	0,05 b	0,0004	
ANCH. DEL ESTAMINOIDE (mm)	2,18 ± 1,5	0,14 a	3,56 ± 1,44	0,82	2,63 ± 1,63	0,07 bc	2,28 ± 1,48	0,08 a	2,52 ± 1,55	0,02 b	0,0208	
LONG. DEL OVARIO (mm)	31,83 ± 20,55	1,12 a	29,96 ± 21,48	1,01	33,12 ± 19,53	1,79 ab	34,59 ± 18,63	1,07 ab	36 ± 16,8	1,32 b	0,0068	
ANCH. DEL OVARIO (mm)	20,55 ± 10,89	0,41 cd	21,48 ± 8,08	0,34	19,53 ± 9,99	0,3 bc	18,63 ± 9,65	0,49 b	16,8 ± 9,27	0,39 a	0,0001	
Nº RUDIMENTOS SEMINALES												
FRUTO	LONGITUD (cm)	1,89 ± 1304,23	0,29 cd	2,74 ± 871,9	0,72	1,96 ± 985,53	0,21 bc	1,95 ± 823,4	0,62 bc	1,82 ± 723,03	0,36 ab	0,0133
	DIAMETRO (cm)	2,11 ± 1,8	0,02 a	2,06 ± 1,2	0,32	2,09 ± 1,86	0,05 a	2,09 ± 1,71	0,1	1,62 ± 1,45	0,05 a	0,047
	RELACION LARGO/ANCHO	1,8 ± 994,25	114,69 b	1,2 ± 591,53	78,44 a	1,69 ± 655,48	29,29 a	1,71 ± 581,3	149,18 a	1,45 ± 478,18	57,71 a	0,0064
	PESO DEL FRUTO (gr)	309,98 ± 39,25	20,71 a	280,38 ± 39	31,99	330,05 ± 40,5	0,09 a	242,1 ± 45	56,89 b	244,85 ± 35,25	22,8 a	0,2816
	GROSOR DEL CABALLETE (cm)	77,18 ± 232,8	1,65 ab	54,45 ± 62,7	2,68	72,35 ± 28,5	2,83 a	213,6 ± 28,82	4,08 b	47,18 ± 12,28	2,25 a	0,2218
	PROFUNDIDAD DEL SURCO (cm)	1,91 ± 7,99	0,04 c	2,18 ± 9,49	0,04	1,64 ± 7,4	0,05 d	2,64 ± 8,83	0,05 a	1,56 ± 6,34	0,09 d	0,0001
	PESO CASCARA (gr)	2,59 ± 1,5	0,02 c	2,72 ± 1,33	0,04	2,85 ± 1,47	0,03 a	2,86 ± 1,53	0,04 a	2,62 ± 1,64	0,05 bc	0,0001
	PESO FRESCO DE LAS SEMILLAS + MUCILAGO (gr)	1,5 ± 1,5	0,24 a	1,33 ± 1,33	0,02	1,47 ± 1,47	0,04 a	1,53 ± 1,53	0,03 a	1,64 ± 1,64	0,24 a	0,8356
	NUMERO DE SEMILLAS POR FRUTO											
	PESO FRESCO DE SEMILLAS (gr)											
PESO PULPA (gr)												
SEMILLA	PESO FESCO SEMILLAS SIN MUCILAGO (gr)											
	GROSOR (mm)											
	LONGITUD (cm)											
DIAMETRO (cm)												

0,05a); el clon con mayor registro en la longitud del estilo (mm) fue el clon RMC-4 con ($2,74 \pm 0,09c$) y el de menor dato RMC-2 con ($2,16 \pm 0,1a$), para el ancho (mm) el de mayor valor fue RMC-1 con ($0,22 \pm 0,02c$) y el de menor RMC-2 con ($0,11 \pm 0,01a$); a estos mismas flores se les contabilizo el número de rudimentos seminales por ovario donde el clon RMC-5 contaba con el mayor número ($36 \pm 1,32b$) y el de menor fue RMC-2 con ($29,96 \pm 1,01a$). En un estudio realizado por Guzmán (1997) encontró que el número de óvulos por ovario de la flor es una característica genética y varía para cada clon, existen diferencias bien marcadas en cuanto al máximo número de semillas producidas por fruto, a mayor número de óvulos por ovario existe mayor probabilidad de fecundación por ovario, por lo tanto, más semillas por fruto (Cuadro 1).

La caracterización en la flor mostro los resultados del índice de actocianina en el pétalo (IA-Pétalo), sépalo (IAS), pedicelo (IA-Pedicelo) y estaminoide (IAE) que fueron: IA-Pétalo para el clon RMC-1 (100%) intermedia e intensa en RMC-2 (80%), RMC-3, RMC-4 y RMC-5 (100%). El IAS en el clon RMC-1 suave (100%), RMC-2 y RMC-4 intermedia (100%) y RMC-3 y RMC-5 intensa (100%). En todos los clones el IA-Pedicelo predominante con (100%) fue el intermedio y para el IAE fue del (100%) intenso (Cuadro 2).

Características morfológicas del fruto

Según Batista (2009) el color de las mazorcas no afecta en nada la cantidad de frutos producidos por árbol, el rendimiento es gobernado por un factor genético que no tiene relación con el color del fruto. En relación a la variable longitud del fruto, el clon que presento mayor longitud fue RMC-2 registro con ($21,48 \text{ cm} \pm 0,34d$) y el de menor fue RMC-5 con ($16,8 \text{ cm} \pm 0,39a$); el de mayor diámetro fue el clon RMC-1 con ($10,89 \text{ cm} \pm 0,29cd$) y el de menor fue el clon RMC-2 con ($8,08 \text{ cm} \pm 0,72a$), los resultados obtenidos concuerdan con la información reportada por Eguiguren & Carmona (2012) quienes determinaron que la longitud del fruto varía entre 10 a 30 cm de largo y el diámetro fluctúa entre de 7 a 9 cm. Según el análisis estadístico estas variables presentan diferencias significativas entre sí.

Se tuvo en cuenta la relación largo/ancho del fruto donde el de mayor registro fue RMC-2 con ($2,74 \pm 0,32b$) y el de menor relación fue RMC-5 con ($1,82 \pm 0,05a$); el clon RMC-1 registro el mayor peso del fruto con un valor de ($1304,23 \text{ gr} \pm 114,69b$) y el de menor peso fue RMC-5 con ($723,03 \text{ gr} \pm 57,71a$); el grosor del caballete de mayor registro fue para el clon RMC-1 con ($2,11 \text{ cm} \pm 0,17a$) y el

de menor medida RMC-5 con ($1,62 \text{ cm} \pm 0,11a$); el clon con mayor profundidad del surco fue RMC-1 con un valor de ($1,8 \text{ cm} \pm 0,11b$) y el de menor valor fue RMC-2 con ($1,2 \text{ cm} \pm 0,16a$); se halló el peso de la cascara en el cual el clon de mayor peso fue el RMC-1 con ($994,25 \text{ gr} \pm 104,29b$) y el de menor peso fue RMC-5 con un peso de ($478,18 \text{ gr} \pm 37,27a$); el clon que registro mayor peso fresco de la semilla con mucilago fue RMC-3 con ($330,06 \text{ gr} \pm 14,41a$) y el de menor peso fue el RMC-4 con ($242,1 \text{ gr} \pm 56,89a$); el clon RMC-4 registro el mayor número de semillas con ($45 \pm 4,08b$) y el de menor valor fue el RMC-5 con ($35,25 \pm 2,25a$), Ayestas, (2009) declara que 35 semillas por fruto es un buen rendimiento, lo cual nos indica que los porcentajes encontrados por los

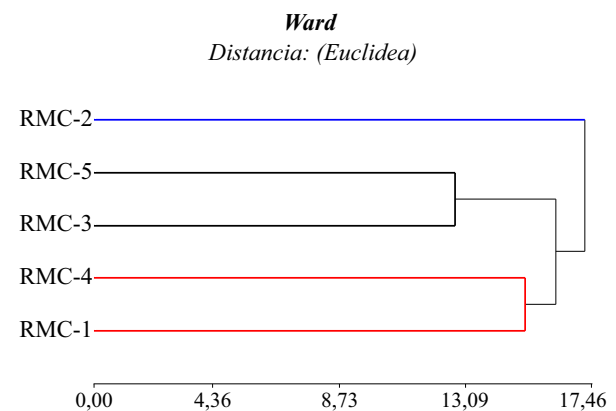


Figura 1. Diagrama de Ward, análisis de conglomerados con correlación cofenética=0,770

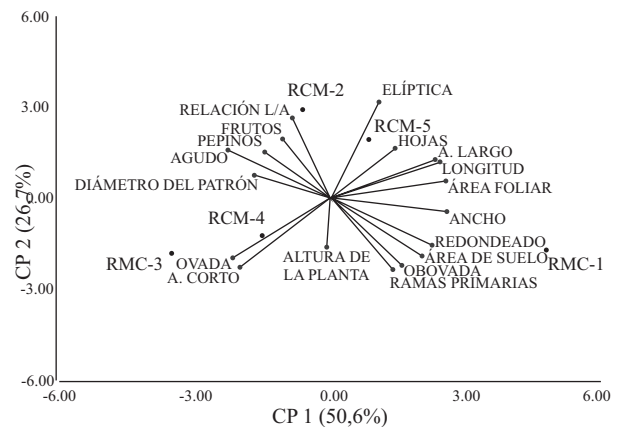


Figura 2. Grafico Biplot para el análisis de componentes principales respecto a las variables de árbol y hoja: Altura total de la planta (cm), diámetro a 20 cm desde la base del suelo, Número de ramas primarias, hojas, cojines florales, pepinos, frutos por árbol, área del suelo, relación largo/ancho (cm); Forma del ápice, Forma de la base y Forma de la hoja.

Cuadro 2. Porcentajes de las variables cualitativas correspondientes a los clones RMC-1, RMC-2, RMC-3, RMC-4 Y RMC-5.

ESTRUCTURA	CARACTERISTICA	PORCENTAJES VARIABLES CUALITATIVAS %					
		RMC-1	RMC-2	RMC-3	RMC-4	RMC-5	
HOJA	FORMA DE LA HOJA	OBOVADA	14	16	20	18	14
		ELIPTICA	32	22	18	0	22
		OVADA	54	62	62	82	64
	FORMA DE LA BASE	REDONDEADO	14	10	48	34	38
		AGUDO	86	90	52	66	62
	FORMA DEL ÁPICE	ACUMINADO LARGO	52	44	28	46	38
		ACUMINADO CORTO	32	30	32	26	24
AGUDO		16	26	40	28	38	
FLOR	PETALO	INTERMEDIA	100	20	0	0	0
		INTENSA	0	80	100	100	100
	IAS	SUAVE	100	0	0	0	0
		INTERMEDIA	0	100	0	100	0
		INTENSA	0	0	100	0	100
	PEDICEL	IA	INTERMEDIA	100	100	100	100
IAE		INTENSA	100	100	100	100	100
FRUTO	COLOR FRUTO INMADURO	VERDE ROJIZO LIGERO	100	0	0	100	0
		VERDE ROJIZO	0	100	0	0	0
		ROJO INTENSO	0	0	100	0	100
	COLOR FRUTO MADURO	AMARILLO ROJIZO	100	0	0	100	0
		AMARILLO	0	100	0	0	0
		ROJO NARANJA	0	0	100	0	0
		VERDE ROJIZO	0	0	0	0	100
	FORMA DEL FRUTO	AMELONADO	100	0	100	50	100
		CUNDEAMOR	0	100	0	0	0
		ANGOLETA	0	0	0	50	0
	FORMA DEL ÁPICE	OBTUSO	100	0	0	0	0
		APEZONADO	0	75	75	0	100
		AGUDO	0	25	25	100	0
	CONSTRICCIÓN BASAL	INTERMEDIO	100	0	0	100	100
		LIGERO	0	100	100	0	0
	RUGOSIDAD DE LA CASCARA	SUAVE	100	0	0	100	100
		INTERMEDIA	0	100	0	0	0
	SEPARACION DE LOMOS	AUSENTE	0	0	100	0	0
		LIGERA	100	0	0	75	100
	SEMILLA	DUREZA DE LA CASCARA	INTERMEDIO	0	100	0	0
FUSIONADO			0	0	100	25	0
SUAVE	0		0	0	75	0	
COLOR DEL COTILEDON	VIOLETA	75	40	17,5	70	34,21	
	MOTEADO	25	60	82,5	30	65,78	
	ELIPTICA	52,5	53,33	25	20	12,5	
FORMA DE LA SEMILLA	OBLONGA	27,5	20	20	40	22,5	
	IRREGULAR	5	13,33	45	20	45	
	OVOIDE	15	13,33	10	20	20	
FORMA DEL CORTE TRANSVERSAL	APLANADA	100	10	82,5	40	90	
	INTERMEDIO	0	70	15	50	10	
	REDONDO	0	20	2,5	10	0	

clones se encuentran dentro del rango reportado por dicho autor; se registró el peso fresco de la semilla donde el RMC-1 fue el de mayor valor con (77,18 gr ± 6,27a) y el de menor valor el RMC-4 con (28,5 gr ± 28,5a); también se registró el peso de la pulpa donde el clon de mayor valor fue RMC-3 con (257,7 gr ± 16,21a) y el de menor valor fue RMC-5 con (197,68 gr ± 21,57a) (Cuadro 1).

La coloración que presentaron los frutos de los clones en fase de formación fue en RMC-1 y RMC-4 verde rojizo ligero (100%), RMC-2 verde rojizo (100%) y RMC-3 y RMC-5 rojo intenso (100%). En la fase de madurez la coloración de los clones RMC-1 y RMC-4 fue de amarillo rojizo (100%), RMC-2 amarillo (100%), RMC-3 rojo naranja (100%) y RMC-5 verde rojizo (100%) coloración asignada por la tabla de Munsell.

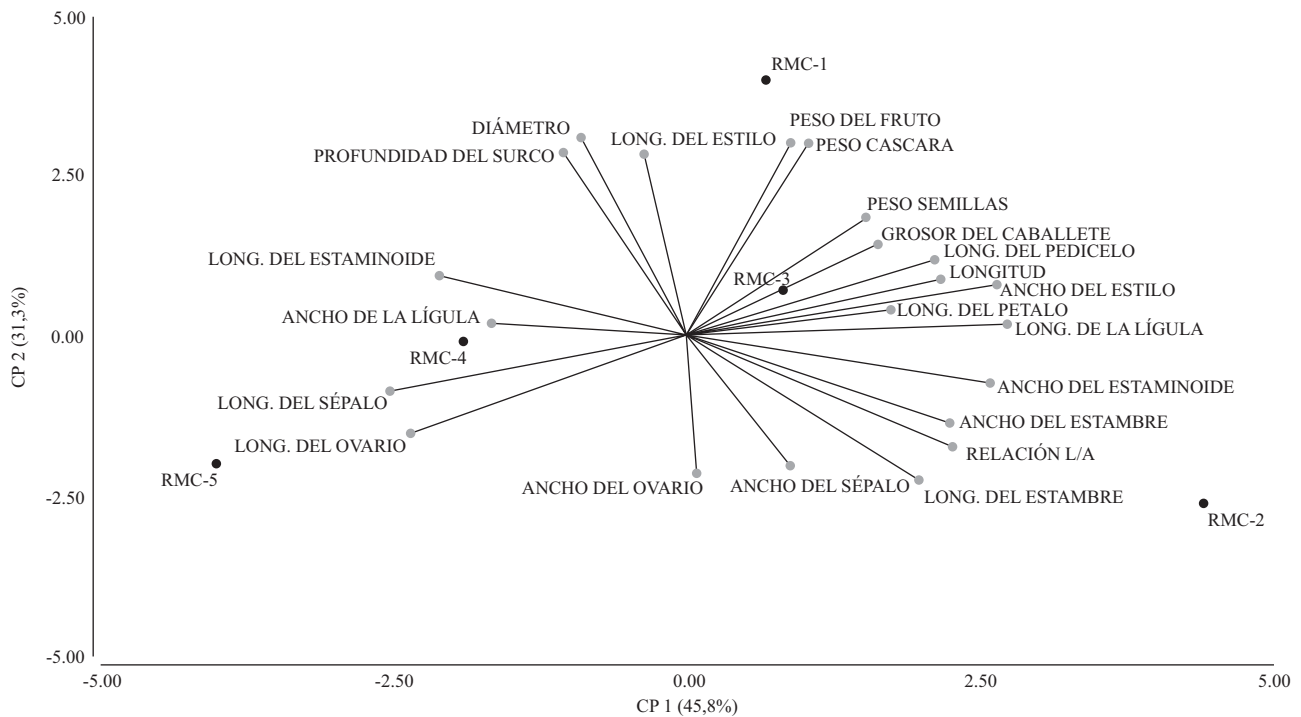


Figura 3. Gráfico Biplot para el análisis de componentes principales respecto a las variables de flores y frutos: Longitud del pedicelo (mm), ancho del pedicelo (mm), longitud del sépalo (mm), ancho del sépalo (mm), longitud de la lígula (mm), ancho de la lígula (mm), longitud del filamento (mm), ancho del filamento (mm), longitud del estaminoide (mm), ancho del estaminoide (mm), longitud del estilo (mm), ancho del estilo (mm), longitud del ovario (mm) y ancho del ovario (mm), peso del fruto (gr), peso de la cascara (gr), peso de la pulpa (gr), peso fresco de las semillas por fruto (gr), longitud (cm) del fruto, diámetro (cm), espesor del caballete (cm), separación de surcos (cm), relación largo/ancho.

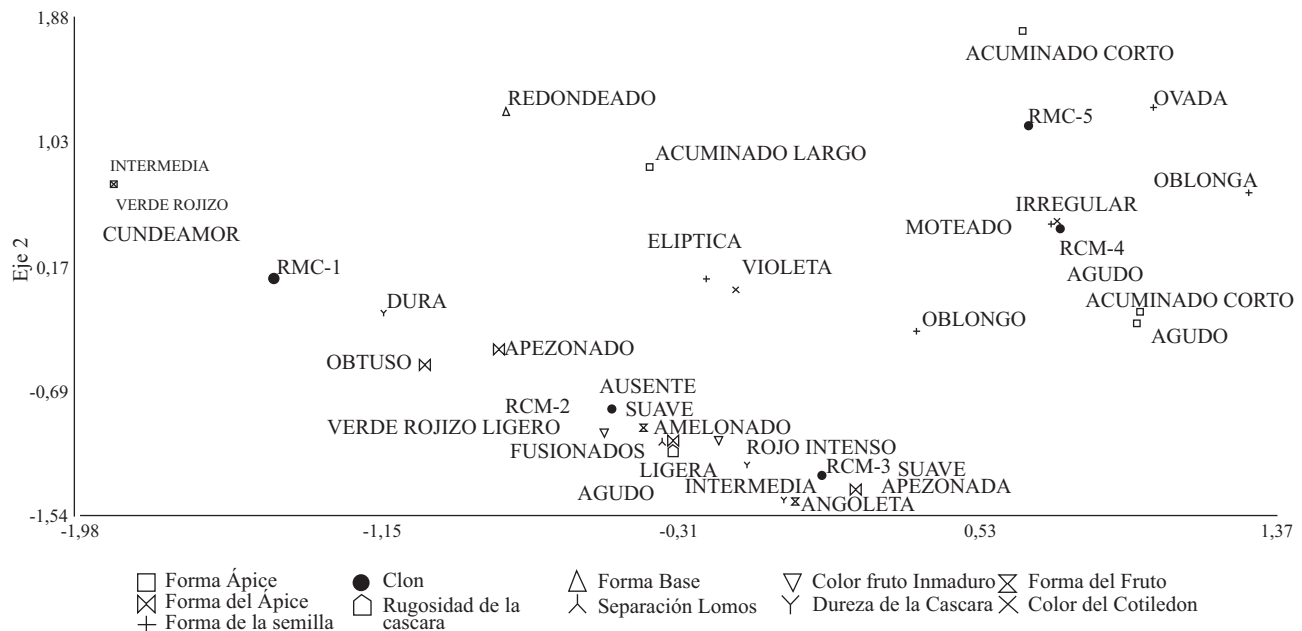


Figura 4. Análisis de correspondencia para las variables cualitativas: Color del fruto inmaduro, forma del fruto, forma del ápice, forma de la constricción basal, rugosidad de la cáscara, dureza de la cáscara, color del cotiledón, forma de la semilla.

La forma del fruto predominante fue el amelonado en RMC-1, RMC-3 y RMC-5 con (100%) y RMC-4 (50%), seguido por cundeamor RMC-2 (100%). El clon RMC-1 presento una forma del ápice obtusa (100%); RMC-2 y RMC-3 apezonado del (75%); RMC-4 agudo (100%) y RMC-5 apezonado (100%). La Constricción basal en RMC-1, RMC-4 y RMC-5 intermedia (100%), y RMC-2 y RMC-3 ligero con (100%). Presentaron una rugosidad de la cascara en RMC-1, RMC-4 y RMC-5 suave (100%), RMC-2 intermedia (100%) y RMC-3 ausente (100%). La Separación de lomos en RMC-1, RMC-5 fue ligera (100%) y RMC-4 (75%); RMC-2 intermedio (100%) y RMC-3 fusionado (100%). Con una dureza de la cascara en RMC-5 intermedia (100%), RMC-2, RMC-3 dura (100%) y RMC-1 (75%) y RMC-4 suave (75%) (Cuadro 2).

