



**AGROECOLOGÍA:  
CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA**

## **AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN YAMBORÓ**  
Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano - SENA  
Pitalito (Huila), Colombia

### **RED DE CONOCIMIENTO AMBIENTAL**

Centro para la Biodiversidad y el Turismo del Amazonas (Regional Amazonas)  
Centro de los Recursos Naturales Renovables La Salada (Regional Antioquia)  
Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial (Regional Atlántico)  
Centro para la Formación Cafetera (Regional Caldas)  
Centro de Recursos Naturales, Industria y Biodiversidad (Regional Chocó)  
Centro de Desarrollo Agroindustrial y Empresarial de Villeta (Regional Cundinamarca)  
Centro Agroecológico y Empresarial (Regional Cundinamarca)  
Centro de Gestión Industrial (Regional Distrito Capital)  
Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (Regional Huila)  
Centro Ambiental y Ecoturístico del Nororiente Amazónico (Regional Guainía)  
Centro de Desarrollo Agroindustrial Turístico y Tecnológico del Guaviare (Regional Guaviare)  
Centro Acuícola y Agroindustrial de Gaira (Regional Magdalena)  
Centro Internacional de Producción Limpia LOPE (Regional Nariño)  
Centro Agropecuario y de Servicios Ambientales “Jiri - Jirimo” (Regional Vaupés)  
Centro de Producción y Transformación Agroindustrial de la Orinoquia (Regional Vichada)

### **EDITOR GENERAL**

M.Sc. Gustavo Vega Orozco

### **CONSEJO EDITORIAL**

Ph.D. Fernando Rafael Funes Monzote  
Ph.D. Jader Muñoz Ramos  
Ph.D. Jorge Fernando Navia Estrada  
M.Sc. Jean Alexander Gamboa Tabares  
Esp. César Fabián López  
M.Sc. Augusto Prado España

### **GRUPO INVESTIGATIVO DE APOYO**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN YAMBORÓ**  
Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano  
Pitalito (Huila) Colombia

## AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Publicación del Grupo de Investigación Yamboró, que tiene como propósito facilitar la difusión de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos de la Red de Conocimiento Ambiental en temáticas relacionadas con la Agroecología, producción forestal y agroforestal, biodiversidad y gestión integral del recurso hídrico.

Volumen 3 Número 1 Año 2015 Julio - Diciembre  
ISSN 2322 - 9071  
Pitalito, Huila - Colombia

Revista en papel  
Periodicidad semestral

### **Corrección de estilo:**

M. Sc. Claudia Mercedes Ordoñez; M. Sc. Augusto Prado España, M. Sc. Juan José Villaquirán, Esp. César Fabian López Pantoja, Esp. Jenniffer Tatiana Ruíz.

### **Traducción resúmenes:**

John Jairo Bolaños Minda

### **Diseño:**

Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano

### **Portada:**

Silvia Cristina Vásquez Castro  
Faiberth Ariel Rojas Casanova

**Impreso:** Grafiarte Impresores PBX: 871 6182 Neiva - Huila

Los Textos publicados son propiedad intelectual de los autores y de la revista, que pueden utilizarse con propósitos educativos y académicos, siempre que se cite el autor y la publicación. Las opiniones contenidas en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del Editor y el Consejo Editorial de la Revista.



## **TABLA DE CONTENIDO**

### ***Editorial***

### ***Artículos de investigación***

Adopción de cercas vivas para parcelas permanentes de evaluación y monitoreo de Carbono en la Cuenca Alta del Río Pasto - Municipio de Pasto - Nariño.	6
Componentes de estructura y diversidad en los ecosistemas de la zona alta de la Cuenca La María, San José del Guaviare, Guaviare, Colombia.	12
Estudio de algunas variables en el proceso de fermentación de café y su relación con la calidad de taza en el sur de Colombia.	22
Análisis de la microestructura de dos especies de lepidópteras para modelos de prototipo en la construcción.	28
Caracterización biofísica y socioeconómica de los huertos caseros en el Municipio de Ancuya, Nariño.	34
Evaluación del desempeño ambiental como herramienta para la sostenibilidad (Green Campus) en el Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano.	42
Evaluación Preliminar del Funcionamiento de un Sistema Prototipo de Humedales artificiales empleando <i>Heliconia psittacorum</i> y <i>Cyperus papyrus</i> para el Tratamiento de Aguas Residuales.	51
<b><i>Instrucciones para Autores</i></b>	61



Más trabajo

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA

CENTRO DE GESTIÓN Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE SURCOLOMBIANO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN YAMBORÓ

## AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Agroecol. Cienc. Tecnol. Vol. 3 No. 1 (Julio, 2015): 7-12

### *EDITORIAL*

El Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano con el apoyo del equipo técnico y profesional ha venido trabajando en el desarrollo de las competencias laborales de los aprendices, a través de la formación por proyectos basada en la estrategia de formación Aprender – Haciendo. Es así como el Centro presenta la V edición de la Revista de investigaciones AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y TECNOLOGÍA, generada a partir de los resultados de experiencias exitosas de investigación ejecutadas por los profesionales del Centro en el marco de los procesos de formación técnica y tecnológica con los aprendices de los diferentes programas durante la vigencia 2015.

La presente revista consolida información de rigor científico, construida con un alto valor académico, la cual ha sido liderada por el Grupo de Investigación Yamboró, Sennova y Tecnoparque con el fin de dar a conocer los resultados de los procesos de formación e investigación desarrollados en el Centro.

De la misma manera, en ella, se plasman las necesidades del sector productivo de la región y se evoca a la academia a contribuir con investigaciones que den respuesta a las necesidades identificadas, con el objetivo de contribuir a la consolidación de la visión del Sena, formando profesionales integrales, apropiados de las tecnologías de la innovación y la comunicación que contribuyan a la competitividad de las empresas, la región y el país.