Características morfológicas de las semillas

Las semillas o almendras son de tamaño variable 1,2 - 3 cm de longitud, cubiertas con un mucilago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral, frutal, nueces). Al interior están los cotiledones que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (MINCETUR, 2008). De acuerdo a esta literatura la variabilidad de las características de los clones fueron: el clon RMC-4 registro el mayor peso promedio con $(2,64 \pm 0,05a)$ y el de menor RMC-5 con $(1,56 \pm 0,09d)$ estos valores superan los reportados por Eguiguren & Carmona (2012) quienes manifestaron que el peso de la semilla después de extraerse el mucilago es esta entre 0,9 y 1,5; RMC-2 registro el mayor grosor (mm) con $(9,49 \pm 0,12a)$ y el de menor RMC-5 con $(6,34 \pm 0,18d)$, Eguiguren & Carmona (2012) encontrón que el grosor promedio oscila entre 10 y 17 mm (Cuadro 1).

Eguiguren & Carmona (2012) encontraron que la longitud promedio de las semillas de cacao oscilan entre 20 a 30 mm, los datos obtenidos están muy por debajo del promedio que reporta estos autores con RMC-4 conto con la mayor longitud $(2,86 \text{ mm} \pm 0,04a)$ y el de menor fue RMC-1 con $(2,59 \text{ mm} \pm 0,02c)$; con respecto a la variable diámetro el clon RMC-5 registro el mayor diámetro $(1,64 \text{ mm} \pm 0,24a)$ y RMC-2 conto con el menor diámetro de $(1,33 \text{ mm} \pm 0,02a)$.

La semilla presento color del cotiledón predominante en RMC-1 (70%) violeta; RMC-2 (60%) moteado, RMC-3 (82,5%) moteado, RMC-4 (70%) violeta y RMC-5 (65,78%) moteado. La forma de la semilla en RMC-1 predomino elíptica (52,5%), RMC-2 (53,33%) elíptica, RMC-3 irregular (45%), RMC-4 (40%) oblonga y RMC-5 (45%) irregular. La forma del corte transversal en el

clon RMC-1 fue aplanada (100%), RMC-2 intermedio (70%), RMC-3 (82,50%) aplanada, RMC-4 (50%) intermedio y RMC-5 (90%) aplanada (Cuadro 2).

En el dendograma basado en la distancia Euclidea y método de Ward (Figura 4.) muestra el agrupamiento de los cinco clones promisorios en tres grupos según las similitudes que compartían con base en las variables cuantitativas y cualitativas. Se identificaron tres grupos con una correlación cofenética de 0.770, el primer grupo está conformado por los clones RMC-1 y RMC-4; el segundo grupo lo componen los clones RMC-3 y RMC-5 y por último el tercer grupo solo incluye el clon RMC-2.

Conclusiones

Este estudio permitió describir las características morfológicas tanto cualitativas como cuantitativas de los cinco promisorios de Remolinos del Caguán. Además se identificó los órganos más importantes para la descripción morfológica como la flor, el fruto y semillas, en importancia decreciente las hojas, tronco, ramas, con lugar a los clones más adecuados para la obtención de una buena producción bajo ciertas condiciones.

Las variables que ayudan a diferenciar mejor los clones son: las relacionadas al pedicelo, sépalo, estambre, estaminoide, número de rudimentos seminales, longitud del fruto y las características referentes a la semilla, como también el color del fruto y color de la semilla.

El clon con mejor desempeño de acuerdo a la estructura del árbol fue RMC-2 con $182,29 \pm 3,20$ debido a que este porte permite una recolección más fácil y mejor control de plagas y enfermedades; RMC-5 con $36 \pm 1,32$ evidencio mejor número de rudimentos seminales ya que estos influyen directamente con la producción, con relación al número de semillas el clon con mayor cantidad fue RMC-4 con $45 \pm 4,08$ y los clones RMC-2, RMC-3 y RMC-5 (60%, 82,50% y 65,78% respectivamente) mostraron un color moteado para la semilla lo que indica mejor calidad de la misma.

De acuerdo con la caracterización de las variables cuantitativas y cualitativas los clones comparten ciertas características que los hace similares y con los que se pueden diferenciar con la formación de grupos como RMC-1 y RMC-4 primer grupo; RMC-3 y RMC-5 segundo grupo y por ultimo RMC-2.

Con estos resultados los productores pueden seleccionar el clon de mayor interés de acuerdo a las necesidades, ya que en el documento se dan resultados de cada estructura

y del clon con mejor desempeño.

Literatura citada

Agronet. 2015a. Área Cosechada, Producción y Rendimiento de Cacao, 2013-2013. (En línea). Consultado 27 Nov 2015. Disponible en: <http://207.239.251.112/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>

Agronet. 2015b. Producción de Cacao en el departamento de Caquetá, 2013 - 2013. (En línea). Consultado 27 Nov 2015. Disponible en: <http://207.239.251.112/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>

Alcaldía de Cartagena del Chairá-Caquetá. 2015. Sitio oficial de Cartagena del Chairá en Caquetá, Colombia. (En línea). Consultado el 29 de octubre de 2015. Disponible en: http://www.cartagenadelchaira-caqueta.gov.co/informacion_general.shtml#geografia

Aránzazu, F; Perea, A; Martínez, N; Cadena, T. 2012. Características de calidad del cacao de Colombia. Catálogo de 26 cultivares. Ed. División de publicaciones UIS (Universidad industrial del Santander). Bucaramanga. 107p.

Ayestas, E. 2009. Caracterización morfológica de cien arboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN, Nicaragua, 2009. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 68 Pp.

Batista, L. 2009. Guía técnica el cultivo del cacao. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF). Replica dominicana. 250 pp.

Cámara de Comercio de Florencia para el Caquetá. 2013. indicadores socioeconómicos del departamento del Caquetá en 2012 (en línea). Florencia (Caquetá). Consultado en: 1 de octubre de 2015. Disponible en: <http://www.ccflorencia.org.co/descargas/informes%20p%20residencia/Indicadores%20Socioecon%C3%B3micos%202011%20-%202012.pdf>

Chacón de Ramírez, I; Ramis, C; Gómez, C. 2011. Descripción morfológica de frutos y semillas del cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Facultad de Agronomía (LUZ) 1(1)13.

Eguiguren, A. Carmona, J. 2012. Estudio del cacao y propuesta gastronómica de autor. Tesis para la obtención

del título de ingeniero gastronómico. Universidad de internacional de Ecuador, Quito. 227 p.

Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO). 2013. Guía ambiental para el cultivo del cacao. Colombia. 127p.

García, L. 2009. Catálogo de cultivares de cacao del Perú. (En línea). Consultado el 28 de agosto de 2015. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Cultivares-de-Cacao-tercera-edici%C3%B3n.pdf>

García, M. 2011. Estudio Agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután y California del Departamento de Usulután en El Salvador. Universidad DR. José Matías Delgado. Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola Julia Hill de O'Sullivan. Cuscatlán. 60 Pp.

Guzmán, E. 1997. Evaluación agronómica de 22 clones de cacao (*Theobroma cacao* L) en la estación experimental El Recreo. UNA, Nicaragua. 52 p.

ICCO (International Cocoa Organization). 2015. Production of cocoa beans (thousand tonnes). (En línea). Consultado 27 noviembre 2015. Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO%20PC/Downloads/Producti%20on_QBCS%20XLI%20No.%203.pdf

Meléndez, L. M. 1991. Sombras temporales para cacao. Seminario regional sombras y cultivos asociados con cacao. (En línea). Consultado el 28 de diciembre de 2015. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=cR8OAQAIAAJ&pg=PA216&lpg=PA216&dq=Sombras+temporales+para+cacao.+Seminario+regional+sombras+y+cultivos+asociados+con+cacao.&source=bl&ots=jaPKQMesCR&sig=jSQOYbYGxwIfK_Ut7tohI8iHRno&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKĒwiX8NaEsMPKAhUGHh4KHSbSApEQ6AEIIDAB#v=onepage&q=Sombras%20temporales%20para%20cacao.%20Seminario%20regional%20sombras%20y%20cultivos%20asociados%20con%20cacao.&f=false

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2005. la cadena del cacao en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Bogotá, Colombia. 51 p.

Phillips, W; Arciniegas, A; Mata, A; Motamayor, J. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionado por el CATIE para siembras comerciales. (En línea). Consultado el 28 de agosto de 2015. Disponible en: <http://biblioteca.catie.ac.cr:5151/repositoriomap/bitstre>

am/123456789/96/3/161.pdf

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. 2008. Proyecto de cooperación UE-PERÚ en materia de asistencia técnica relativa al comercio – apoyo al programa estratégico nacional exportaciones (PENX 2003 – 2013). Perú. 152 p.

Phillis & Mora. 1993. Sombras y cultivos asociados con cacao. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba. Costa Rica. 202 p.

Red de Iniciativas y Comunidades de Paz desde la Base. 2015. Sistematización Cacaoteros. (En línea). Consultado el 29 de octubre de 2015. Disponible en: <http://www.pazdesdelabase.org/pdf/chocaguan/publicaciones/cacaoteros.pdf>

Schnell, R.; Olano, C.; Brown, J.; Meerow, A. y Cervantes, C. 2005. Retrospective determination of the parental population of superior cacao *Theobroma cacao* L., seedlings and association of microsatellite alleles with productivity. In: *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 130(2): 181-190.

Sonwa, D. J. 2004. Biomasa management and diversification within cocoa agroforest in the humid forest zone of Southern Cameroon. Cuvillier. Göttingen, Alemania. 112 pp.

Universidad Nacional de la Plata. 2009. La hoja de las plantas: morfología y adaptaciones. (En línea). Consultado el 28 de agosto de 2015. Disponible en: http://mvegetal.weebly.com/uploads/8/6/3/4/863437/9_morfologia_hoja.pdf

Torres, L. 2012. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Universidad cuenca. Facultad de ciencias agrarias. Ecuador. 141 pp.

María Fernanda Bermúdez Higinio

Estudiante, ingeniería Agroecológica, Universidad de la Amazonia.

Cristian Motta Murcia

Estudiante, ingeniería Agroecológica, Universidad de la Amazonia.

Soraida Rojas Vargas

Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonia (Colombia).

Jean Alexander Gamboa Tabares

Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonia, (Colombia). M.Sc. en agricultura ecológica, Universidad Nacional (Costa Rica). Docente-investigador Universidad de la Amazonia. Miembro activo de los grupos de investigación GIADER (Grupo de Investigación en Agroecología y Desarrollo Rural) y PRODUCIENDO.

Autor para correspondencia:

E-mail: gamboatabares@gmail.com



PROPAGACIÓN DE LAS ESPECIES *Gmelina arborea* Roxb y *Cratylia argentea* Kunt EN EL CIMAZ MACAGUAL

Yaneth Amparo Flórez León, Ginna Johana Muñoz Suarez & Mercedes Mejía Leudo

Artículo recibido el 15 de enero de 2015, aprobado para publicación el 23 de mayo de 2015.

Resumen

Colombia perdió 120.933 hectáreas de bosque natural en 2013, donde fue registrado el 57 % de la deforestación nacional, y la región andina on el 22 %, según el informe divulgado por el IDEAM y el MADS. El departamento del Caquetá es el segundo territorio latinoamericano en deforestación con 21.440 hectáreas perdidas (214 km² durante el 2012, según lo reportó el sistema Terra-i en junio del 2013. Las especies *Gmelina arborea* y *Cratylia argentea*, debido a los resultados positivos obtenidos en países como Costa Rica, Nicaragua permiten que se emplee como alternativa para contrarrestar la pérdida de Bosques producto de la tala, la minería ilegal y la expansión de la frontera agrícola en la zona norte del departamento, el cual presenta condiciones climáticas similares del país originario de las dos especies. El material vegetal que se obtuvo para *Cratylia argentea* Kunt fue 800 plantas mientras que *Gmelina arborea* Roxb 150 plantas. Los resultados del análisis de calidad de semilla mostraron que la pureza de la especie melina fue mayor (72,55%) en relación a *Cratylia argentea* (56,71%), el poder germinativo para *Cratylia argentea* fue de 75,82% mientras que *Gmelina arborea* 22,10%, parámetro influenciado por la profundidad a la que se sembraron cada una. El contenido de humedad es un factor determinante para el desarrollo de las plantas en fase de vivero. La prueba Fisher arrojó diferencias significativas al analizar la altura en los cuatro muestreos.

Palabras clave: *Gmelina arborea*, *Cratylia argentea*, sanidad, deforestación, humedad.

PROPAGATION OF *Gmelina arborea* Roxb and *Cratylia argentea* Kunt SPECIES IN THE MACAGUAL CIMAZ

Abstract

Colombia lost 120,933 hectares of natural forest in 2013, mostly in the Amazon region, where was recorded 57% of national deforestation, and in the Andean region with 22%, according the report released by the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM) and the Ministry of Environment and Sustainable Development. The department of Caquetá is the second Latin American territory with the most deforested area, with 21,440 214 km² in 2012, as reported by the Terra-i system in June 2013. Due to the positive results obtained in countries like Costa Rica, Nicaragua, *Gmelina arborea* and *Cratylia argentea* appears as an alternative to counteract the forest losses because logging, illegal mining and the expansion of the agricultural frontier in the north of the department, which has similar climatic conditions of the country where are originated both species. The plant material obtained for *C. argentea* Kunt was 800 plants while *Gmelina arborea* Roxb 150 plants. The results of seed quality analysis showed that the purity of melina species was higher (72.55%) than seeds of *C. argentea* (56.71%); the germination power of *Cratylia argentea* was 75.82% while *Gmelina arborea* presented a value of 22.10%, this parameter was influenced by the depth of sown. The moisture content is a determinant factor for the development of plants in nursery. The Fisher test showed significant differences when analyzed the height in the four samplings.

Keywords: *Gmelina arborea*, *Cratylia argentea*, health, deforestation, humidity.

Introducción

La deforestación de acuerdo con el IPCC (2001), se entiende como aquellos procesos naturales o antropogénicos que convierten las tierras forestales a no forestales. Durante ese proceso de conversión no solo se interrumpe la capacidad de almacenamiento de carbono por la remoción de la biomasa acumulada en los troncos aprovechables, sino que de acuerdo a la escala y tiempo

de la conversión se afectan otros compartimientos diseñados para acumular el carbono en forma de biomasa en los bosques, tales como la biomasa aérea (troncos y hojas), la biomasa subterránea (red radicular) y el carbono orgánico del suelo, la necromasa y la hojarasca. (Ortega, *et al.*, 2010).

Según la Política de Bosques expedida mediante documento CONPES 2750 de 1994 (MADS y DNP,

1996) las principales causas de la deforestación en orden de incidencia son: la expansión de la frontera agropecuaria, la colonización, la construcción de obras de infraestructura, los cultivos ilícitos, el consumo de leña, los incendios forestales y la producción maderera para la industria y el comercio, todos estos factores asociados al Cambio Climático impulsan la creación e implementación de soluciones rápidas y eficaces para contrarrestar la deforestación. En el país la región más afectada por la deforestación sigue siendo la Amazonía, especialmente los departamentos de Caquetá, Meta y Guaviare, que concentran el 46 por ciento de la pérdida de bosque del país, pese a que en la última medición para el 2011-2012, la deforestación disminuyó en esta región cerca de 10 mil hectáreas anuales (Silva, 2013).

El interés de propagar las especies *Gmelina arborea* y *Cratylia argentea*, es debido a su rápido crecimiento y adaptabilidad. *Gmelina arborea* es de las especies de mayor interés en la reforestación comercial en Colombia (Pizano, 2007). La Melina es originaria del Sureste de Asia, especialmente de la India, Nepal, Bangladesh, Sri Lanka, Paquistán, Malasia y el sureste de China” (CONAFOR, 1999); su reciente llegada apenas unas décadas atrás, ha sido bien recibida, sobre todo entre los inversionistas forestales, debido entre otras razones a su rápido crecimiento y sus formas de aprovechamiento. Desde principios de siglo anterior, esta especie ha sido introducida en numerosos países y se pueden encontrar grandes plantaciones el sureste de Asia, en el oeste de África y en Latinoamérica, las mayores plantaciones están en Brasil. En Colombia, las primeras plantaciones de la especie, se establecieron en la década del 60 en la Costa Atlántica, dentro del proyecto FAO – CVM (Corporación del Valle del Magdalena).

En la década de los 70, ya existían algunas plantaciones no formales de *Gmelina arborea* pero promisorias en la región de Monterrubio (Magdalena), en la década de los 80, se establecieron algunos ensayos de adaptación de procedencias, en el municipio de Luruaco (Atlántico), con semillas traídas de Costa Rica. (Melo, O., Martínez, E., y Rodríguez, N., Universidad del Tolima). *Gmelina arborea* es una de las pocas especies que ofrece amplias posibilidades para el desarrollo de reforestaciones industriales debido al rápido crecimiento, relativa facilidad de manejo, propiedades adecuadas tanto físicas como mecánicas, versatilidad de usos de la madera, alta rentabilidad, presenta una adaptabilidad amplia, se puede cultivar en bosque seco hasta húmedo sin mayores problemas. El género *Gmelina* pertenece al Reino Plantae, División Angiospermae, Clase Eudicotyledoneae, Sub clase Asteridae, Orden Lamiales, Familia Lamiaceae. El

manejo de semilla consiste en que al ser de tipo ortodoxo se puede almacenar con un contenido de humedad entre 6 y 10% a una temperatura de 4 °C. El tratamiento pregerminativo se hace introduciendo la semilla en agua corriente por 24 horas, entre 8 y 24 días inicia la germinación y el promedio de plántulas reales por kilogramo de semilla es de 900. (CORPOICA-CORPOBOYACA, 2006).

Esta especie prefiere suelos profundos, húmedos, bien drenados, fértiles de los valles aluviales francos o franco-arenosos y con pH alcalinos o ligeramente ácidos; adaptándose en suelos calcáreos y moderadamente compactados. En cuanto a la topografía, los mejores sitios son los planos u ondulados con una pendiente no mayor al 30%, sin pedregosidad y una profundidad efectiva mínima de 60 cm y óptima mayor a 100 cm, de poca pendiente y con baja humedad. Las plantaciones que crecen en áreas compactadas presentan características indeseables como poca altura, fustes torcidos y mayor ramificación. (Zuluaga, et al., 2011).

Por ser una especie esencialmente heliófita, es intolerante a la sombra y susceptible a la competencia de malezas, en especial de gramíneas y enredaderas. *Gmelina arborea* posee una copa amplia en sitios abiertos, pero en plantación es densa y compacta, presenta una corteza lisa o escamosa, de marrón pálida a grisácea; en árboles de 6-8 años de edad se exfolia en la parte engrosada de la base del tronco y aparece una nueva corteza, de color más pálido y lisa, raíz profunda, aunque puede ser superficial en suelos con capas endurecidas u otros limitantes de profundidad, el fuste marcadamente cónico, por lo regular de 50-80 cm de diámetro, en ocasiones hasta de 143 cm, sin contrafuertes pero en ocasiones engrosado en la base, las hojas son grandes (10-20 cm de largo), simples, opuestas, enteras, dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, decoloradas, el haz verde y glabra, el envés verde pálido y aterciopelado, nerviación reticulada, con nervios secundarios entre tres y seis pares y estípulas ausentes. Usualmente, la especie bota las hojas durante los meses de enero o febrero en casi todas las regiones donde se cultiva. Las hojas nuevas se producen el marzo o a principios de abril, las flores de gran número, amarillo-anaranjadas, en racimos, monoicas perfectas, cuya inflorescencia es un racimo o panícula cimosa terminal, cáliz tubular, corola con 4-5 sépalos soldados a la base del ovario, de color amarillo brillante, cáliz 2,5 cm de largo y cuatro estambres. La floración ocurre justo cuando las hojas han caído o cuando las nuevas hojas comienzan a desarrollarse. En su área de distribución natural la melina florece los meses de febrero a abril, los frutos carnosos

tipo drupa, de forma ovoide u oblonga, carnoso, succulento, con pericarpo coriáceo y endocarpo óseo, de color verde lustroso, tornándose amarillo brillante al madurar, momento en el que caen al suelo, lo que facilita su recolección. Entre los frutos caídos naturalmente del árbol, los más indicados de recolectar son los de color verde amarillento, debido a que tienen el mayor porcentaje de germinación, las semillas se encuentran formando parte del endocarpo del fruto, son de forma elipsoidal, comprimidas, de 7-9 mm de largo; testa color café, lisa, opaca, membranosa, muy delgada; el embrión es recto, comprimido, de color amarillo-crema y ocupa toda la cavidad de la semilla; los cotiledones son dos, grandes, planos, carnosos y elipsoidales; la radícula es inferior y corta. Hay de una a cuatro semillas por fruto, con promedio de 2,2 semillas /fruto, aunque se ha demostrado que el número de semillas por fruto varía dependiendo del origen de la fuente semillera (Rojas, *et al.*, 2004).

Cratylia argentea nativo de la Amazonia, de la parte central de Brasil y de áreas de Perú, Bolivia y Nordeste de Argentina. Se caracteriza por su amplia adaptación a zonas bajas tropicales con sequías hasta de seis meses y suelos ácidos (pH 3,8) de baja fertilidad del tipo ultisol y oxisol, su alta retención foliar y el desarrollo de raíces vigorosas que alcanzan hasta 2 m de longitud para tolerar la sequía, aun en condiciones extremas de suelos pobres y ácidos como los de Planaltina en Brasil (Rosero, *et al.*, 2010). Se desarrolla en suelos con pH 4,0 - 6,0 adaptándose a suelos ácidos, pobres y con alto contenido de aluminio; sin embargo, crece mejor en suelos bien drenados, no sujetos a inundaciones y de fertilidad media, una altitud 0-1200 m.s.n.m, Temperatura 21-27 °C, Precipitación 800-3000mm/año. (STDF, 2013). Bajo estas condiciones produce buenos rendimientos de forraje incluso con pastoreo directo” (Argel & Lascano, (s.f.)). Las hojas tienen consistencia papirácea con abundante pubescencia en el envés, no obstante, en sitios con bajas temperaturas las hojas tienden a presentar menos pubescencia. Ramifica a partir de la base del tallo alcanzando hasta tres metros de altura. Por otra parte, produce abundante semilla y su establecimiento es relativamente rápido cuando las condiciones son adecuadas. El hábito de crecimiento de *C. argentea* es de tipo arbustivo en formaciones vegetales abiertas, pero puede convertir en liana de tipo voluble cuando está asociada a plantas de porte mayor (Sobrinho & Nunes, 1995).

El género *Cratylia* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseoleae y subtribu Diocleinae. Las hojas son trifoliadas y estipuladas, los

foliolos son membranosos o coriáceos con los dos laterales ligeramente asimétricos, la inflorescencia es un pseudoracimo noduloso con seis a nueve flores por nódulo; las flores varían entre 1,5 a 3 cm con pétalos de color lila y el fruto es una legumbre dehiscente que contiene de cuatro a ocho semillas en forma lenticular, circular o elíptica (Queiroz & Coradin, (s.f.)). La parte aprovechable de la planta (hojas y tallos tiernos) tiene un alto contenido de proteína cruda (18% - 25%) con una digestibilidad variable e intermedia (60% - 65%), dependiendo del estado de madurez de la planta.

Las leguminosas como *Cratylia argentea* tienen la propiedad de fijar nitrógeno en unos pequeños nódulos que se desarrollan en las raíces, colonizados por bacterias, las cuales transforman el nitrógeno que se encuentra en el ambiente, de tal forma que puede ser absorbido por las raíces de la planta, para luego ser transformado en proteínas que posteriormente se depositan en las hojas que servirán de alimento al ganado. (Rincón, *et al.*, 2007).

Este estudio tuvo como objetivo, caracterizar la propagación de las especies *Gmelina arborea* y *Cratylia argentea* Kunt en el CIMAZ Macagual, Florencia, Caquetá, Colombia.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Centro de Investigaciones Amazónicas CIMAZ Macagual se encuentra ubicado a 20 Km de Florencia, al sur del departamento del Caquetá (Figura 1), con cerca de 380 hectáreas dedicado a la explotación ganadera, con arreglos agroforestales. Localizado geográficamente 1°37'N y 75°36'W, a 300 m.s.n.m. con un clima AF según la clasificación de Copen, con bosque húmedo tropical, una altura de 250 m.s.n.m., temperatura de 25,5 °C en promedio, humedad relativa promedio de 76,3%, y precipitación de 3.793 mm al año. Las especies se propagaron en los germinadores del vivero perteneciente al CIMAZ.

Material vegetal

Para la especie *Gmelina arborea* se recolectaron los frutos de los árboles semilleros ubicados en el sistema agroforestal, situado al lado izquierdo del vivero, entre el sistema agroforestal “ahumado” y la plantación de arroz. (Figura 2). Por otro lado, se obtuvieron semillas del banco de proteínas *Cratylia argentea-Gmelina arborea* situado frente a la cancha de fútbol del CIMAZ. Mientras

que para *Cratylia argétea* se compró la semilla a un productor local.

Elaboración de sustratos

Por su efectividad y facilidad de obtención de materiales se requirió de bovinaza y horizonte A del suelo tamizado (280 kg); 60% (10.250 kg) de capa vegetal y 40% (750 kg) de arena; horizonte A (280 kg), Bocashi (100 kg) y suelo de vega (500 kg).

Análisis de calidad para las semillas de las dos especies según Normas ISTA

Se determinaron los siguientes parámetros: viabilidad y pureza, con cuatro repeticiones de 50g cada una.

Análisis estadístico

Los registros de campo para la altura se consignaron en hojas de cálculo Microsoft Office Excel 2007®. Dado que los datos presentaron distribución normal ($P>0,05$). Para señalar la diferencia entre las medias se efectuó la prueba Fisher con un nivel de significancia del 5%.

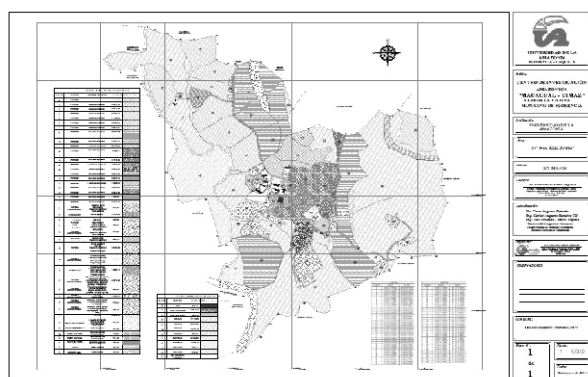


Figura 1. Centro de Investigaciones Amazónicas CIMAZ. (Estrada, 2011)

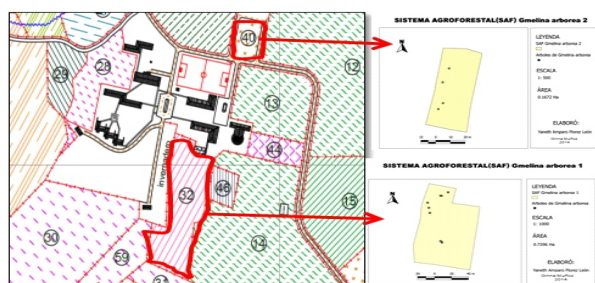


Figura 2. Ubicación de las fuentes semilleras en el CIMAZ Macagual.

Resultados y discusión

No se presentaron diferencias significativas para la altura en los cuatro muestreos ($M1=0,67$; $M2=0,84$; $M3=0,97$ y $M4=0,97$). Al comparar los promedios de altura entre las dos especies se observó diferencia significativa ($P<0,05$) según la prueba DMS. (Figura 3). Las curvas de crecimiento para las plantas de ambas especies indican que en los dos primeros muestreos el desarrollo fue bajo afectado por la disponibilidad de lluvia y la profundidad a la que éstas fueron sembradas.

Al realizar una prueba DMS para los promedios de las plantas entre cada muestreo, independientemente de los tratamientos con materia orgánica y bocashi, se encontró diferencias significativas ($P<0,05$) entre los monitoreos 1 y 2 para las dos especies, mostrando así que la altura se incrementó notoriamente en los monitoreos 3 y 4.

Se presentaron diferencias significativas entre los cuatro monitoreos, en donde el valor medio para las dos especies osciló entre 16,01 cm *Gmelina arborea* y 51,01 cm para *Cratylia argétea* en relación a la altura.

Utilizando el manejo agronómico desarrollado por Corpoica (2003) para la especie *Cratylia argétea*, se propagaron 800 plantas. Para *Gmelina arborea* se produjeron 150 plantas; de las cuales se midieron 40 plantas, en donde se observó una altura final de 16,01 cm en el último monitoreo registrado.

El análisis de calidad de semilla según normas ISTA 2005, mostró que, el porcentaje de pureza para *Gmelina arborea* fue de 72,55 % mientras que para *Cratylia argétea* se obtuvo el 43,28%. Por otro lado, el índice germinativo fue mayor en *Cratylia argétea* (75,82%) que en *Gmelina arborea* (22,09), debido a la manipulación en el trasplante, ya que se hizo en horas de la mañana con una temperatura de 30°C (Estación

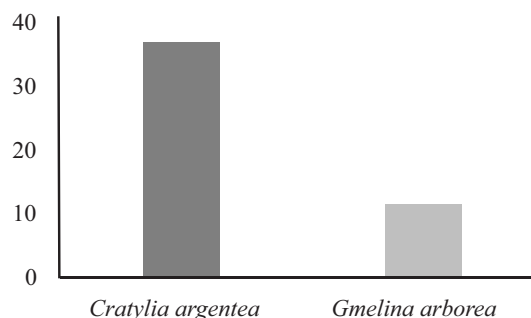


Figura 3. Altura (cm) promedio durante el estudio de las dos especies

Meteorológica CIMAZ Macagual, 2014).

Se puede concluir que las condiciones de CIMAZ Macagual son óptimas para la propagación de estas especies de alto valor nutricional, comercial y ambiental impulsando así el establecimiento de fuentes semilleras de relevancia; ya que son útiles para contrarrestar la deforestación que se evidencia en Centroamérica y que actualmente en la zona norte del departamento del Caquetá, los índices revelados son alarmantes representado con el 24,70 % a nivel nacional. Por otro lado, el análisis cualitativo de las semillas para *Gmelina arborea* recolectadas del CIMAZ manifestó que tienen condiciones para desarrollarse en el territorio con gran facilidad y con poca inversión económica.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Ingeniera Agrónoma Mercedes Mejía Leudo por sus contribuciones, consejos y dedicación en el direccionamiento del proyecto. También al señor Carlos Alfonso Cárdenas, viverista del CIMAZ por su tiempo, transmisión de sus conocimientos empíricos y colaboración.

Literatura citada

Argel, P.J. y Lascano, C.E. s.f. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: Nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. Asesor en forrajes tropicales, Apdo. Postal 55, 2200, San Jose, Costa Rica; y Coordinador del Proyecto Gramíneas y Leguminosas Forrajeras (Proyecto IP-5)²; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apdo. aéreo 6713, Cali, Colombia.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal de México). 1999. *Gmelina arborea*. Paquetes tecnológicos. México. 6p.

CORPOICA-CORPOBOYACA, 2006. Especies forestales para uso en sistemas agroforestales con cacao, una alternativa para el occidente de Boyacá. Bucaramanga. Ed. Produmedios.

CORPOICA, 2003. Manejo Agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe colombiana. Manual técnico. Centro de Investigación Turipaná. Cereté, Córdoba. Colombia. P. 26.

Estación Meteorológica CIMAZ Macagual, 2014. Universidad de la Amazonia.

Estrada, 2011. Actualización Mapa CIMAZ Macagual.

Universidad de la Amazonia.

Grabe, D. F. Measurement of seed Moisture. In Stanwood, P.C. & McDonald, M.B. (eds) seed Moisture. Madison, Wisconsin, USA. CSSA special publication No. 14:69-92.

Melo, O.; Martínez, E. & Rodríguez, N. Crecimiento y acumulación de biomasa aérea en árboles de *Gmelina arborea* roxb en áreas de bosque seco tropical en Colombia-Suramérica.

Ortega-P., S.C.; A. García-Guerrero, C-A. Ruíz, J. Sabogal. & J.D. Vargas (eds.) 2010. Deforestación Evitada. Una Guía REDD + Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación.

Pizano. 2007. Actividad forestal. <http://www.pizano.com.co>

Querioz, L. P. & Coradin, L. (s.f). Genero *Cratylia*. Informacoes taxonómicas e distribuicao geografica. 4 pag

Rincon, A. et al. 2007. Establecimiento, manejo y uso de La leguminosa arbustiva forrajera *Cratylia argentea* cv Veranera en El Piedemonte Llanero. Manual técnico N° 13. Corpoica-sede Villavicencio. 24 pag.

Rosero, et al. 2010. Sistemas de siembra de *Cratylia argentea* cultivar Veranera en dos localidades del valle del río Cauca, Colombia. 6 pag.

Silva, J. 2013. Caquetá, Meta y Guaviare, donde hay más deforestación en Colombia. El Tiempo. Redacción VIDA DE HOY. Agosto 5, 2013.

Silva, J. 2014. Elaboración de mapas SAF. Ingeniero Agroecólogo. Universidad de la Amazonia.

Sobrinho, J. M. & Nunes, M. R. 1995. Estudos desenvolvidos pela Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuaria com *Cratylia argentea*. En: Pizarro, E.A y Coradin, L. (eds.). Potencial del genero *Cratylia* como leguminosa forrajera. EMBRAPA, CENARGEM, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*, realizado el 19 y 20 de julio de 1995, Brasilia, Brasil. p. 53-61.

STDF, 2013. Cultivar Veranera (*Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze). Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con periodos prolongados de sequía

en Colombia. Cali: CIAT-Corpoica. 1 pag.

Zuluaga, J. et al. 2011. Experiencia de Desarrollo Forestal y Agroforestal en el Caribe Colombiano. Manual técnico elaborado por las contribuciones de CORPOICA, FORCARIBE, CONIF, UNICORDOBA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cerete, Córdoba. Colombia. 44 pág.

Yaneth Amparo Flórez León

Estudiante de Ingeniería Agroecológica. Universidad de la Amazonia.

Ginna Johanna Muñoz Suarez

Estudiante de Ingeniería Agroecológica. Universidad de la Amazonia.

Mercedes Mejía Leudo

Ingeniera Agrónoma, M.Sc.

Profesora de la Universidad de la Amazonia.

Coordinadora del Grupo de Investigación Año jogonami.

Miembro de la Fundación del Escudo Guayanés.

Miembro de la Mesa Forestal del Caquetá

Autor para correspondencia:

Email: leonamparo8@gmail.com

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS EN DOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE CACAO EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ

Yamil Hernando Rivera Cortes, Herman Eduardo Bernal Artunduaga, Rubén Darío Puerta Noreña, Javier Borda Lugo, Yudy Andrea Molina & Idaly Sánchez

Artículo recibido el 11 de noviembre de 2014, aprobado para publicación el 12 de abril de 2015.

Resumen

El estudio consistió en hacer un análisis comparativo de los costos de producción de cacao en el municipio de Cartagena del Chaira - Caquetá, mediante el sistema agroforestal; y el sistema Monocultivo (clon CCN51) implementado en Ecuador; para la realización del análisis del primer sistema se tomaron veinte mil plantas (10.000) de cacao sembrado en 4 veredas del municipio de Cartagena del Chaira, divididas en 5 has por vereda o núcleo y para el segundo sistema se referenció de la información final del estudio de viabilidad económica realizada en la finca San Miguel Guayaquil - Ecuador.

Palabras clave: Costos, Rentabilidad, Cacao, sistemas de producción.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COSTS IN TWO METHODS OF PRODUCTION OF COCOA IN THE DEPARTMENT OF CAQUETÁ

Abstract

The study consisted of a comparative analysis of the costs of cocoa production in the municipality of Cartagena del Chaira – Caquetá planted in agroforestry system, and planted in a monoculture system implemented in Ecuador. For performing the analysis of the first system, there were taken ten thousand plants of cocoa planted in 4 districts of the municipality of Cartagena del Chaira, divided into 5 hectares per village or group and for the second system was referenced from the final disclosure of economic feasibility study conducted in the San Miguel Guayaquil - Ecuador.

Keywords: Costs, Profitability, Cocoa, production systems.

Introducción

Según ICCO (international Cocoa Organization) la producción mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el periodo correspondiente al año 2011/2012 fue de 4.075 millones de toneladas en cosecha, concentrándose principalmente en África con el 71,3% (2.905 millones de toneladas), las Américas 15,7% (639 millones de toneladas) y Asia y Oceanía 13,0% (531 millones de toneladas); para el periodo 2012/2013 se espera que la producción mundial alcance los 4.003 millones de toneladas donde África siga liderando el rubro con 2.796 millones de toneladas, seguido por las Américas con 644 millones de toneladas y Asia y Oceanía con 563 millones de toneladas (ICCO, 2013).

En Colombia la producción registrada de cacao para el año 2010 fue de 42.294 toneladas, las cuales no son suficientes para el abastecimiento de materia prima de la industria chocolatera que puede llegar a ser de aproximadamente 55.000 toneladas anuales (sic, 2012). Colombia es un país con una producción deficitaria para atender su consumo interno según la superintendencia de industria y comercio en su informe de libre competencia en la cadena productiva del cacao 2012.

El cacao a nivel mundial es considerado un producto alimenticio que “desde el punto de vista tecnológico e industrial ha tenido un avance más lento, en comparación con otros productos” (Batista, 2009); facilitada por las características propias de la forma en cómo se cultiva a nivel nacional y mundial; fundamentada en una costumbre minifundista, cultivo alterno, mejoramiento - sostenibilidad genética y viabilidad - sustentación comercial.

Los estudios económicos realizados en las diferentes clases de producción, el impacto y rendimiento financiero han demostrado su validez práctica como “instrumento de gestión para el fomento de actividades productiva-comerciales, brindándole elementos de juicio a las instituciones promotoras en la toma de decisiones estratégicas” (Torres, 2012).

Las políticas implementadas por parte del gobierno nacional, con la intermediación de empresas públicas, privadas o mixtas regionales, han originado la necesidad de hacer énfasis económico en los diversos ítems que afecta la cadena del cacao.

La producción del cacao está limitada a las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Los

factores climáticos influyen en la producción de una plantación en la época de floración, brotamiento y cosecha (Manual cacao, 2004). Sobre la base de las consideraciones anteriores los sistemas de cultivo (monocultivo y agroforestal), se adaptan a los calendarios agroclimáticos para su producción y cosecha. La práctica del cultivo bajo sombra, cultivos pancojer (agroforestal) influye significativamente en la plantación, generando un microclima (impacto indirecto) principalmente en la radiación solar, viento y la humedad relativa, sin dejar de lado los factores del suelo, como la nutrición mineral, incidencia de plagas y enfermedades que influyen en su crecimiento y desarrollo; mientras que el sistema monocultivo impacta de forma más directa sobre el crecimiento, duración y producción del cacao, al ser afectados en mayor proporción por las condiciones climáticas y no poseer cultivos de sombra (CORPOICA, 2004).

La diversidad de productos derivados del cacao y su forma de consumo se han incrementado con el transcurrir de los años, utilizándose y formando casi en su totalidad como alimento básico para humanos y animales, así como en industria farmacéutica.

Materiales y métodos

La implementación del sistema agroforestal en la producción de cacao en el municipio de Cartagena del Chaira proyecto se inició en febrero del 2012, en las veredas cuba, Palmichales, Los Ángeles y El Cristal, municipio de Cartagena del Chaira, Caquetá.

Para la realización del proyecto, se utilizaron diez mil plantas distribuida en cinco ha por vereda o núcleo. Para la ejecución del sistema elegido en 1 ha, inicialmente se debe crear el vivero de clones de cacao, con el fin de facilitar la fase de sembrado. La identificación de los costos y gastos incurridos para el establecimiento del mismo se desglosa en el cuadro 1, con referencia en lo anterior, dichos costos aplicaran para los dos sistemas de producción sin variación alguna.

Cuadro 1. Identificación de los costos y gastos incurridos

DETALLES	TOTAL
1. INSUMOS	\$667.100
2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	\$203.500
3. MANO DE OBRA	\$255.000
Total Costos de Establecimientos (1+2+3)	\$1.125.600

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá.

Con la implementación del vivero, se garantiza el proceso de cultivo en los dos sistemas objeto de estudio; de acuerdo al preámbulo anterior se delimitaron los costos de implementación hasta su cosecha en el siguiente orden: sistema agroforestal, sistema monocultivo.

1. Sistema agroforestal

Los costos incurridos para el establecimiento de una hectárea de siembra nueva con cacao clonado - plátano - maderables (abarco) en el rubro de mano de obra y el rubro de insumos y otros se desglosa en el cuadro 2.

De acuerdo a la información mostrada en los cuadros anteriores, se resume en el cuadro 3, la inversión total por una hectárea para el cultivo de cacao en el sistema agroforestal.

2. Sistema monocultivo

Los costos incurridos para el establecimiento de una hectárea de siembra nueva con cacao clonado en el rubro de mano de obra se desglosan en el cuadro 4.

En el rubro de insumos y otros incurridos para poner en marcha el proyecto en el sistema monocultivo se establece en el cuadro 5.

De acuerdo a la información mostrada en los cuadros anteriores, se resume en el cuadro 6, la inversión total por una hectárea para el cultivo de cacao en el sistema monocultivo.

Ingresos sistema agroforestal

Luego de incurrir en los costos de implementación del cultivo y poner en marcha el proyecto, se inicia la etapa de explotación del mismo generando ingresos por la venta de los productos; y los cuales se especifican en los siguientes cuadros (7, 8 y 9).

Ingresos sistema monocultivo

En este mismo orden de ideas, los ingresos originados por utilizar el sistema de siembra monocultivo se determinan en el siguiente cuadro 10.

Costo/beneficio

Sobre la base de las consideraciones anteriores en la puesta en marcha (costos) y proyección (ingresos) originados por la implementación del sistema de producción más pertinente para el ejecutor; en relación a

Cuadro 2. Gasto incurridos para el establecimiento de una hectárea de siembra

DETALLE	AÑO 1	AÑO 2 - 5	AÑO 6-10	AÑO 11-15
VALOR JORNALES (precio promedio mercado año 2013; miles de peso)	25.000	25.000	25.000	25.000
TOTAL JORNALES ESTABLECIMIENTO	76	0	0	0
VALOR TOTAL JORNALES ESTABLECIMIENTO	\$1.900.000	0	0	0
TOTAL JORNALES MANEJO	74	319	380	380
VALOR TOTAL JORNALES MANEJO	\$1.850.000	\$7.975.000	\$9.500.000	\$9.500.000
TOTAL JORNALES COSECHA	0	105	200	200
VALOR TOTAL COSECHA Y BENEFICIO	\$0	\$2.625.000	\$5.000.000	\$5.000.000
VALOR JORNALES (1+2+3)	150	424	580	580
VALOR TOTAL MANO DE OBRA	\$3.750.000	\$10.600.000	\$14.500.000	\$14.500.000
COSTO TOTAL INSUMOS	4.381.000	3.226.460	2.715.000	2.715.000
EQUIPO Y HERRAMIENTAS	294000	524000	0	0
OTROS COSTOS (fletes, estudios, imprevistos)	460.000	299.500	1.080.000	1.173.000
TOTAL COSTOS INSUMOS EQUIPO, HERRAMIENTAS Y OTROS	5.135.000	4.049.960	3.795.000	3.888.000

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá.

Cuadro 3. Inversión total por una hectárea para el cultivo de cacao

ITEM	AÑOS 1	AÑO 2-5	AÑO 6-10	AÑO 11-15
TOTAL COSTOS DE ESTABLECIMIENTO (mano de obra + insumos+ vivero)	\$8.885.000	\$14.649.960	\$18.295.000	\$18.295.000
GASTOS DE ASISTENCIA TECNICA (10% valor total del establecimiento)	\$888.500			
TOTAL COSTOS PROYECTO	\$9.773.500	\$14.649.960	\$18.295.000	\$18.295.000

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá.

Cuadro 4. Costos incurridos para el establecimiento de una hectárea de siembra nueva con cacao clonado

DETALLE	AÑO 1	AÑO 2 - 5	AÑO 6-10	AÑO 11-15
VALOR JORNALES (precio promedio mercado año 2013; miles de peso)	25.000	25.000	25.000	25.000
TOTAL JORNALES ESTABLECIMIENTO, MANEJO Y COSECHA	90	319	565	565
VALOR TOTAL MANO DE OBRA	\$2.250.000	\$7.975.000	\$14.125.000	\$14.125.000

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá.

Cuadro 5. Rubro de insumos y otros incurridos

DETALLE	AÑO 1	AÑO 2-5	AÑO 6-10	AÑO 11-15
COSTO TOTAL INSUMOS	2.745.000	2.402.795	1.465.000	1.465.000
TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS	44000	524000	0	0
TOTAL OTROS COSTOS	160.000	299.500	1.080.000	1.136.000
TOTAL COSTOS INSUMOS EQUIPO, HERRAMIENTAS Y OTROS	2.949.000	3.226.295	2.545.000	2.601.000

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá.

Cuadro 6. inversión total por una hectárea para el cultivo de cacao

ITEM	AÑO 1	AÑO 2-5	AÑO 6-10	AÑO 11-15
TOTAL COSTOS DE ESTABLECIMIENTO (MANO DE OBRA + INSUMOS)	5.199.000	11.201.295	16.670.000	16.726.000
GASTOS DE ASISTENCIA TECNICA	-	-	-	-
GASTOS DE ASISTENCIA TECNICA (10% VALOR TOTAL DEL ESTABLECIMIENTO)	519900	-	-	-
TOTAL COSTOS PROYECTO (COSTO ESTABLECIMIENTO + ASISTENCIA TECNICA)	5.718.900	11.201.295	16.670.000	16.726.000

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá.

lo anterior en los siguientes cuadros (11 y 12) se contrastan la relación costo/beneficio de cada uno.

continuación la tasa interna de retorno (TIR) en los 2 sistemas de producción.

Los resultados anteriores en cuanto a la rentabilidad para el sistema agroforestal son de un total de \$4.474.440 y en el sistema monocultivo es de \$12.878.605.

TIR Sistema Agroforestal sin maderables: 7%
TIR Sistema Agroforestal con Maderables: 16%
TIR Sistema Monocultivo: 10%

De acuerdo a la información que antecede, se determina a

Cuadro 7. Cacao

INGRESOS	VALOR KILO (precio compra regional al año 2013)	KILOS 1 HAS	VALOR TOTAL (millones pesos)
2 Año	\$3.100	600	\$1.860.000
3 Año	\$3.100	700	\$2.170.000
4 Año	\$3.100	1200	\$3.720.000
5 Año	\$3.100	1500	\$4.650.000
6-15 Año de producción	\$3.100	15.000	\$46.500.000
TOTAL INGRESOS A 15 AÑOS			\$58.900.000

Fuente: Universidad Nacional, "Establecimiento de 100has en sistema agroforestal en el municipio del Peñón – Cundinamarca".

Cuadro 8. Platano

INGRESOS	VALOR KILO (2013)	KILOS 1 HAS	VALOR TOTAL (millones pesos)
1 Año de producción	\$8.000	500	\$4.000.000
2 Año de producción	\$8.000	400	\$3.200.000
3 Año de producción	\$8.000	300	\$2.400.000
		TOTAL INGRESOS A 3 AÑOS	\$9.600.000

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá.

Cuadro 9. Abarco

Arboles x Has	Año extracción	Cantidad metro cubico x Has	Valor venta metro cubico (mercado)
28	20	70	560.000
INGRESO POR VENTA DE ARBOLES MADERABLES (millones pesos)			39.200.000

Fuente: Fao.org "Valoración de la madera en pie".

Cuadro 10. Cacao

INGRESOS	VALOR KILO	KILOS 1 HAS	VALOR TOTAL (millones pesos)
2 Año	\$3.100	300	\$930.000
3 Año	\$3.100	600	\$1.860.000
4 Año	\$3.100	1200	\$3.720.000
5 Año	\$3.100	1800	\$5.580.000
6-15 Año de producción	\$3.100	18.000	\$55.800.000
TOTAL INGRESOS A 15 AÑOS			\$67.890.000

Fuente: Valoración económica y financiera de la sustitución de cultivos de cacao nacional *Theobroma cacao*, por un tipo de clon de cacao denominado ccn-51. caso finca san miguel, Guayaquil - Ecuador

Cuadro 11. Flujo de fondos sistema agroforestal

ITEM	AÑO 1	AÑO 2-5	AÑO 6-10	AÑO 11-15	TOTAL
(+) PLATANO	4.000.000	5.600.000			
(+) CACAO		12.400.000	23.250.000	23.250.000	
TOTAL INGRESOS	4.000.000	18.000.000	23.250.000	23.250.000	68.500.000
(-) ESTABLECIMIENTO + ASISTENCIA TECNICA	8.885.000	14.649.960	18.295.000	18.295.000	
(-) VIVERO	1.125.600				
(-) TERRENO (COMPRA) (precio promedio regional)	2.500.000				
TOTAL COSTOS Y GASTOS	-12.510.600	-14.649.960	-18.295.000	-18.295.000	-63.750.560
(=) UTILIDAD/PERDIDA	-8.510.600	3.350.040	4.955.000	4.955.000	4.749.440

Cuadro 12. Flujo de fondos sistema monocultivo

ITEM	AÑO 1	AÑO 2-5	AÑO 6-10	AÑO 11-15	TOTAL
(+) INGRESOS CACAO	0	12.090.000	27.900.000	27.900.000	
TOTAL INGRESOS	0	12.090.000	27.900.000	27.900.000	67.890.000
(-) ESTABLECIMIENTO + ASISTENCIA TECNICA	6.844.500	11.201.295	16.670.000	16.670.000	
(-) VIVERO	1.125.600				
(-) TERRENO (COMPRA) (precio promedio regional)	2.500.000				
TOTAL COSTOS Y GASTOS	-10.470.100	-11.201.295	-16.670.000	-16.670.000	-55.011.395
(=) UTILIDAD/PERDIDA	-10.470.100	888.705	11.230.000	11.230.000	12.878.605

La tasa de descuento usada para la obtención del VPN/VAN, se fundamentó con “una de las inversiones más comunes de los colombianos, CDT” (Banco de la República), que para el año 2012 promedió un pago por parte de los bancos de 2.94% efectiva anual, según la revista Dinero.

VPN/VAN: Sistema agroforestal sin maderables: \$2.314.886,86

VPN/VAN: Sistema agroforestal con maderables: \$27.949.215,87

VPN/VAN: Sistema monocultivo: \$7.471.347,28

Resultados y discusión

El uso de recursos monetarios y humanos, que incluyeron desde la compra y preparación del terreno, el vivero, manejo de la siembra, mantenimiento del cultivo, la mano de obra, el desgaste de herramientas, análisis de suelo, entre otros, hasta la etapa de producción en los dos sistemas (agroforestal y monocultivo). Los costos incurridos en el proyecto, se dividieron en tres fases: costos del vivero (\$1.125.600) y \$2.500.000 del precio del terreno (promediado), igual para ambos sistemas; \$8.885.000 para el primer año de producción para el sistema agroforestal y en un total de \$63.750.560 en 15 años iniciales de producción, en el sistema monocultivo en el primer año se incurrió en \$6.844.500, con un total de \$55.011.395 en 15 años iniciales de producción.

Se evidencia en la información anterior, una mayor rentabilidad en el sistema monocultivo, proporcionada por las condiciones de producción de dicho sistema, que son mayores en su etapa más productiva, pero en correlación con la siguiente información:

25 años, Tiempo de vida productiva estable cacao Agroforestal.

Fuente: Asociación departamental de productores de cacao y especies maderables del Caquetá

15 años, Tiempo de vida productiva estable cacao Monocultivo.

Fuente: Valoración económica y financiera de la sustitución de cultivos de cacao nacional *Theobroma cacao* L. por un tipo de clon de cacao denominado ccn-51. caso finca san miguel, Guayaquil - Ecuador

En referencia a la clasificación anterior (lapso de vida productiva) cabe resaltar que las condiciones Fito-sanitarias, mantenimiento adecuado de las áreas sembradas y renovación de los árboles, impactan y definen de manera directa la prolongación o limitación de la vida útil productiva.

Ahora bien, en los ingresos obtenidos por la implementación del sistema agroforestal establecidos en el cuadro 7, no se adicionan los beneficios aportados por

la venta de los árboles maderables (abarco), sembrados al inicio del proyecto productivo, originada en que su etapa productiva se establece al año 20 de haber sido sembrado, los costos de su sembrado, mantenimiento y fertilización están incluidos con los del cacao y plátano en el cuadro 3; Sobre la base de las consideraciones anteriores se determina que los ingresos obtenidos por la venta de la madera especificada en el cuadro 9, es un ingreso neto hacia el productor; aumentando considerablemente la rentabilidad de este sistema (agroforestal).

Respecto a los costos y gastos incurridos en el mantenimiento de la hectárea sembrada, la compra del terreno y teniendo en cuenta que el sistema agroforestal es un método muy adoptado por empresas familiares rurales (fincas) propias, proveída por la capacidad económica y organizativa; facilitando los procesos familiares productivos, que también contrastan con la **no** presencia de grandes empresas productoras o extractivas que efectúan principalmente el sistema monocultivo, con altos volúmenes de inversión y tecnificación.

Los sistemas se diferencian entre sí por:

- El uso de cultivos adicionales al cacao (agroforestal SI; Monocultivo NO)
- La distribución de la siembra.
- Cantidad de jornales.
- Empleo de fertilizantes y agroquímicos.
- Los costos de implementación.
- El impacto en el medio ambiente.
- Cantidad productiva.
- Duración del cultivo.

Los resultados obtenidos en los flujos de fondos relacionada en los cuadros 11 & 12, así como la tasa interna de retorno (TIR), adquiridos en el análisis de los datos aportados, indican que la opción que permitiría al productor de cacao lograr los máximos beneficios, estabilidad productiva en el tiempo y con las adecuaciones e ingresos adicionales, es el sistema de producción agroforestal, en relación a la afirmación anterior, cabe resaltar el aumento de la tasa interna de retorno (TIR) con la adición de los ingresos del abarco, el cual se establece en el 16%, brindándole al productor un margen más amplio de ingresos, permitiendo no solamente renovar las áreas sembradas, sino que además pensar en la expansión de su cultivo.

En este orden de ideas en relación con los datos surgidos en el VPN/VAN para los dos sistemas de producción contrastados en este artículo, se refleja la viabilidad económica en ambas metodologías de cultivo; No obstante, se resalta el VPN/VAN del sistema agroforestal con maderables, cuyo resultado (\$27.949.215,87)

fortalece la decisión económica por instaurar este sistema de producción por parte de los empresarios agropecuarios.

Para la producción en pequeños y medianos productores de cacao, es más factible utilizar de manera comercial el sistema de producción agroforestal, motivada por la “diversificación de producción, la protección y recuperación de suelos erosionados, fijación de nitrógeno, aprovechamiento de las dimensiones, protección de fuentes hídricas, fuente de alimentos, hábitos biodiversos y variación en la obtención de ingresos económicos” (Palomeque, 2009).

Conclusiones

Se determinó que los pequeños y medianos productores cacaoteros de la región, pueden realizar la inversión inicial y sostenimiento del cultivo, estos a su vez pueden ser ejecutados mediante recursos propios, apoyo del gobierno u otro organismo de diferente naturaleza.

En este orden de ideas, los gobiernos locales y nacionales a través de su política de “ley de tierra y desarrollo rural”, han creado o facilitado programas y mecanismos para la obtención de recursos que apoyan o subsidian al productor agropecuario organizado (asociaciones, cooperativas, etc) propiciando garantías y condiciones en el fortalecimiento de la producción, diversificación del mismo y sustitución de cultivos ilícitos.

Con los dos sistemas de producción aptos para nuestra región, es importante realizar estudios económicos y sociales previos, con el fin de buscar la forma más rentable de usar el sistema de cultivo que más se ajusta a las necesidades del inversionista (s).

Agradecimientos

Los autores agradecen a, ACAMAFRUT, a los docentes de la Universidad de la Amazonia Jean Alexander Gamboa Tabares, Yolanda Cuellar Medina, Jaime Andres Rodriguez Ortiz y Armando Gamboa Tabares por su colaboración en la asesoría, información y en la versión inicial del manuscrito.

Literatura citada

Batista, L. 2009. “Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF.

Dalmu Ramia, J. P. 2012. “Análisis comparativo de costos de producción de sorgo bajo los sistemas de siembra por filas y en grupos en U.S. Southern Great

Plains”. Departamento de administración de Agronegocios, Zamorano, Honduras.

ICCO (International Cocoa Organization). 2013. Production - Latest figures from the Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. Disponible en: http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/46-statistics-production.html.

SIC (Superintendencia de industria y comercio). 2012. “Cadena productiva del cacao: diagnóstico de libre competencia”. consultado en: <http://www.sic.gov.co/documents/10157/966cc188-0cff-4e45-bfc3-d5cc2807c6d4>

Universidad Nacional de Colombia. 2006. Informe final “Establecimiento de 100 Ha de Cacao en sistema Agroforestal en un esquema de agricultura limpia en el municipio del Peñón Departamento de Cundinamarca”.

Ministerio de Agricultura de Perú. 2004. “Programa para el desarrollo de la Amazonia: Manual del cultivo del Cacao”. consultado en: <http://www.slideshare.net/paolarizala/cacao-manual-cultivo>.

Sarmiento Pino, S. C.; Gamboa Tabares, J. A. & Velásquez Restrepo, J. E. 2011. “Desempeño Agronómico De Tres Clones De Cacao En Fase De Vivero En La Amazonia Colombiana” *Ingeniería y Amazonia*, Volumen 4 No 1.

Platen H, Von. 1993. “EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO CON LAURE Y PORÓ EN COSTA RICA” International Workshop on Financial and Economic Analysis of Agroforestry System.

Suárez Salazar, J. C.; Ibrahim, M. & Villanueva, C. 2010. “ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS SILVOPASTORILES EN GANADERÍAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO SECO DE NICARAGUA” *Ingeniería y Amazonia*, Volumen 3 No 2.

Santa Cruz Fernandez, V. 2008. “Análisis de la Cadena de Cacao en la Región Piura”. consultado en: <http://www.infoandina.org/sites/default/files/recursos/Resultado-de-cadena-de-valor-cacao-piura.pdf>.

Castillo, D. 2003. “Valoración De La Madera En Pie. Una Alternativa Para El Manejo Adecuado De Los Recursos Forestales”. consultado en: <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0167-A2.HTM>

Yamil Hernando Rivera Cortes

Docente de la Universidad de la Amazonia
Magíster en Administración.

Herman Eduardo Bernal Artunduaga

Estudiante del X semestre de Contaduría Pública,
Universidad de la Amazonia. Miembro activo del
semillero de investigación GICODER.

Ruben Dario Puerta Noreña

Estudiante del X semestre de Contaduría Pública,
Universidad de la Amazonia.

Javier Borda Lugo

Estudiante del X semestre de Contaduría Pública,
Universidad de la Amazonia.

Idaly Sánchez Becerra

Estudiante del X semestre de Contaduría Pública,
Universidad de la Amazonia.

Yudy Andrea Molina Barreto

Estudiante del X semestre de Contaduría Pública,
Universidad de la Amazonia.

COMPETENCIA DE NUTRIENTES EN CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) ASOCIADO BAJO SISTEMAS AGROFORESTALES

Brenda Yisseth Cerquera Rios, Carmen Juliana Ramírez Durán & Diego Armando Jiménez Carvajal

Artículo recibido el 15 de marzo de 2015, aprobado para publicación el 20 de mayo de 2015.

Resumen

Los sistemas agroforestales (SAF) con café tienen el potencial para armonizar objetivos de producción y ambientales, todo esto vinculado a la posibilidad de propiciar mayor diversificación de productos. La falta de información relacionada con la competencia de nutrientes que puede generar el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) asociado bajo SAF han inspirado la recopilación bibliográfica de temas como la competencia por nutriente entre cultivos, competencia de nutrientes en café, requisitos nutricionales en café, ventajas y desventajas de los SAF, a fin de construir un enfoque que sirva de apoyo a los diferentes productores del grano. Entre el café, el suelo y las especies arbóreas existen relaciones que condicionan las características físicas y organolépticas del grano, de igual manera que la configuración del dosel arbóreo y la presencia de árboles se relaciona con el rendimiento de la cereza

Palabras clave: Sistemas agroforestales, café, competencia de nutrientes, actividad fotosintética

NUTRIENT COMPETITION OF CROFFE CROP (*Coffea arabica* L.) ASSOCIATED WITH AGROFORESTRY SYSTEMS

Abstract

Agroforestry systems (AS) with coffee have the potential to harmonize production and environmental objectives. All of this is linked to the possibility of promoting greater diversification of products. The lack of information related to competition for nutrients that can be generated by the coffee crop (*Coffea arabica* L.) associated with AS have inspired the bibliographic compilation of topics such as the competition for nutrient between crops, nutrient competition in coffee, nutritional requirements in coffee, advantages and disadvantages of the AS, in order to build an approach that supports the different grain producers. Among the coffee, the soil and the tree species there are relationships that condition the physical and organoleptic characteristics of the grain, in the same way that the configuration of the tree canopy and the presence of trees is related to the yield of the cherry.

Keywords: Agroforestry systems, coffe, competition for nutrient, photosynthetic activity

Introducción

El café se cultiva en más de 80 países, de Latinoamérica, África y Asia; adicionalmente, se encuentra entre los productos agrícolas más valiosos del mundo, el cual proporciona medios de subsistencia para 25 millones de familias campesinas aproximadamente e involucra a más de 100 millones de personas en su producción y procesamiento (Panhuysen y Pierrot, 2014). De acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros FNC de Colombia (2012) el café es uno de los productos nacionales más comercializados en el exterior y de más importancia para la economía colombiana. El número de familias productoras beneficiadas económicamente del cultivo del café es de 550.000 familias; distribuidas en 595 municipios, que representa el 54 % del área total de los municipios de Colombia, localizados en 22 departamentos caficultores (FNC, 2010; FNC, 2011; FNC, 2014; GEO-SIC@, 2014). En Colombia las zonas más productoras de café se encuentran entre 200 y los 2.200 m.s.n.m. (GEO – SIC@, 2014) y de acuerdo con la

FNC (2011) generalmente entre 1.200 y 1.800 msnm, constituye el ambiente perfecto para el cultivo del café suave colombiano. La producción registrada de café en Colombia creció 28% en el primer trimestre de 2014, como resultado de la reconversión del parque cafetero con variedades resistentes a plagas y a un mayor potencial de producción; así mismo, la producción cafetera entre los meses abril (2013) y marzo (2014) superó los 11,4 millones de sacos de 60 kilos, gracias a condiciones climáticas normales (FNC, 2014).

El envejecimiento de los cafetales y los altos precios de insumos agrícolas llevaron a generar estrategias de renovaciones de cafetales (Cano *et al.*, 2012) por consiguiente para el año 2012 bajó la producción del país (FNC, 2014). En este sentido, la diversificación de cafetales por medio de los SAF logra obtener beneficios directos como la obtención de productos múltiples, mejora las características físico químicas y biológicas del suelo logrando minimizar los efectos erosivos y un mejor microclima para la producción de café (Muschler, 2000;

Montenegro, 2005). Igualmente pueden verse como una alternativa para el uso y manejo de los recursos naturales en regiones tropicales y sub tropicales; estos pueden ser utilizados en diferentes escalas geográficas y ecosistemas frágiles como estables, a nivel de subsistencia o comerciales, cumpliendo diferentes funciones de importancia en los sistemas (Gliessman 2002 y Montenegro 2005). Sandoval y Mendoza (2013) mencionan que los sistemas de café con sombra proporcionan un beneficio ecológico a corto plazo, también en un futuro proporcionarán altos ingresos al productor a través de la venta de leña, madera y frutos.

Según informes del Sistema de Información Cafetera SICA de la FNC, actualmente, el área cultivada con café en Colombia es de 927.815 ha; de las cuales, 857.018 ha están establecidas con variedades de porte bajo y 70.797 ha de porte alto, 308.990 ha están con algún tipo de sombrío o sombrío ralo y 102.913 ha bajo sombrío (Farfán, 2014; GEO – SIC@, 2014). En los sistemas de cultivo bajo sombrío la densidad de siembra promedio es de 4.900 cafetos por ha y la edad promedio de los árboles es de 10 años. En Colombia el café es un cultivo que se planta a plena exposición solar, pero es común observar plantaciones establecidas con varios tipos y cantidades de cobertura arbórea, es decir, existe una gran cultura agroforestal con café, dadas las diversas condiciones climáticas y suelo de nuestras zonas cafeteras (Farfán, 2014).

Los SAF son la interacción bioeconómica de un componente leñoso y perenne con cultivo y/o animales asociados en forma simultánea o secuencial que incorporan cuatro características importantes: estructura, sostenibilidad, productividad, adaptabilidad cultural y socioeconómica Montenegro (2005). Los SAF con café tienen el potencial para armonizar objetivos de producción y ambientales, todo esto vinculado a la posibilidad de propiciar mayor diversificación de productos, integración de estos sistemas en el paisaje como corredores biológicos para fauna y flora, almacenamiento y captura de carbono, microclima adecuado para el cultivo de asocio y/o animales, reciclaje de nutrientes de los árboles a partir de la biomasa, mayor equilibrio entre organismos vivos, reducción de la dependencia de insumos externos, y una mejor posibilidad de adaptación al cambio climático (Virginio *et al.*, 2013; Terán, 2013; Montagnini *et al.*, 2015).

Para evitar la competencia se deben escoger diversidad de especies que permitan a los cultivos de ciclo corto y raíz poco profunda hacer un aprovechamiento de la capa superficial enriquecida producto del ciclaje de la materia

orgánica de las copas de los árboles, se debe tratar de evitar al máximo las interferencias, la competencia por nutrientes y agua, aumentando las interacciones complementarias (Marín, 2011).

Con base en lo anterior, se plantea la revisión bibliográfica sobre la competencia por nutriente entre cultivos, competencia de nutrientes en café, requisitos nutricionales en café, ventajas y desventajas de los SAF; con el objetivo de conocer la competencia de nutrientes que puede generar el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) asociado bajo SAF.

Competencia por nutrientes entre cultivos

La competencia se define como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento (sustrato, nutrientes), siempre y cuando la utilización de éste por uno de los organismos reduzca la cantidad o espacio disponible para los demás (Infante *et al.*, 2009).

La disponibilidad de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) para las plantas, no solo depende de su contenido en el complejo de cambio y en la solución, sino también de la competencia que se puede presentar entre estos elementos; comportamiento que varía de acuerdo a la selectividad catiónica de los suelos, lo que a su vez disminuye la pérdida de nutrientes en horizontes menos profundos (Sadeghian, 2012; Isaza, 2014). Existe un aumento de elementos como K hasta más de tres veces su concentración debajo del cafeto teniendo en cuenta que el agua atraviesa el dosel en un SAF café – pino (*Pinus Sylvestris* L.) de lo que se puede deducir que este elemento es lavado de las estructuras del dosel, y su alto poder de ionización en agua lo hacen un elemento más móvil en estos arreglos (Arroyave, 2012). El C es uno de los mayores elementos demandados en el SAF café – cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) llegando a concentrarse hasta 115 ton ha⁻¹ en la parte aérea en lo que tiene que ver con sistemas sometidos a manejo agropecuario, debido a que el *A. fraxinifolius* tiene un rápido crecimiento por encima de la mayoría de especies y tiene una gran demanda de C, lo que podría considerarse como una competencia (Espinoza *et al.*, 2012). Pero aparte de que contribuyen en la cantidad de C total en el suelo, la respiración basal y la mineralización de nutrientes, también contribuye a la calidad final del grano, en comparación con monocultivos de café (Nonato *et al.*, 2012).

La competencia por nutrientes y agua, principalmente a nivel radicular, entre el componente arbóreo y el cultivo,

está relacionado con la densidad de plantas debido a la estructura y composición del sistema, donde la radiación fotosintéticamente activa (RAFA) se convierte en un recurso limitante, por la disminución desde el dosel hasta el piso del cultivo (Borja *et al.*, 2012; Molina, 2012). Según Montenegro (2005), y Manson *et al.*, (2008) los SAF se caracterizan por podas frecuentes para reducir la competencia con los cultivos (especialmente la radiación solar), aumentar la biomasa del suelo e incorporar nutrientes al sistema. Además, las arvenses generan pérdidas en los sistemas de producción por la competencia por nutrientes y espacio; igualmente, aumentan la humedad relativa creando microclimas que favorecen el establecimiento de patógenos y plagas (ICA, 2012).

La conservación del contenido de materia orgánica contribuye a una mejor retención de nutrientes y en consecuencia eleva la fertilidad del recurso suelo, para esto se debe tener cuidado al realizar las labores agrícolas de no remover la materia orgánica y adicionar los residuos de las cosechas agrícolas o vegetales muertos sobre el terreno (Quisoboni, 2014); en sí la materia orgánica descompuesta de la hojarasca no aporta una cantidad considerable de nutrientes al suelo, pero si mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas favoreciendo a los nutrientes que estén disponibles para las plantas, a la vez que se retiene agua, se forman agregados y se disminuye la densidad aparente (Mancilla, 2012). Otros parámetros de la calidad del suelo como C orgánico total, respiración del suelo y la tasa de mineralización de nutrientes también contribuyen al mejoramiento de la calidad en la producción del café, en comparación con los monocultivos (Nonato *et al.*, 2012).

El asocio de maíz (*Zea mays* L.) más gandul (*Cajanus cajan* L.), mediante el sistema de un surco de maíz más un surco de gandul, se pueden obtener producciones de 54,80 l ha⁻¹ de maíz y 164,85 l ha⁻¹ de biomasa de gandul, también reporta que las plantas no tuvieron ningún signo de estrés, compartieron luz y agua; hubo poca competencia por los nutrimentos del suelo (Guerra, 2012). Cabe resaltar, que la producción en monocultivo de maíz en Colombia es de 688.000 l ha⁻¹.año⁻¹, datos registrados por el DANE (2011), además la producción de gandul es de 110.579 ton ha⁻¹.año⁻¹ (Arias *et al.*, 2007).

Tirabanti (2011) recomienda la Shaina (*Colubrina glandulosa* var. *glandulosa*) dispuesta en barreras rompe vientos y linderos; de lo contrario en asocio con café puede ocasionar competencia y alelopatía, a diferencia del Cedro (*Cedrela odorata* L.) asociado con café presenta buen crecimiento y desarrollo de *Tithonia*

diversifolia (Hemsl). A Gray. comúnmente conocido como girasol mexicano es un miembro de la familia Asteraceae, perenne. Velasco *et al.* (2014) considera como maleza de hoja ancha y ramificada encontrada entre las plantaciones de café, su asocio no es recomendable debido a que en poco tiempo forma competencia con otras plantas y el crecimiento de su biomasa se evidencia con una alta capacidad de adquirir nutrientes del suelo.

Castro *et al.* (2012) reportan que especies como la Suingle (*Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr.) y Ficus (*Ficus benjamina* L.) deben ser sembradas lejos de tuberías debido a que sus raíces buscan el agua, las envuelven y las dañan; pues el uso de estas está relacionado a cercas y linderos teniendo en cuenta ante todo que no deben ser sembradas con café debido a que generan competencia con el cultivo.

En el sistema café - Guamo (*Inga* sp.) – Carbonero (*Albizia carbonaria*, Britton), con fertilizaciones orgánicas de 4,0 kg planta.año⁻¹ del abono orgánico, se alcanzaron producciones de 3.005 kg ha⁻¹ de café pergamino seco (c.p.s.), en promedio, con 554 kg ha⁻¹ de c.p.s. más que cuando no se realiza la fertilización; es decir, si se fertiliza el café se obtiene un incremento del 22% al compararse con el café sin fertilización (Farfán y Sánchez, 2014).

En estudios realizados con el superfosfato simple y el termofosfato magnesiano se mostraron eficientes en el suministro de P para el cafeto, sin diferencias significativas en las fuentes lo que lleva a mostrar una opción para planes de fertilización con resultados esperados en suelos donde existe baja disponibilidad de un elemento como el Fósforo (Días, 2012). En relación a la pérdida de nitrógeno en la cosecha, la combinación de (*Samea saman* Jacq. Merrill + *Inga laurina* (Sw.) Willd.) presenta un acumulado de 513,6 kg de N en la hojarasca, lo que es una cantidad significativa para el productor y garantía para la implementación de un sistema con estas especies (Reyes y Rodríguez, 2014).

Para el cultivo de café se deben considerar varios factores, entre estos tenemos cantidad de lluvia y su distribución, la variación estacional, la topografía, el tipo de suelo, las prácticas culturales dominantes, la especie y la cantidad de otras plantas cultivadas en asociación con los árboles de café ya que esto puede generar competencia (Melke y Itana, 2015).

La competencia entre elementos menores tiene una interacción negativa entre el K, Ca y Mg catiónico, y Cl, S y P aniónico que pueden generar desequilibrio en la

nutrición (Clemente *et al.*, 2013).

Competencia de nutrientes en café

Entre el café, el suelo y las especies arbóreas existen relaciones que condicionan las características físicas y organolépticas del grano, de igual manera que la configuración del dosel arbóreo y la presencia de árboles se relaciona con el rendimiento de la cereza (Suárez *et al.*, 2014).

Un componente importante en los SAF es el herbáceo, puesto que este cubre y protege el suelo y la biodiversidad en los sistemas asociados con café, aunque algunas hierbas pueden competir significativamente por agua y nutrientes, dentro de las más comunes cabe resaltar, *Drymaria cordata* L., *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius., *Spananthe paniculata* Jacq., *Digitaria sanguinalis* L., *Hydrocotyle umbellata* L., *Borreria laevis* Lam., *Cyperus tenuis* Sw., *Phyllanthus niruri* L., *Cyperus luzulae* L., *Mimosa pudica* L., *Dichromena ciliata* Vahl., y *pseudelephantopus spicatus* Sw. (Montagnini *et al.*, 2015).

Según Vega *et al.* (2014) en el sur de Colombia las especies más representativas para el componente arbóreo en los SAF es el cachimbo (*E. poeppigiana*) y en el componente herbáceo el plátano (*Musa* spp.), usados por su beneficio en cuanto a fruto, sombrero, rápido crecimiento y morfología. Entre el componente arbóreo y el cultivo se da una competencia a nivel radicular por agua y nutrientes, lo cual es una forma de interacción importante y su efecto está directamente relacionado con la densidad de siembra, el manejo, la disponibilidad de agua y de nutrientes.

Las raíces del café se localizan en los primeros 90 cm de profundidad, pero en los primeros 10 cm se localizan hasta un 50% de las raicillas llegando a extenderse de 2 a 2,5 m, alrededor de la planta, este concepto ayuda a la planificación de los sistemas para conocer que puede generarse competencia con los árboles de sombra por nutrientes (Ortega, 2012). Por ejemplo, las podas pueden generar la mortalidad de raíces finas lo que afectaría la absorción de minerales (Molina, 2012).

Romero (2006) argumenta que, en sitios con elevaciones mayores, la producción al sol también declina, debido a temperaturas más bajas y, posiblemente, a daños por el viento; también menciona que en condiciones sub-óptimas, la asociación con árboles para proyectar una sombra intermedia y moderar los extremos microclimáticos, puede aumentar la producción con respecto a los cafetales a pleno

sol, siempre y cuando la competencia por nutrientes o agua no sea seria, aunque la sombra en cafetales, en zonas óptimas, reduciría la producción, los beneficios ecológicos de los árboles asociados, a través del reciclaje de nutrientes y la adición de materia orgánica, causarían que la reducción en el sistema arbolado sea relativamente menor que en un cafetal al sol, por ende los árboles asumirían un rol más importante.

Requisitos nutricionales de café

El café tiene una mayor demanda de Potasio en edades tempranas de crecimiento donde necesita crear tejidos, pero en especial el llenado de los granos (Cuzato *et al.*, 2014). Para la formación de los frutos, los cafetales demandan una alta cantidad de potasio y nitrógeno; menores proporciones calcio, fósforo, magnesio y azufre que utilizan para satisfacer estas necesidades y obtener buenas cosechas; se hace necesario establecer un adecuado plan de manejo de la fertilidad del suelo a través de la aplicación oportuna de fertilizantes y enmiendas (Sadeghian *et al.*, 2013).

En aspectos de fertilización, el café interactúa con las especies a su alrededor, el tipo de suelo y la competencia o beneficio que estas representan, por ejemplo, las aplicaciones de cal pueden tener efecto positivo en la corrección de pH de los suelos y efectos positivos de producción de café en suelos de textura fina (Ortez y Zavala, 2014).

De manera general, concentraciones de macro y micronutrientes en las plantas jóvenes de café son influenciadas por la presencia de gramíneas “malezas” que conviven en el mismo ambiente, con tendencia de menores concentraciones de nutrientes en las hojas del cultivo (Fialho *et al.*, 2012). Por lo tanto, la competencia por los nutrientes con gramíneas es un fuerte factor que limita el crecimiento de plantas de café debido a que ambas raíces están en las capas superficiales (Carvalho *et al.*, 2013).

Ventajas y desventajas de los SAF

Las ventajas de los SAF adoptados con el cultivo del café permiten presentar diferentes arreglos y disposiciones que deben ir acorde a factores ambientales del sitio donde se vaya a emplear el sistema y especies arbóreas asociadas con características idóneas, que no causen pérdidas de la radiación solar y competencia de nutrientes (Noscue, 2014). En todas las zonas cafeteras de Colombia esta asociación del componente arbóreo regulariza la florescencia y la maduración del fruto, el

café que crece a pleno sol florece y la maduración del grano es irregular durante todo el año (Durán, 2011).

Molina (2012) otorga que el uso de árboles de *Cordia alliodora* L. como sombra en los cafetales, proporciona ventajas en el aumento del contenido de materia orgánica con la caída de hojas y ramas, disminuye la proliferación de malezas en el cafetal, debido a la menor cantidad de luz que ingresa al suelo, en el caso de las leguminosas fija nitrógeno atmosférico, disponibilidad de agua en el suelo e ingresos adicionales al café por venta de productos maderables (leña, postes, brotones, frutos, madera de aserrío, etc.).

Es característico que los SAF poseen muchas ventajas sobre los monocultivos para proveer servicios ambientales importantes (Jiménez, 2012) como es la conservación de la biodiversidad, Cerdán (2007) estudió el conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de los productores cafetaleros de Talamanca, Costa Rica. Resaltando que las ardillas (*Sciurus* spp.) y yigüirros (*Turdus grayi*) como especies que pueden hospedarse en *E. poeppigiana* y ser parte de la biodiversidad de fauna en la zona. Sin embargo, *Turdus grayi* Bonaparte., es considerado como una especie de ave que puede disminuir la cantidad de avifauna presente (Virginio y Monge, 2008), debido a la competencia por alimento. Jiménez (2012) en su estudio en cafetales con árboles resguardan un 12% de la fauna de aves encontrada en Costa Rica.

Flórez *et al.*, (2002) demostró la importancia del cafetal para la diversidad funcional de abejas. El hábitat café con sombra y alta cobertura de maleza mostró la mayor riqueza registrando 32 especies, seguido por 26 especies en bosque ripario, 12 especies en café con sombra y baja cobertura de malezas y ausencia total en los cafetales a pleno sol. El género *Inga* es reportado frecuentemente como fuente melífera para abejas, coincidiendo con los registros tomados sobre *Inga edulis* Mart. que sobresalieron por la diversidad.

El cultivo de café es una leñosa perenne que puede ser significativa para la conservación del suelo, donde el cultivo sujeta el suelo Virginio y Monge (2008). Los árboles de sombra en cultivos perennes aportan hojarasca y residuos de podas que cubren el suelo y reducen el impacto de las gotas de la lluvia, así como la velocidad de escorrentía, erosión, mejoran su estructura, el contenido de N y la retención de nutrientes (Beer *et al.*, 2003; Durán, 2011). Un servicio ambiental menos estudiado según Beer *et al.* (2003) es el potencial que tiene los SAF en asegurar el suministro de agua (cantidad y calidad).

Según Cerdán (2007) y Jiménez (2012) consideran que el rol de los SAF en la provisión y regulación de agua se da principalmente de tres maneras: uno, incrementando la interceptación por medio de la cobertura arbórea del agua de la lluvia y la niebla; dos, modificando las propiedades físicas del suelo causando una reducción en la erosión y un incremento en la infiltración; y tres, protegiendo los cuerpos de agua por medio de la cobertura arbórea, en sus estudios demostraron que la interceptación de lluvia fue de 7,5 y 16% en plantaciones de café asociadas con *E. poeppigiana* podada periódicamente (555 árboles.ha⁻¹) o *C. alliodora* sin podar (135 árboles.ha⁻¹), respectivamente.

De acuerdo con Kanten *et al.* (2004) las interacciones de café con árboles sobre los efectos biofísicos como la temperatura y vientos, en condiciones sub-óptimas la sombra de los árboles ayuda a reducir las oscilaciones y la magnitud de la temperatura foliar de los cafetos. Estudios realizados en la radiación solar en Costa Rica revela que los niveles de RAFA en un cafetal con sombra de *E. poeppigiana* fueron similares a un cafetal a pleno sol (Kanten *et al.* 2004). Por el contrario, Siles (2002) revela que árboles maderables como *Terminalia ivorensis* A. Chev. disminuyeron la RAFA disponible para el café hasta 63% respecto a pleno sol y *Eucalyptus deglupta* Blume. 70% durante la época seca. Sin embargo, *T. ivorensis* presenta cambios más abruptos de RAFA que pueden producir daños en el sistema fotosintético de los cafetos.

Dentro de las desventajas de los sistemas agroforestales se destacan la competencia de los componentes vegetales por nutrientes, agua y luz, un efecto alelopático, la mecanización por la extracción de árboles en el sistema y la acción del goteo de las copas de árboles que causa ataques fúngicos por una alta humedad (Vásquez, 2014). En sistemas manejados intensivamente es muy común que lo anterior provoque pérdidas de gran cantidad de nutrientes (Fournier, 1981).

Los árboles, pueden perjudicar el cafetal al redistribuir precipitación, dependiendo del tipo de especie y las hojas que estas posean Beer *et al.* (2003) la sombra utilizada en forma excesiva puede significar una disminución en los rendimientos del cafetal Jiménez (2012). Méndez *et al.* (2009) muestran que existe un conflicto entre la diversificación de provisión de servicios y de los rendimientos del principal producto agrícola.

Jiménez (2012) asegura que los árboles de sombra también pueden significar un efecto sobre la calidad del cultivo; Muschler (2001) afirma que se puede mejorar la

calidad del café, sobre todo en condiciones sub-óptimas, porque influye en el peso y tamaño del grano en un 20 a 29% más que a pleno sol (dependiendo de la variedad del café), lo que produce mayor cuerpo y acidez al café. En un estudio en Costa Rica se encontró que la producción de cerezas de café fue mayor bajo la sombra más estable de *E. deglupta* a lo largo del año, en comparación con asociaciones como *E. poeppigiana* y *T. ivorensis* (Kanten *et al.*, 2004).

El cultivo de café es una especie de sotobosque, debido a esto es considerada como una especie que crece bien bajo sombra (Bunn *et al.*, 2015). Sin embargo, la influencia de árboles de sombra depende mucho de las condiciones del suelo y clima en cada sitio; además de las características de las especies y su manejo (Siles, 2002). En condiciones sub - óptimas una sombra entre 40 y 80% es lo más deseable y favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo del sotobosque como café. Muschler (2001).

En la distribución de luz en los SAF es transmitida por las copas de los árboles puede ser un factor limitante para el desarrollo productivo del café. Esta luz disponible para el cafetal depende del crecimiento del dosel y de la arquitectura de las especies arbóreas presentes en el mismo (Leroy *et al.*, 2009). Sin embargo, no toda la sombra en el cultivo es proveniente del dosel, también influyen factores de sitio como la latitud, exposición y pendiente; sombra lateral; y nubosidad local (Somarriba, 2004).

Las asociaciones como *C. alliodora* proporciona aumento en el contenido de materia orgánica por la caída de hojas y ramas, disminuye la proliferación de malezas, debido a la menor cantidad de luz que ingresa al suelo; los niveles de RAFA en un cafetal con *E. poeppigiana* es similar a un cafetal a pleno sol. Árboles maderables como *T. ivorensis* y *E. deglupta* disminuyen la RAFA en un 63% y 70% respectivamente, y pueden ocasionar daños en el sistema fotosintético de los cafetos. Las asociaciones adecuadas de café con SAF están dadas al cumplir con las exigencias de la zona y manejo. Así mismo, se recomienda elaborar estudios sobre el potencial que posee los SAF en la cantidad y calidad de suministrar agua.

Conclusiones

Se debe considerar las condiciones agroecológicas de cada sitio, para poder determinar la mejor asociación de especies en el cultivo del café, además de establecer una distancia entre especies adecuadas que permita disminuir las desventajas antes mencionadas.

Los SAF con café son una alternativa muy validada para la economía familiar y la conservación del ambiente siempre y cuando se realice una planificación adecuada del mismo.

Literatura citada

Arias J, R.; Rengifo T, M. & Jaramillo M, C. 2007. Manual técnico. Buenas prácticas agrícolas (BPA). En la producción de frijol voluble. Colombia, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia (MANA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación "La Selva". Consultado 14 sep. 2015. Disponible en <http://www.sic.gov.co/drupal/masive/datos/Cadena%20productiva%20del%20ma%C3%ADz.pdf>.

Arroyave, M. 2012. Dinámica del agua y los nutrientes solubles en agro sistemas cafeteros. Tesis de grado para optar el título de Magister en Bosques y Conservación Ambiental. Medellín, Antioquia, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 95p.

Beer J, C.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand J, M; Somarriba, E. & Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas 10(37): 37-28.

Borja H, J.; Patiño S., E.; Ortiz C, E. & Ramirez J, F. 2012. Rendimiento del *Solanum quitoense* Lam, en monocultivo y cultivos mixtos en una región del Urabá, Colombia. Revista Politécnica 14: 77-84.

Bunn, C.; Läderach. P.; Ovalle O., R. & Kirschke, D. 2015. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. Climatic Change 129: 89-101.

Cano C., G.; Vallejo C., M.; Caicedo E., D. Amador J, S. & Tique E., Y. 2012. El mercado mundial del café y su impacto en Colombia (No. 009612). Colombia, Banco de la república. Consultado 14 sep. 2015. Disponible en http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/be_710.pdf

Castro L, V.; Suarez J, C. & López C, F. 2012. Conocimiento Local De Los Servicios Ecosistémicos En Arreglos Agroforestales De Café (*Coffea arabica* L.) Del Sur De Colombia. Ingenierías & Amazonia 5(1): 17-29.

Carvalho L, B.; Alves P, L. & Bianco, D. 2013.

Sourgrass densities affecting the initial growth and macronutrient content of coffee plants. *Planta Daninha, Viçosa* 31(1): 109-115.

Cerdán C., C. 2007. Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de cafeticultores del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 69 p.

Clemente J, M.; Prieto H, E.; Corrêa L, A. & Rosa M, C. 2013. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. *Revista Ceres* 60(2): 279-285.

Cuzato M, A.; Peres R, S.; Costa C, A. & Spadotti G, A. 2014. Effect of potassium sources and rates on arabica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38: 1448-1456.

Dias K, G. 2012. Fontes e doses de fósforo para o cafeeiro: produtividade, dinâmica de nutrientes no solo e nutrição mineral das plantas. Brazil, Universidad General de Lavras. Consultado 09 nov. 2015. Disponible en http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/355/1/DIS_SERTA%20de%20F%20C%20B3sforo%20para%20o%20cafeiro%20%20produtividade,%20din%20mica%20de%20nutrientes%20no%20solo%20e%20nutri%20A7%20C%20A3o%20mineral%20das%20plantas.pdf.

Durán, F. 2011. Cultivo del café. Colombia. Grupo Latino Editores S.A.S., ISBN 9789587360073. Colombia. 508 p.

Espinoza W, D.; Krishnamurthy, L.; Vázquez A, A. & Torres A, R. 2012. Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(1): 57-70.

Farfán V, F. 2014. Agroforestería y sistemas agroforestales con café. Manizales, Caldas. Blanecolor S.A.S., ISBN 9789588490168. Colombia. 342 p.

Farfán V, F. & Sánchez P, M. 2014. Producción sostenible de café bajo estructura arbórea diversa. *CENICAFÉ* 65(1): 27-33.

Federación Nacional de Cafeteros FNC. 2010. Nuestras Regiones cafeteras. Colombia. Consultado 01 nov. 2015. Disponible en http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe/regiones_cafeteras/.

Federación Nacional de Cafeteros FNC. 2011. Sostenibilidad en Acción 1927 – 2010. Colombia. Consultado 01 nov. 2015. Disponible en https://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/informe_sostenibilidad_esp.pdf.

Federación Nacional de Cafeteros FNC. 2012. Sistema de Información Cafetera SICA. Plataforma de información. Colombia. Consultado 20 may. 2015. Disponible en http://www.federaciondefcafeteros.org/particulares/es/servicios_para_el_cafetero/sistema_de_informacion_sica/

Federación Nacional de Cafeteros FNC. 2013. Sostenibilidad en acción 1927 – 2010. Colombia. Consultado 16 oct. 2015. Disponible en https://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/informe_sostenibilidad_esp.pdf.

Federación Nacional de Cafeteros FNC. 2014. Por la caficultura que queremos. LXXX Congreso Nacional de Cafeteros. Colombia. Consultado 28 sep. 2015. Disponible en https://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/IGG_2014.pdf.

Fialho C, M.; Silva A, A.; Faria A, T.; Torres L, G.; Rocha P, R. & Santos J, B. 2012. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. *Planta Daninha, Viçosa* 30(1): 65-73.

Flórez J, A.; Muschler, R.; Harvey C.; Finegan, F. & Roubik, D. 2002. Biodiversidad funcional en cafetales: el rol de la diversidad vegetal en la conservación de abejas. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 29-36.

Fournier L, A. 1981. “Análisis y comentario”. Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agronom. Costarr* 5(1-2): 141-147.

Glissman S, R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Editorial LITOCAT, ISBN 9977-57-385-9. Turrialba, Costa Rica. 359 p.

Guerra O, N. 2012. Evaluación agro – financiera de tres sistemas de maíz + leguminosas y lombriabono; y su efecto en la recuperación del suelo en la estación experimental y de prácticas de la universidad de el Salvador. Salvador. Consultado 28 de oct. 2015. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/3062/1/13101358.pdf>.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 2012. Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer. Medidas para la temporada invernal. Produmedios, Bogotá, Colombia. 28 p.

Infante, D.; Martínez, B.; Gonzales, N. & Reyes. Y. 2009. Mecanismos de acción de trichoderma frente a hongos fitopatógenos. Revista de Protección Vegetal 24(1): 14-21.

Isaza C, H. 2014. Análisis de oportunidades para la gestión eficiente del carbono en un sistema de producción de café en el departamento de Caldas. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales, Colombia, Universidad de Manizales. 88p.

Jaramillo A, F. 2013. Propuesta para la creación del “Centro Zamorano del Café”. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 78p.

Jiménez N, G. 2012. Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 96 p.

Kanten, R.; Beer, J.; Schroth, G. & Vaast, P. 2004. Interacciones competitivas entre *Coffea arabica L.* y árboles maderables de rápido crecimiento en Pérez Zeledón, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 41(42): 5–15.

Leroy, C.; Sabatier, S.; Wahyuni N, S.; Barczy J, F.; Dauzat, J.; Laurans, M. & Auclair, D. 2009. Virtual trees and light capture: a method for optimizing agroforestry stand design. Agroforestry Systems 77: 37-47.

Marín G, L. 2011. Sistemas agroforestales. Primera edición. Espacio Gráfico Comunicaciones S.A., Caldas, Colombia. 88p.

Mancilla G, E. 2012. Aplicación del sombrío del cafeto (*Coffea arabica L.*) en Colombia. Revista conexión agropecuaria 2(1): 37-49.

Manson, R.; Hernández, V.; Gallina, S. & Mehlreter,

K. 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, 348 p.

Méndez V, E.; Shapiro E, N. & Gilbert G, S. 2009. Cooperative management and its effects on shade tree diversity, soil properties and ecosystem services of coffee plantations in western El Salvador. Agroforestry Systems 76: 111–126.

Melke, A. & Ittana, F. 2015. Nutritional Requirement and Management of Arabica Coffee (*Coffea Arabica L.*) in Ethiopia: National and Global Perspectives. American Journal of Experimental Agriculture 5(5): 400-418.

Montagnini, F.; Somarriba, E.; Murgueitio, E.; Fassolo, H. & Eibl, B. 2015. Sistemas Agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Editorial CIPAV, ISBN: 978-958-9386-74-3. Cali, Colombia. 101 p.

Montenegro E, J. 2005. Efecto del aporte de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 77 p.

Molina, J. F. 2012. Descripción de Sistemas Agroforestales, en Asociación con Cultivos Perennes. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Ecuador, Universidad de Cuenca. 116 p.

Muschler R, G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. Consultado 02 nov. 2015. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1010603320653#page-1>.

Muschler R. G. 2000. Árboles en cafetales. Consultado 03 sep. 2015. Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=Kde9SouwIIMC&pg=PA16&lpg=PA16&dq=%C3%81rboles+en+cafetales.+Turrialba,+Costa+Rica&source=bl&ots=F1p6k4bNc8&sig=gJVdCq2R9o3wMMAUrqmifDcwMwI&hl=es-419&sa=X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMIj5-gwaSgyAIVS5UNCh3-xQ6S#v=onepage&q=%C3%81rboles%20en%20cafetales.%20Turrialba%2C%20Costa%20Rica&f=false>.

Nonato de S, H.; Goede, R.; Brussaard, L.; Cardoso I, M.; Duarte, E.; Fernádes, R.; Gomes, L. &

Pulleman, M. 2012. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic rainforest biome. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 146: 179-196.

Noscue E, A. 2014. Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agroforestal. La Plata, Huila, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. 71 p.

Ortega, L. 2012. Evaluación agronómica y productiva del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) bajo tres sistemas agroforestales más la aplicación de un fertilizante foliar orgánico, en el cantón Echeandía, Provincia Bolívar. Guaranda, Ecuador, Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Forestal. Universidad Estatal de Bolívar. 91p.

Ortez O, A. & Zavala A, S. 2014. Efecto de enclavamiento y fertilización en dos suelos con cultivo de café. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 31p.

Panhuisen, S. & Pierrot, J. 2014. Barómetro de Café 2014. Consultado 08 sep. 2015. Disponible en https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/5Barometro_de_cafe2014.pdf.

Quisoboni, Y. 2014. Identificación de bondades en sistemas agroforestales de café especial en familias de productores asociadas a la organización Asprobalboa, en el municipio de Balboa, departamento del Cauca-Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Agroforestal. Popayán, Cauca, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. 171p.

Reyes, J. & O. Rodríguez. 2014. Producción de materia seca y acumulación de nutrientes en el mantillo por la combinación de árboles de sombra y niveles de insumo en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) Masatepe, Nicaragua. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 55p.

Romero S, A. 2006. Aporte de biomasa y reciclaje de nutrientes en seis sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* var. *Caturra*), con tres niveles de manejo. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 110 p.

Sadeghian S, S. 2012. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Trabajo de grado para optar al título doctor en Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 151 p.

Sadeghian S. S.; Mejía, B. & González, H. 2013. Acumulación de calcio, magnesio y azufre en los frutos de café (*Coffea arabica* L.) Variedad Castillo. *Revista Cenicafé* 64(1): 7-18.

Sandoval A, J; Mendoza J, R. 2013. Identificación de los arreglos de los sistemas agroforestales SAF en el paisaje terrestre protegido de Miraflores-Moropotente-Estelí. Managua, Nicaragua, Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. 72 p.

Servicios Satelitales de Información Cafetera para la sostenibilidad rural en Colombia GEO – SIC@. 2014. Esquema de Proyecto. Mecanismo de Geodatos para la Agricultura y el Agua (G4AW). Consultado 28 sep. 2015. Disponible en [file:///D:/Downloads/5%20-%20Federacion%20Nacional%20de%20Cafeteros%20\(FNC\).pdf](file:///D:/Downloads/5%20-%20Federacion%20Nacional%20de%20Cafeteros%20(FNC).pdf).

Siles G, P. 2002. Comportamiento fisiológico del café asociado con *Eucalyptus degluta*, *Terminalia ivorensis* y sin sombra. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 88 p.

Somarriba, E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería en las Américas* 41(42): 120-128.

Suárez J, C.; Angel, Y. & Durán, E. 2014. Uso potencial de árboles de sombra en arreglos agroforestales en el sur de Colombia. 1ra edición. Digital Editores, ISBN 9789588286891. Florencia, Caquetá, Colombia. 64p.

Superintendencia de Industria y Comercio. 2011. Cadena Productiva del Maíz. Industrias de Alimentos Balanceados y Harina de Maíz. Consultado 14 oct. 2015. Disponible en <http://www.sic.gov.co/drupal/masive/datos/Cadena%20productiva%20del%20ma%C3%ADz.pdf>.

Terán, D. 2013. Módulo de Sistemas Agroforestales. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

ECAPMA. Quibdó, Chocó. 271 p.

Tirabanti, J. 2011. Manejo agroforestal multiestrato para el cultivo de café. Una propuesta para ecosistemas frágiles. Moyobamba: Soluciones Prácticas. Mario Cossío. Perú. 34 p.

Vásquez, A. L. 2014. Valoración comparativa de la macrofauna de lombrices en sistemas agroforestales de café orgánico y convencional en contraste con cultivos en pleno sol y bosque, durante la época lluviosa y seca en Turrialba, Costa Rica. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 85 p.

Virginio E, de M.; Caicedo, C.; Orozco, S.; Villanueva, C. & Astorga, C. 2013. Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. Ecuador, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Ecuador Ama la Vida, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Instituto Nacional de Administración Pública (INIAP). Consultado 09 nov. 2015. Disponible en [http://www.catie.ac.cr/attachm ents/article/670/cartilla%20Elias\(4\).pdf](http://www.catie.ac.cr/attachm ents/article/670/cartilla%20Elias(4).pdf).

Virginio E, de M. & Monge S, A. 2008. Cafetales para servicios ecosistémicos, con énfasis en el potencial de sumideros de carbono: El caso de cooperativas cafetaleras afiliadas a COOCAFE, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Fundación Café Forestal FUNCAFOR, Consorcio de Cooperativas de Caficultores de Guanacaste y Montes de Oro COOCAFE, Central America and the Caribbean OIKOCREDIT. 25 p.

Vega G, B.; Ordoñez C, M.; Suárez J, C. & López C, F. 2014. Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales asociados con café (*Coffea arabica* L.) en el sur de Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 5(1): 213-221.

Velasco A, N.; Holguín V, A.; Ortiz S, G. 2014. Productividad de diferentes ecotipos de *Tithonia diversifolia* provenientes de la región cafetera y valle de río Cauca. Agroforestería Neotropical 4: 34-39.

Brenda Yiseth Cerquera Rios

Estudiante de Ingeniería Agroecológica. Facultad de Ingeniería. Universidad de la Amazonia. Florencia Caquetá.

Autor para correspondencia:

E-mail: brenda.agroecologa@gmail.com

Carmen Juliana Ramírez Durán

Estudiante de Ingeniería Agroecológica. Facultad de Ingeniería. Universidad de la Amazonia. Florencia Caquetá. julianaramirezduan@hotmail.com.

Diego Armando Jiménez Carvajal

Ingeniero Agroecólogo. Docente del programa de Ingeniería Agroecológica. Universidad de la Amazonia. d.jimenez@udla.edu.co



VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CULTIVOS DE *Coffea arabica* L. Y *Theobroma cacao* L. BAJO SISTEMAS AGROFORESTALES

Yojan Leonardo Gutiérrez Rojas, Harrison Leandro Lozano Thola & Diego Armando Jiménez Carvajal

Artículo recibido el 23 de febrero de 2015, aprobado para publicación el 07 de mayo de 2015.

Resumen

El café y el cacao son cultivos importantes para la economía Colombiana, dado a que es un país netamente rural y parte de su territorio es aprovechado para estas actividades. La diversidad de relieves, factores climáticos y edafológicos propician las condiciones necesarias para el óptimo desarrollo de las plantas, generando buenos rendimientos en producción. Estas condiciones han permitido a los campesinos establecer sistemas asociados con árboles para optimizar el recurso hídrico, sostener la productividad del suelo, disminuir la degradación de los horizontes superficiales del suelo, reciclar nutrientes, así como aportar suficiente contenido de biomasa. Es necesario tener un buen manejo en las sombras de los árboles, ya que pueden causar efectos en la disponibilidad de nutrientes de las plantas, la producción de los cultivos y en la incidencia de plagas y enfermedades, además los cultivos de café y cacao bajo sombra son una alternativa de producción sostenible y a la vez produce resultados favorables a los pequeños y medianos productores, quienes obtendrán múltiples beneficios a través de la adopción de estas alternativas de cultivo.

Palabras clave: Sombra, Café, Cacao, producción y nutrientes.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF *Coffea arabica* L. and *Theobroma cacao* L. CROPS UNDER AGROFORESTRY SYSTEMS

Abstract

Coffee and cocoa are important crops for the Colombian economy because Colombia is a purely rural country and part of its territory is used for these activities. The diversity of landscapes, climatic and edaphological factors give the necessary conditions for the optimum development of these crops, generating good yields in production. These conditions have allowed farmers to establish systems associated with trees to optimize water resources, sustain soil productivity, decrease the degradation of the surface horizons of the soil, recycle nutrients, as well as provide enough biomass content. It is necessary to have good management in the shadows of trees, as they can cause effects on the availability of plant nutrients, the production of crops and the incidence of pests and diseases, as well as coffee and cocoa crops under shade they are an alternative to sustainable production and at the same time produce favorable results for small and medium producers, who will obtain multiple benefits through the adoption of these farming alternatives.

Key words: Shadow, Coffee, cocoa, Production, Nutrients

Introducción

Las especies de plantas en su mayoría se comportan de manera diferente a la calidad de la radiación (longitud de onda o color) y a su abundancia (irradiación o densidad de flujo fotónico-DFF), así como a el acoplamiento de ambos, lo cual es una circunstancia fundamental en la injerencia entre cultivos y malezas, también el efecto de la cantidad y la calidad de radiación se acoplan en el componente ambiental de sombra que produce un espectro de radiación característico bajo el dosel de las plantas (Lazo y Ascencio, 2010). Las características del estrato de la sombra según lo determinado por la composición botánica, el número de capas verticales (sub-estratos), el grado de cobertura de dosel, las características de la copa del árbol, y el manejo de la sombra del árbol (poda, raleo y reforestación), varían

mucho entre las principales zonas ecológicas y entre las distintas comunidades dentro de cada zona, en respuesta a factores biofísicos y socioeconómicos (Somarriba y Beer, 2011), asimismo durante la etapa de cultivos agrícolas se favorece o suplementa la regeneración de especies arbóreas útiles. Los cultivos agrícolas continúan su desarrollo mientras la sombra de los árboles lo permitan, según avance el ciclo acahual, pueden usarse cultivos agrícolas más tolerantes a la sombra (CONAFOR, 2013).

Montagnini (1992), precisa los sistemas agroforestales (SAF) como: “formas de uso y administración de los recursos naturales donde especies leñosas (Árboles, arbustos, palmas) son empleadas en alianza intencionada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia

temporal”. De esta manera Vidal (2013) señala que como ejemplos de sistema agroforestales se pueden mencionar los cultivos perennes con árboles asociados de mayor estrato, plantaciones de árboles frutales o forestales con cultivos anuales alternados, huertos familiares tradicionales, bancos de árboles forrajeros, cultivos de callejones o franjas, cercas vivas y cualquier clase de agricultura migratoria.

Se aconseja utilizar especies de plantas de área de copa pequeña o poco densa para prevenir la competencia por luz con los cultivos asociados; así, al momento de cortar los árboles, el trabajo cuesta menos y el riesgo de dañar los cultivos será menor. Además, las especies con hojas pequeñas aminora la erosión del suelo por el golpe de las gotas de lluvia y protege de daños al cultivo (Ulate *et al.*, 2013).

Los escenarios atmosféricos y de superficie terrestre en los sectores cafeteros del país, hace que se retome la cultura agroforestal en cafetales, estos ejercen un control sobre el recurso hídrico, debido a que ayuda a mitigar los déficits hídricos que se imponen sobre la producción en periodos de sequía, de la misma forma ayudan a conservar la fertilidad del suelo, a minimizar la erosión, reciclar nutrientes y aportar gran cantidad de materia orgánica (Farfán, 2012).

Para la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) (2014), en Colombia el café ha crecido levemente, con un total de 948.533 hectáreas sembradas, sin embargo, entre el 2005 al 2013 la caficultura ha aumentado en 90.680 hectáreas en las diferentes zonas del país, pero entre el periodo de 2013 a 2014 ocurrió un decrecimiento de 25.478 hectáreas (FNC, 2014), debido a la renovación de cafetales que presento en algunos Departamentos del país (FNC, 2013).

El cultivo de cacao en Colombia, tiene importancia socioeconómica significativa, porque se cultiva en zonas de economía social rural con conflictos sociales y altos índices de pobreza (Álvarez, 2012). Es uno de los productos con grandes ventajas comparativas en la producción, por sus condiciones naturales y por las características agroecológicas en términos de clima y su carácter agroforestal (Espinal *et al.*, 2012). La Federación Nacional de Cacaoteros registra entre los años 2005 y 2011 un incremento de 20.475 hectáreas debido a que en el 2005 se sembraron 83.525 hectáreas, gracias al acceso a créditos y a la ejecución de proyectos de modernización de beneficio y fertilización para mejorar los rendimientos de producción, lo que reporto un total de 104.000 hectáreas con una producción anual

de 37.203 toneladas (FEDECACAO, 2011).

El presente trabajo de revisión tiene como objetivo, conocer las ventajas y desventajas de cultivos de *Coffea arabica* L. y *Theobroma cacao* L. bajo sistemas agroforestales.

Generalidades del cultivo de café y cacao bajo sombra

Los primeros cultivadores de cafetales en América Central eligieron asociar árboles de la familia Fabaceae *Inga edulis* Mart. “Guamo”, que se distingue porque producen frutos en forma de vaina o legumbre, de tal manera, esta costumbre se generalizo en todos los países americanos donde se implanto el cultivo del cafeto, más tarde de este criterio se comprueba cuando se descubrió que estas plantas albergan en sus raíces bacterias que extraen el nitrógeno atmosférico (FNC, 1932).

Los cultivos de café a plena exposición solar dependen de una creciente utilización de pesticidas y fertilizantes químicos, que no solo afectan la flora y la fauna, sino la salud de los agricultores, la calidad del suelo y del agua (Noscue, 2014), lo que conlleva a la degradación y la contaminación ambiental, la producción de café a plena exposición requiere mayores gastos para su manejo, y por lo tanto, el productor está sometido a más riesgos debido a la alta variabilidad de los costos de producción y a la inestabilidad del precio del café en el mercado internacional (DaMatta & Rodríguez, 2007).

En Colombia existe gran número de especies de plantas leñosas, con capacidad de emplearse en SAF asociados a café, ya sea como sombrío directo al café o en arborización de fincas; especies que además de su potencial, han sido diagnosticadas en nuestro país en riesgo, amenazadas o en peligro de extinción (Farfán, 2012), de esta forma al implementar estas especies se promueve la disposición de estas en el tiempo. Los árboles asociados para sombra pueden ser tanto frutales, como maderables u otro tipo de árbol que se conoce como de servicio, por ejemplo, árboles de la familia de las leguminosas por su aporte de nitrógeno (Jaimez *et al.*, 2014).

Las zonas cafeteras de Colombia que cuentan con SAF con café, se pueden catalogar en (SAF simultáneos); los casos más distinguidos se halla el cultivo de café bajo la sombra de *Erythrina* L., *I. edulis* y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken., entre otros (Farfán, 2014), de acuerdo a lo anterior estas especies son las más implementadas en los cultivos cafeteros por los grandes usos y beneficios que genera a la plantación.

Para el caso del cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América, su centro de origen probablemente está situado al noroeste de América del Sur, en la zona amazónica, por lo tanto, se desarrolló de manera ancestral bajo sombra, esta circunstancia hace que la especie esté habituada a vivir bajo otros árboles (FHIA, 2004).

El cacao es un cultivo que crece y se produce en forma adecuada cuando se encuentra protegido bajo la sombra de árboles de otras especies (ONF, 2013). El cacao, al ser una especie que necesita constante sombra, requiere el establecimiento de SAF, no solo le proporcionará sombra al cultivo de cacao sino que el agricultor puede obtener ingresos adicionales derivados de los otros cultivos implementados dentro del sistema, además del aporte de materia orgánica y nutrientes que le pueden aportar las especies acompañantes, así como en la conservación del agua en el suelo y el aprovechamiento de las interacciones que se dan entre las diferentes especies que acompañan al cacao (FEDECACAO, 2013).

Tscharntke *et al.*, (2011) resume en seis aspectos los beneficios que se obtienen de los árboles que aportan sombra al cacao: 1. Fuente de alimento y otros recursos, 2. caja de ahorro para el futuro, 3. mejora en el ciclaje de nutrientes en el sistema, 4. disminución de la erosión, 5. incrementos en el almacenaje de carbono y 6. disminución de los efectos adversos que pueden generar el cambio climático, además de aportar sombra, ya que el cacao es una planta umbrófila y se ve afectada en condiciones de plena exposición solar.

Los pequeños productores combinan el cacao con árboles que pueden ser plantados, remanentes del bosque nativo, o seleccionados de la regeneración natural (Samarriba & Lachenaud, 2013). Del mismo modo los productores les otorgan un valor a las especies arbóreas a partir de la importancia de sus características y funciones, por el hecho de que los árboles presentan diferentes funciones como; la provisión de sombra, capacidad para mejorar el suelo, aporte de frutos, además del suministro de leña y madera (Sánchez & Suarez, 2014).

Disponibilidad de nutrientes por efecto de sombra

La introducción de especies perennes leñosas, deseables y compatibles, en tierras agrícolas, puede dar como resultados un mejoramiento marcado de la fertilidad del suelo, porque hay un incremento del contenido de materia orgánica, fijación biológica de nitrógeno y nutrientes asequibles en forma soluble, aumento del ciclaje de nutrientes de las plantas y un mejoramiento en

las condiciones físicas del suelo, además existen efectos negativos sino se realiza un manejo adecuado, dado que las especies arbóreas de crecimiento acelerado requieren alta demanda de humedad del suelo, pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela, la escasez de nutrientes puede afectar los cultivos adyacentes si hay un manejo inadecuado de los árboles, y con alguna vegetación, puede causar una erosión acelerada (Mendieta & Rocha, 2007; Palomeque, 2009).

El tiempo de permanencia de los sistemas de cultivo con sombrero con especies forestales *C. alliodora*, *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *Eucalyptus grandis* W. Hill. tiene influencia sobre las concentraciones de nutrientes del suelo, el pH disminuye en cualquier sistema de cultivo del café, pero no llega a ser limitante para su productividad, asimismo hace que disminuya la concentración de K, Ca, Mg y aumente el Al, pero al final las concentraciones que se registran no se constituyen en limitaciones aparentes para el desarrollo del café (Farfán, 2010).

Salazar *et al.*, (2013) realizaron un estudio en dos tipos de suelos *Typic Melanudand* y *Typic Haplustand*, con distintos usos del suelo café-guamo, café-nogal, café a plena exposición, donde evidenciaron que algunas propiedades físicas y químicas del suelo bajo los sistemas de café-guamo, café-nogal, tienen buen porcentaje de Materia Orgánica (MO), como también Materia Orgánica Humificada (MOH) componente principal de la MO, esto se debe a las grandes cantidades de materiales orgánicos con alto grado de transformación, en relación al café a plena exposición que presenta menos porcentaje. Así mismo Jaramillo (2011), encuentra que la calidad de la materia orgánica que se acumula en el suelo depende, en buena medida, de otros factores diferentes a la cantidad de ella que se le aporta a éste, no obstante los valores de pH en los dos tipos de suelos con café sin sombra no mostraron diferencias siendo ligeramente ácidos, mientras el sistema café-nogal, café-guamo evidenciaron un pH fuertemente ácido, debido a la gran cantidad de sustancias húmicas de los materiales orgánicos y a su vez la CIC fue mayor para los sistemas de café con sombra.

Con la poda de los árboles de sombra se incorporan residuos que aportan nutrientes cerca de las raíces del café para ayudar a la floración y la fructificación del cultivo; esta sincronización es significativa en el momento de no realizar una fertilización artificial, además en el caso del *C. arabica* y *T. cacao* expone que, bajo sombra, la transferencia de nutrientes por la

hojarasca y la rápida descomposición compensa ampliamente la exportación por cosecha, constituyendo así un fertilizante natural (Molina, 2012).

En el cultivo de Cacao la disponibilidad de nutrientes es un factor limitante, por esto se hace necesario aumentar el nivel de sombra, existe una correlación positiva entre la producción de cacao y luz, el nivel de cobertura se debe aumentar a un 30% que es el nivel ideal de sombra para cacao (Álvarez *et al.*, 2012), además incrementa la productividad del sitio a través del reciclaje de nutrientes y protege el suelo a bajos costos de capital y mano de obra, no obstante reduce la producción de cultivos anuales si los árboles compiten por el uso de los horizontes arables del suelo y/o afectan los rendimientos por sombra, competencia o alelopatía (CONAFOR, 2013).

Los cultivos de cacao no causan erosión, no obstante, su riesgo de erosión a causa del riego es mínima siempre y cuando se haga de forma racional utilizando las previsiones necesarias para evitar el impacto negativo, este cultivo se establece en terrenos donde había rastrojos o barbechos, con el fin de aprovechar la MO de los residuos de la tumba del material vegetal, además el cultivo de cacao con árboles asociados le brindan sombra y aportan otros beneficios (FEDECACAO, 2013). El manejo adecuado de la sombra se requiere en el cacao para su óptima productividad, cuando los fertilizantes no son viables, intercalar apropiadamente los árboles de sombra seleccionados mejorara la regulación de luz y el estado nutricional de las plántulas de cacao sin competir fuertemente, la competencia por los nutrientes del suelo entre el cacao y los árboles de sombra puede manejarse mediante las podas oportunas (Álvarez *et al.*, 2012).

De acuerdo a observaciones realizadas por Trujillo (2010), el *Gliricidia sepium* Kunth ex Steud. (mataratón), es una especie que al utilizarla como sombrío temporal en cacao propicia sombra de muy buena calidad, a su vez, es aprovechada como fuente de abono orgánico por ser fijadora de Nitrógeno y aporta al suelo otros elementos como P, K, Ca y Mg que en gran parte son removidos por la producción de 1.000 o más kilos de cacao por hectárea. En este caso, la especie *G. sepium* no exporta o remueve nutrientes del suelo, por el contrario, aporta al sistema cacao nutrientes que significan un óptimo reciclaje de nutrientes y alrededor de 6.000 toneladas de biomasa mientras permanece como sombrío transitorio (Aldana, 2009).

Incidencia de sombra en el control de plagas y enfermedades

Para la implementación de cultivos asociados con árboles, se debe tener en cuenta que estos no sean atractivos a enfermedades y plagas, en el caso de los nematodos, pueden desarrollarse en *Samanea saman* (Jacq.) Merr., *G. sepium*, *Guazuma tomentosa* Kunth., *Ricinus communis* L., *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook., sin embargo, en *I. edulis* y *Albizia carbonaria* Britton. no se presentan (Acosta, 1990), por eso es importante conocer la situación nematológica del área antes de decidir el tipo de árbol asociado a emplear. De igual forma es conocido que *G. sepium* hospeda al agente causal de *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst. (llaga macana) y *Leucoptera coffeella* Guérin-Ménéville (minador de la hoja) (CNSV, 1989).

Según el INIFAP (2013) el control de la sombra es importante para el óptimo crecimiento de los cafetos, de manera que la luz se pueda infiltrar mejorando la distribución de la misma, facilita el movimiento del aire, incrementa la cantidad de materia orgánica en el suelo, reduce la erosión y contribuye a disminuir problemas fitosanitarios, es importante monitorear constantemente las coberturas superiores, con el fin de controlar el exceso de sombra, debido a que si se presenta este descuido el cultivo del café queda expuesto a enfermedades y plagas. Para Sullca (2010) el manejo adecuado de sombra excesiva es importante para evitar la proliferación de *Hypothenemus hampei* F. (Broca), *Monalonion velezangeli* C. (Chinche o Chamusquina) y *Atta cephalotes* L. (Hormiga Arriera), ya que les proporciona las condiciones óptimas de temperatura y humedad. Una función fundamental de la sombra en el café, es reducir la presión de plagas y enfermedades, como el minador de la hoja y la *Cercospora coffeicola* (mancha de hierro) y facilita el establecimiento de controladores biológicos (Farfán, 2014).

Simón (1989) determinó que al regular la sombra, es importante para el cultivo y tiene influencia en la conducta de *L. coffeella* y concluyó que, si aumenta la iluminación, aumentara la incidencia de este insecto, no obstante, la condición de sombrío más apropiada desde cualquier punto de vista (fisiológicos, agrotécnicos y fitosanitarios) en el cafeto bajo sombra regulada es de 30 - 40 % de iluminación difusa (no directa), lo que es conveniente para regular *Hemileia vastatrix* B. (Roya) y agrega que a situaciones exageradas (a pleno sol o alta densidad de sombra) son desfavorables (Simón 1993).

En el municipio de Apía, departamento de Risaralda, Gallego (2005) encontró que la heterogeneidad de hormigas en fincas cafeteras de dos sistemas distintos, policultivo (cafetal con árboles de sombrío) y monocultivo (cafetales a plena exposición), la diversidad de hormigas entre policultivo y monocultivo mostro un descenso desfavorable con 48 y 18 especies respectivamente, dado a que la organización y arreglos de la finca de policultivo comercial y monocultivo sin sombra, expresan la diversidad asociada de hormigas que pueden llegar a ser claves controladores biológicos, en la medida que su composición y estructura es más compleja, la diversidad asociada es mayor.

El cacao es una especie tolerante a la sombra, en la que el sombreado adecuado conduce a tasas relativamente altas de fotosíntesis, crecimiento y rendimiento de semillas sin embargo, si hay mucha sombra reduce el rendimiento de semillas y aumenta la incidencia de enfermedades, de hecho, la producción de cacao y la intercepción de luz están estrechamente relacionados, cuando la disponibilidad de nutrientes no es limitante (Álvarez, 2012).

De acuerdo a Gómez *et al.*, (2014) el porcentaje de sombra tiene relación directa con la cantidad de luz y circulación de aire dentro de la planta y parcela de cacao, esto puede ser favorable o no para las plagas y enfermedades. Normalmente cuando la sombra es inadecuada las plagas encuentran condiciones favorables para producir daño a las plantas, convirtiéndose en un problema para el crecimiento, desarrollo y producción del cacao (Gómez *et al.*, 2014). Un medio de control cultural como la poda a las plantas de cacao, la regulación de sombra y la remoción de frutos enfermos se puede considerar la mejor alternativa para el control de enfermedades. Sin embargo, la intervención genética es un complemento importante para asegurar la efectividad de las prácticas culturales (López y Rivera, 2012).

Un estudio realizado por Sánchez y Martínez (2012) sobre la conducta del cultivo de cacao (CCN-51) bajo continua sombra de dos especies forestales maderables *Platymiscium dimorphandrum* Donn. Sm. (hormigo) y *Dalbergia retusa* Hemsl. (granadillo), reportan altos niveles de pérdida por enfermedades, principalmente mazorca negra (35 %) y moniliasis con el 5 % mientras el daño por plagas alcanzó el 30%, con respecto a este estudio se puede concebir que las dos especies utilizadas, no causaron mayor efecto en el control de la mazorca negra, a comparación de la moniliasis que solo tuvo daños en un 5%. La sombra aumenta la incidencia de *Monalonion dissimulatum* D. (chinche de cacao) y

Phytophthora palmivora B. (mazorca negra) disminuyendo la floración y productividad del cacao, para regular estas plagas y enfermedades se realizan podas de mantenimiento, ya que son las principales labores culturales, lo cual consiste en la eliminación de ramas pequeñas (Pimentel & Suarez, 2014).

Producción de café y cacao bajo sombra

Los SAF en café, también pueden convertirse en importantes depósitos de carbono, pero estos mismos dependen de la productividad, la finalidad para la cual se hayan diseñado y las condiciones ambientales bajo las que se desarrollan (Espinoza *et al.*, 2012). Como también, es un buen mecanismo por la actividad biológica de los organismos vivos que viven contribuyendo a que haya una recirculación de nutrientes y fijación de nitrógeno (García, 2010).

De acuerdo con Farfán & Arciniegas (2014) y Farfán (2010) la producción de café bajo condiciones de cobertura arbórea en dos sistemas diferentes con y sin fertilizante orgánico, muestra un rendimiento en la producción de café pergamino seco (c.p.s.) Kg/ha entre los sistemas, donde se implementa fertilizante orgánico sin importar el tipo de cobertura arbórea indica que los cultivos de café bajo estas coberturas, los rendimientos de la producción en c.p.s. no disminuyen ni aumentan, siempre y cuando el SAF que se implemente sea o no sea fertilizado con abonos orgánicos.

Fertilizar de manera orgánica o química no refleja la calidad de la taza del café, esto depende de la disponibilidad de nutrientes que se encuentran en el suelo, se ha manifestado que la falta de Fosforo en la fertilización, altera la calidad de la bebida, también a medida que se adiciona Nitrógeno y Potasio al suelo, aumentan sus contenidos en el grano hasta el punto de afectar la calidad de la bebida, además cuando no están disponibles los micronutrientes para las plantas, afecta las propiedades organolépticas de la bebida (Beltrand & Rapidez, 1999). Debido a esto se deben aplicar las cantidades recomendadas que conduzcan al balance nutricional del cultivo tanto en elementos mayores, como en elementos menores, con el fin de evitar desequilibrios nutricionales en el mismo (Hernández, 2009).

Producir café orgánico no significa que sea más barato, ni más fácil, pero con un adecuado programa de manejo a mediano plazo se puede estabilizar el agroecosistemas, logrando llegar a asimilar los costos de producción o incluso a disminuirlos, además, los incentivos en el precio de café orgánico dependen de factores tales como

la demanda y la calidad de taza, estos favorecen la renta y sostenibilidad del sistema orgánico de producción (Monge, 1999).

Por otro lado, el efecto de sombra en cultivos de café, significativamente no es perjudicial para la producción. Según Cardona y Sadeghian-Kh (2012) el efecto de sombra mejora las condiciones del suelo, por lo tanto, ayuda a un mejor desarrollo radicular de la planta y de fisiología en general, por el contrario, cultivos a libre exposición presentan efectos adversos sobre las propiedades del suelo, obteniendo suelos compactados, baja porosidad total, lo que repercute en el crecimiento fisiológico del cafeto, generando descenso en la producción y la baja calidad.

Farfán & Balcázar (2010) mencionan que la productividad mejora con diferentes densidades de siembra con porcentajes de sombra que oscilan entre 35 a 45% en distintos tiempos, empleando especies leguminosas como *E. fusca* Lour., *E. rubrinervia* Kunth., *I. edulis*, *L. leucocephala* (Lam.) de Wit y *A. carbonaria* Britton., y (Ulate et al., 2013) afirma que los porcentajes de sombra con árboles maderables oscilan entre 20 a 40% utilizando *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell. (amarillón), *Vochysia ferruginea* Mart. (botarrama), *Swietenia macrophylla* King. (caoba), *Cedrela odorata*. (cedro), *Anacardium excelsum* L. (espavel), *Eucalyptus* L. (eucalipto), entre otras. Estas asociaciones manifiestan buenos rendimientos de Kg/planta y Kg/ha, pero al ser comparados con sistemas a libre exposición muestran diferencias significativas de productividad, según Camargo & Campos (2011) la producción con sistemas tradicionales con y sin sombra se obtienen resultados similares a una producción tecnificada, a diferencia que el porcentaje de sombra es del 54%, esto comprueba que el rendimiento en la producción está ligada al buen manejo de los cultivos sin importar el tipo de cobertura formalizada.

Farfán & Baute (2010), estudiaron el efecto de la distribución espacial de la sombra de cinco especies de leguminosas; *E. fusca* Lour., *E. rubrinervia* Kunth., *I. edulis* Mart., *L. leucocephala* y *A. carbonaria* Britton., sobre el rendimiento de café en tres densidades de siembra; 278 plantas/ha, 123 plantas/ha y 78 plantas/ha, la especie *E. fusca* reportó una producción superior del 69,7%, con densidades de 123 árboles/ha y un rango de sombra entre el 35% y 40% que con las otras densidades de siembra. Para las especies *E. rubrinervia* y *I. edulis* el porcentaje ideal de sombra, para una buena producción fue entre el 22% y 35% respectivamente con una densidad de siembra de 70 árboles/ha, densidades de

siembra o porcentaje de sombra mayores a estos reducen la producción, para las especies *L. leucocephala* y *A. carbonaria* el porcentaje de sombra y densidad de siembra ideal para la producción fue de 24% a 28%, 90 a 100 árboles/ha y 47% a 52%, 70 a 80 árboles/ha respectivamente.

Por otro lado, Farfán (2015) afirma que el hábito tradicional de los árboles de café es igual bajo cualquier porcentaje de sombra, lo que indica que el café produce lo mismo sin importar la cantidad de luz disponible, independiente de las condiciones climáticas de la región, concepción que hay que modificar debido que las plantas requieren diferentes proporciones de sombra dependiendo de la ubicación geográfica (latitud, longitud, altitud), la disponibilidad de radiación solar y de agua en el suelo, que presenta cada zona.

Jaimez et al., en el (2014) realizaron un estudio del crecimiento y producción de cacao criollos bajo la sombra de árboles maderables en Venezuela, donde propusieron la combinación de cuatro tipos de árboles *Cordia thaisiana* G. Agostini., *C. odorata* L., *S. macrophylla* y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. con cuatro tipos de cacao criollos (Porcelana, Guasare, Criollo Merideño y Lobatera), en ellos se realizaron evaluaciones de la dinámica de crecimiento tanto de los árboles como de los cacaos, también mediciones de intercambio de gases, la tasa de crecimiento de los árboles maderables tuvo una estrecha relación con la susceptibilidad al ataque de insectos y el índice de área foliar que mantiene los árboles, en términos de tasas de crecimiento y producción de cacao, se concluye que para esta región el cultivar Lobatera bajo la sombra de *C. thaisiana* o *C. odorata* son una de las mejores combinaciones, ya que fue el cultivo con el mayor ajuste osmótico y hasta el periodo evaluado también fue el que presentó los mayores rendimientos, al igual que con las especies arbóreas, es fundamental continuar con las evaluaciones de otros cultivares criollos.

Pimentel y Suárez (2014), evaluaron sombra y especies arbóreas en arreglos agroforestales de Cacao en el Bajo Caguán, departamento del Caquetá (Colombia), donde les permitió conocer las opiniones de los productores de cacao de esta región como les afectaba la sombra en sus cultivos. De esta manera, los productores conocen las interacciones sombra-productividad (fenología, llenado y maduración de frutos y cosecha), pero algunos adoptan menores porcentaje de sombra, el cual señala que a mayor densidad de sombra disminuye los rendimientos de cacao, igualmente los productores seleccionan poca a media sombra para utilizar en sus cacaotales con

diferentes características del cultivo y sitio. También se ha comprobado que la sombra, puede mermar la tasa de metabolismo y crecimiento de las plantas como reducir la floración y la producción (Cueva, 2013).

Especies utilizadas como sombra en Café y Cacao

El *I. edullis* (guamo santafereño) es empleado principalmente en cafetales y en diversos SAF debido a la sombra que produce. En el cafetal se puede establecer en asociación con árboles maderables de alto valor comercial, cultivo múltiple o de amplia variedad de usos y tasas de crecimiento aceptables, como *C. alliodora* (nogal cafetero), *Pinus sp* (pino), *Eucalyptus L.* y *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. (guayacán amarillo y rosado), entre otros (Farfán et al., 2010).

Las óptimas condiciones de sombra se pueden obtener con diferentes copas de árboles, un claro ejemplo es la especie *I. edulis*, esta se poda una vez por año, por esta razón es la más implementada en estos sistemas, además si presenta un dosel estratificado como las especies *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook. (písamo) y *C. alliodora* (nogal cafetero), para obtener el modelo de sombra deseado, se tiene que podar de dos a tres veces por año (Farfán, 2014).

Farfán (2013) propone que la estratificación varía en las partes más altas de los lotes con pendientes de mayor porcentaje, por eso se debe establecer árboles pequeños, livianos y en las partes más bajas del lote o de menor pendiente pueden ubicarse árboles de gran tamaño, muy densos o pesados, con el fin de brindar buen porcentaje de sombra, reduce la acción del viento en el cultivo y el suelo, logrando de esta manera una buena producción.

Un estudio realizado por la oficina nacional forestal (2013) en Costa Rica, indican que las especies arbóreas que favorecen el buen desarrollo del cacao son especies leguminosas de uso múltiple como *Inga spp* (guabas), *G. sepium* (madero negro) y *Erythrina spp* (poró) porque ayuda a fijar nitrógeno al suelo y aporta suficiente materia orgánica, así como los árboles maderables y frutales aportan gran cantidad de biomasa estos pueden generar ingresos significativos al agricultor a mediano y largo plazo, los maderables más usados son el *Cedrela spp* (cedro) y el *C. alliodora* (laurel), pero también se pueden usar *Gmelina arborea* Roxb. (melina) y *Tectona grandis* L. f. (teca), entre otros.

También existen árboles de uso múltiple, estos árboles son propicios porque se puede aprovechar sus partes para

un uso indeterminado, además de brindar beneficios importantes a los productores realizando combinaciones simultáneas, las especies maderables recomendadas corresponden a las mencionadas anteriormente. Las especies de uso múltiple más utilizadas son: *Erythrina spp* (Póro), *Inga spp* (Guaba), *G. sepium* (madero negro) y *L. leucocephala* (Leucaena) (ONF, 2013).

En Colombia, de acuerdo a FEDECACAO (2013) las especies recomendadas para el sombrío temporal de cacao, son las siguientes: *Musa sapientum* L. (Plátano), *Musa paradisiaca* L. (Banano), *R. communis* (Higuerilla), *Carica papaya* L. (Papaya), *Passiflora edulis* Sims. (Maracuyá) y *G. sepium*, (Matarratón), con respecto a la sombra temporal las especies recomendadas son: *Cedrela odorata* L. (Cedro), *Swietenia macrophylla* King. (Coaba), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. (Nogal cafetero), *Erythrina glauca* Willd. (Bucare de agua), *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook. (Cámbulo), *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms. (Cedro amarillo), *G. arborea* (Melina), *T. grandis* (Teca), *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. (Caucho), *Persea americana* Mill. (Aguacate), *Borojoa patinoi* Cuatrec. (Borojó), *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn. (Zapote), *Cocos nucifera* L. (Coco), *T. rosea* (Flor morada), *Acacia mangium* Willd. (Acacia), *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand. (Cedro morado), *Cariniana pyriformis* Miers. (Abarco).

Consideraciones

En general, se deben considerar las especies forestales establecidas en la zona, con un comportamiento apropiado para proporcionar sombra a las plantas de cacao o café, con arquitectura erecta, demanda comercial en maderera o especies leguminosas según sea su finalidad a largo plazo.

Se debe considerar el grado de inclinación o porcentaje de la pendiente del terreno, el cual garantiza las verdaderas distancias de siembra, es decir, se toma la distancia horizontal de la pendiente y no la vertical, ya que esto puede causar errores al momento de realizar los trazados.

Cuando se usa sombra temporal con *Musa acuminata* Colla. (bananos) y *M. paradisiaca* (plátanos), se deben sembrar de cuatro a siete meses de anticipación a la plantación del *T. cacao*; también se puede sembrar *Manihot esculenta* Crantz. (yuca) y *Zea mays* L. (maíz) tres meses antes a la plantación de cacao, estos cultivos cumplirán su objetivo de proveer sombra y protección, luego su cosecha generará ingresos adicionales para

pagar buena parte de los gastos de establecimiento del *T. cacao*, ya que su permanencia será temporal con una duración máxima de tres a cinco años (Salazar, 2012).

Los árboles que son utilizados como sombrío permanente, deberán tener un control al menos una vez al año para estimar el grado de sombra que proyectan, para decidir si se necesita efectuar prácticas culturales como el raleo o poda de las mismas, en el caso de requerir un raleo, se puede realizar prácticas de silvicultura como el anillamiento del árbol, o en su defecto cortando el árbol vivo, ambos sistemas tienen ventajas y desventajas. La cantidad de sombra adecuada debe ser de un 30% a 40% (Fallas, 2012), para controlar los porcentajes de sombra es necesario tener las distancias de siembra y los árboles por hectárea, ya que si hay distancia de siembra de 6x6, la densidad será de 278 árboles y el porcentaje de sombra será >90%, si la distancia de siembra es de 9x9, la densidad será 123 árboles y el nivel de sombra entre 50 y 55%, en las distancias de 12x15, su densidad de siembra será de 56 individuos y 25 a 30% de sombra, de este modo si la distancia de siembra es de 15x15 el porcentaje de sombra será <25% con 44 árboles por hectárea (ONF, 2013).

Literatura citada

Acosta, O. 1990. Nematodos del café. Informe final del resultado 14. Tecnología integral del café. ACC. 25 p.

Álvarez, F. 2012. Evaluación de la respuesta del sistema de producción cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo sistema agroforestal a los esquemas de fertilización convencional y orgánica en el departamento del Huila (Colombia). Tesis de maestría, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá.

Álvarez, F.; Rojas, J. & Suarez, J. 2012. Simulación de arreglos agroforestales de cacao como una estrategia de diagnóstico y planificación para productores. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu 13, 145-150.

Agroforestales con Café. Chinchiná (Colombia): Cenicafé - Fondo Nacional del Café.

Aldana, M. (2012). Matarratón o madre del cacao (*Gliricidia sepium*): Una alternativa de sombrío en un sistema agroforestal para el cultivo de cacao. ISBN: 978-958-98599-1-9.

Beltrand, B. & Rapidez, B. 1999. Desafíos de la caficultura en Centro América. San José, Costa Rica. Editorial Agronómica, 369–406.

Camargo, L. E. & Campos, L. A. 2011. Evaluación del efecto sombra en la producción de café –*Coffea arabica L.* dentro de un sistema agroforestal tradicional con árboles en Las Minas, El Paraíso, Honduras. Zamorano (Honduras).

Cardona, D. A. & Sadeghian, S. 2012. Beneficios del sombrío de guamo en suelos cafeteros. Gerencia Técnica. Programa de Investigación Científica.

Centro Nacional de Sanidad Vegetal. 1989. Programa Integral de Defensa Fitosanitaria del Café. Ministerio de la Agricultura. 79 p.

Concesión nacional forestal. 2013. Sistemas Agroforestales Maderables en México. Consultado el 1 de mayo de 2015, de <<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/8/5572SISTEMAS%20AGROFORESTALES%20MADERABLES%20EN%20MEXICO%20AVM.pdf>>

Cueva, A. 2013. Cacao: sombreado – agroforestería - nutrición – fertilización – fisiología. San Martín, Argentina: Universidad Nacional de San Martín. 1 – 54.

DaMatta, F. & Rodríguez, N. 2007. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. Agronomía Colombiana, 25(1), 113-123.

Espinosa, E.; Andrade, H. & Moreno, H. 2012. Impacto del pastoreo en el carbono orgánico de suelos en el Páramo de Anaime, Tolima. XVI Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Riohacha, Colombia, 2-5 de octubre de 2012.

Fallas, R. 2012. Cultivo de cacao orgánico en sistema agroforestal para asociación de productores vegas las palmas, Sixaola, Talamanca – limón. Recuperado el 27 de mayo de 2015, de http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/programas/sixaola-proy31-BIDProductores_Vegas_las_Palmas.pdf

Farfán, F.; Balcázar, J. E.; Arciniegas, P. M. & Franco, H. D. 2010. Guamo Santafereno en Sistemas Agroforestales con Café. Avances Técnicos CENICAFÉ.

Farfán, F. (2010). Café orgánico al sol y bajo sombrío. una doble posibilidad para la zona cafetera de Colombia. Avances Técnicos CENICAFÉ 399., págs. 1-8.

Farfán, F. (2010). Cambios en la fertilidad de suelo con

plantaciones de café y sombrío de especies forestales. CENICAFÉ 61, págs. 7-27.

Farfán, F. 2012. Árboles con potencial para ser incorporados al cultivo del café. CENICAFE. 1 - 88.

Farfán, F. 2012. Árboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café. Chinchiná: CENICAFÉ. 87 p.

Farfán, F. 2013. Guía para el Establecimiento de Barreras con Árboles y Sombrío del Café. Avances Técnicos CENICAFÉ 428 p.

Farfán, F. 2014. Agroforestería y Sistemas Agroforestales con café. Manizales (Colombia): CENICAFÉ. 342 p.

Farfán, F. 2014. Mantenimiento del componente arbóreo en Sistemas Agroforestales con café. Avances Técnicos CENICAFÉ. 8 p.

Farfán, F. 2015. Instrumentos para estimar el porcentaje de la sombra en el cafetal. Manizales (Colombia): CENICAFÉ. 27 p.

Farfán, F. & Arciniegas, P. M. 2014. Producción sostenible de café bajo estructura. CENICAFÉ, Revista Nacional de Investigaciones del Café, 27-33.

Farfán, F. & Balcázar, J. E. 2010. Efecto de la Distribución Espacial del Sombrío de Especies Leguminosas Sobre la Producción de Café. CENICAFÉ 61, 35-45.

Farfán F. & Baute B. 2010. Efecto del sombrío con especies leguminosas a diferentes densidades de siembra sobre la producción de café. CENICAFÉ 61, 35- 45.

Federación Nacional de Cacaoteros. 2013. Guía ambiental para el cultivo del cacao (2ª. ed). Recuperado el 28 de mayo de 2015, de <http://onfcr.org/media/uploads/documents/guia_saf_onf_para_web.pdf>

Federación Nacional de Cacaoteros. 2011. Economía, estadísticas nacionales. Recuperado el 29 de Septiembre de 2015, de <<http://www.fedecacao.com.co/site/index.php/1eco-economia/2eco-nacionales>>

Federación Nacional de Cafeteros. 2014. Estadísticas históricas. Recuperado el 29 de Septiembre de 2015, de <http://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/quienes_somos/119_estadisticas_historicas/>

Federación Nacional de Cafeteros. 2013. LXXIX Congreso Nacional de Cafeteros 2013 por una caficultura competitiva. Recuperado el 29 de septiembre de 2015, de https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Informe_Comites_2013c.pdf>

Federación Nacional de Cafeteros. 1932. Manual del cafetero colombiano. Bogotá: Litografía Colombia.

Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas. (2004). Guía técnica: Cultivo de cacao bajo sombra de maderables o frutales. Consultado el 04 de octubre de 2015, de http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/cultivo_de_cacao_bajo_sombra_de_maderables_o_frutales.pdf

Gallego, M. 2005. Intensidad del manejo del agroecosistema del café (*Coffea arabica* L.) (Monocultivo y policultivo) y riqueza de especies generalistas. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, 6. 16-29.

García, I. 2010. Técnicas aplicadas al estudio de la diversidad microbiana del suelo. Buenos Aires, Argentina: Universidad De Buenos Aires. 1 –9.

Gómez, R.; García, B.; Tong, F. & González, C. 2014. Paquete tecnológico del cultivo del cacao fino de aroma. Perú y Ecuador: UNODC, 65 p.

Hernández, J. 2009. Influencia de los Fertilizantes en la calidad del café y en los costos de producción. Consultado el 15 de octubre de 2015, http://www.compimisti.com.pe/download/sistema/web2_56.pdf

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAPCIRNE. 2013. Obtenido de PAQUETE TECNOLÓGICO PARA EL CULTIVO DE CAFÉ: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/81.pdf>

Jaimez, R.; Osmay, A.; Tezara, W. & Ely, F. 2014. Crecimiento y producción de cacaos criollos bajo la sombra de árboles maderables. Comp. Fac. Agron, 7-10.

Jaramillo, D. F. 2011. Caracterización de la materia orgánica del horizonte superficial de un Andisol hidromórfico del oriente Antioqueño (Colombia). Ciencias de la Tierra, 23-33.

Lazo, J. & Ascencio, J. 2010. Efecto de diferentes calidades de luz sobre el crecimiento de *Cyperus*

rotundus. *Bioagro*, 22, 153–158.

López, M. & Rivera, M. 2014. Avances en la evaluación en Honduras de germoplasma de cacao presumiblemente resistente a la *moniliasis*. Programa de Cacao y Agroforestería. 29–33.

Mendieta, M. & Rocha, L. 2007. Sistemas agroforestales. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. 1–115.

Molina, J. 2012. Descripción de sistemas agroforestales, en asociación con cultivos perennes. Popayán Cauca: Universidad del Cauca.

Montagnini, F.; Preveti, L. & Thrupp, L. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales.

Monge, L. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del Cultivo del café orgánico en Costa Rica. Congreso Nacional Agronómico, 175–191.

Noscue, E. 2014. Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). La Plata, Huila. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). 1–71.

Oficina Nacional Forestal. 2013. Guía técnica SAF para la implementación de sistemas agroforestal (SAF) con árboles forestales maderables. Costa Rica.

Pimentel, M. & Suárez, J. 2014. Evaluación del sombrío y especies arbóreas en arreglos agroforestales del cacao en el Bajo Caguán, departamento del Caquetá (Colombia). Florencia, Caquetá: Universidad de la Amazonia. 45–62.

Palomeque, E. 2009. Sistemas Agroforestales. Huehuetán, Chiapas, (México). Disponible en: <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemas-agroforestales.pdf?iv=40>

Salazar, J. C.; Flores, J. C. & Realpe, I. d. 2013. Fraccionamiento y cuantificación de la materia orgánica en Andisoles bajo diferentes sistemas de producción. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a07.pdf>

Salazar, R. 2012. Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento comercial de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en Talamanca. *Tecnología en Marcha*, 25. 1–10.

Samarriba, E. & Lachenuaud, P. 2013. Sucesional cacao agroforests of de amazon – Orinoco – Guiana shield. *Forests, trees and livelihoods*, 22. 51-59.

Sánchez, J. & Martínez, R. Comportamiento del cultivar de cacao (CCN-51) bajo sombra permanente de dos especies forestales maderables. 46–47.

Sánchez, K. & Suárez, J. 2014. Valoración de la preferencia local y el uso tradicional en relación con árboles de sombra en arreglos agroforestales de cacao en el Bajo Caguan, departamento del Caquetá (Colombia).

Simón, F. 1989. Programa de defensa integral contra el minador de la hoja del café. Hoja Informativa, 4. 13 p.

Simón, F. (1993). Subprograma Manejo Integrado de la Roya del Café (*Hemileia vastatrix*) en Cuba. VIII Forum Nacional de Ciencia y Técnica. 21 p.

Somarriba E. y Beer, J. 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry Systems with timber or legume service shade trees. *Agrof Syst*, 81, 109-121.

Sullca, J. A. 2010. Paquete Tecnológico de Manejo Integrado del Café. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, 12p.

Tscharntke, T.; Shonil, Y.; Bhagwat, S.; Buchori, D.; Faust, H.; Hertel, D.; Ischer, D.; Jührbandt, J.; Kessler, M.; Perfecto, I.; Scherber, C.; Schroth, G.; Veldkamp, E. & Wanger T. 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes – a review. *Journal of Applied Ecology* 48. Consultado el 12 de mayo de 2015, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x/epdf>

Trujillo, E. 2010. Matarratón Madrecacao: Excelente Arbusto Forrajero. Recuperado el 12 de mayo de 2015, de http://www.iica.int/Esp/regiones/andina/colombia/pfg/Documents/Bibliografia/especies/El_Semillero_forestal_Matarraton.pdf

Ulate, A. C.; Chaves, Ó. S.; Chacón, G. N. & Gómez, A. R. 2013. Guía Técnica SAF, Para la Implementación de Sistemas Agroforestales con Árboles Forestales Maderables. Costa Rica: Oficina Nacional Forestal.

United States Departamento of Agricultura. 2012. Manejo de cafetales bajo sombra. Recuperado el 12 de mayo de 2015, de <http://nac.unl.edu/documents/morepublications/FactSheetCafeSombra.pdf>

Vidal, J. (2013). Sistemas agroforestales. Consultado el 27 de mayo de 2015, disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201617/Guias_y_rubricas_2013-II/Sistemas_Agroforestales_2013-2.pdf

Yojan Leonardo Gutiérrez Rojas

Estudiantes de ingeniería agroecológica. Facultad de ingeniería. Universidad de la Amazonia. Florencia-Caquetá

Harrison Leandro Lozano Thola

Estudiantes de ingeniería agroecológica. Facultad de ingeniería. Universidad de la Amazonia. Florencia-Caquetá

Diego Armando Jiménez Carvajal

Ingeniero Agroecólogo. Docente Universidad de la Amazonia, Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Agroecológica.

*Autor para correspondencia:
yojan_leonardo@hotmail.com