La producción de esta revista, además de dar a conocer el trabajo de investigación del equipo, permite mostrar los resultados de la formación desde los centros de provincia, y dar a conocer la forma como dichos trabajos impactan la región de manera positiva contribuyendo a la generación de paz en Colombia.

Ana Mercedes Pena Atahualpa  
Subdirectora CGDSS

## ADOPCIÓN DE CERCAS VIVAS PARA PARCELAS PERMANENTES DE EVALUACIÓN Y MONITOREO DE CARBONO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO MUNICIPIO DE PASTO – NARIÑO

Diana María Guerrero P. <sup>1</sup>  
John Jairo Hernández B. <sup>2</sup>  
Álvaro Diego Albornoz M. <sup>3</sup>

| Recibido: 12 de Junio de 2015 | Revisado: 19 de Junio de 2015 | Aceptado: 24 de Junio de 2015 |

### Resumen

El estudio se realizó en la microcuenca de la quebrada Cabrera, municipio de Pasto (Nariño), localizada al oriente de la ciudad de Pasto a 7.5km, a una altura entre 2725m y 3500m (Gómez, 2003). La selección y establecimiento de las prácticas agroforestales se realizó conjuntamente con la comunidad, tomando como base la metodología de la Guía de Diagnóstico y Reordenamiento Sostenible de la Finca Campesina (IMCA, 2003). Como resultado, se obtuvo un total de 2222 plántulas establecidas en cercas vivas, distribuidas en 18 fincas que cubren una extensión de 3.33Km. Se analizó la capacidad de adopción de arreglos agroforestales por la comunidad, estimándose un 54% de probabilidad de adopción del arreglo agroforestal de cercas vivas. Se tuvieron en cuenta los atributos de superioridad, compatibilidad, simplicidad, factibilidad y observabilidad. Las parcelas para evaluación y monitoreo de carbono se establecieron en 8 fincas de productores que representan el 36% (1,2Km) del total de cercas vivas establecidas en la zona con tres especies (*Alnus jorullensis*, *Acacia decurrens* y *Morella pubescens*), con cuatro repeticiones por especie (12 parcelas y 66 árboles/parcela). La sobrevivencia, altura y diámetro basal de 0, 30 y 60 días se sometieron a un Análisis de Varianza - ANDEVA, donde no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para las variables de altura y diámetro.

**Palabras clave:** Cerca viva, Sistemas agroforestales, carbono, adoptabilidad.

### Abstract

The study was conducted in the watershed of Cabrera, municipality of Pasto (Nariño), located east of the city of Pasto 7.5km at an altitude between 2725m and 3500m (Gómez, 2003) broken. The selection and establishment of agroforestry practices was conducted jointly with the community, based on the methodology of the Guide to Diagnosis and Sustainable Reorganization of Rural Finca (WSBI, 2003). As a result, a total of 2222 seedlings established in hedges, in 18 farms covering an area of 3.33km was obtained. Making capacity of community agroforestry arrangements analyzed, estimating a 54% probability of adoption of agroforestry arrangement of hedges. The attributes of superiority, compatibility, simplicity, feasibility and observability were taken into account. The plots for carbon monitoring and evaluation were established in 8 farms of producers representing 36% (1.2 kms) of all hedges established in the area with three species (*Alnus jorullensis*, *Acacia decurrens* and *Morella pubescens*) with four repetitions per species (12 plots and 66 trees / plot). Survival, height and basal diameter of 0, 30 and 60 days were subjected to analysis of variance - ANOVA, where no significant differences ( $p < 0.05$ ) for the variables height and diameter were observed.

**Key-words:** Living fence , Agroforestry , carbon, adoptability

<sup>1</sup> I.Af. M.Sc. en Recursos Hídricos, Instructora Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Autor para correspondencia: dmguerrerop@misena.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero Agroforestal.

<sup>3</sup> MSc en Ciencias Químico-biológicas – Líder Regional SENNOVA Nariño.

## Introducción

Los avances en el desarrollo del sector industrial, la expansión de la frontera agrícola y la intervención de zonas boscosas, han generado una preocupación a nivel mundial sobre el impacto ambiental, que ha traído como consecuencia el cambio climático (Altieri & Nicholls, 2001). El dióxido de carbono, principal gas causante del efecto invernadero, es emitido en su mayoría por el uso de combustibles fósiles y la deforestación, se estima que del incremento en las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> (20 – 25%), provienen de cambios en el uso de la tierra hacia la actividad agropecuaria (IPCC, 2014). Las tasas actuales de deforestación de bosques tropicales a nivel de Latinoamérica son muy elevadas dando paso a la alteración de los ecosistemas naturales (Gayoso, 2001). Colombia no está por fuera de éste contexto y aunque presenta un alto deterioro de los agroecosistemas existentes, puede generar varios escenarios para la oferta de servicios ambientales, los cuales pueden ser muy concretos como caudal constante de agua dulce o el aprovisionamiento previsible de madera, o en un ámbito global la captura de carbono o belleza escénica (Bruynzeel, 2001; Bubb *et al* 2004; The Natural Conservancy, 2013, Ledo, 2013).

Para el caso de la zona andina nariñense, los bosques han sido reducidos significativamente dando paso a la siembra de cultivos agrícolas y pastos debido a la falta de alternativas económicas productivas para comunidades de escasos recursos económicos, quienes con el afán de subsistir lo afectan sin tener en cuenta los impactos que se ocasionan (CORPONARIÑO, 2004). El corregimiento de Cabrera, municipio de Pasto, no es ajeno a ésta realidad, dado que los bosques de ésta zona, han sido intervenidos a través del tiempo para dar paso a la ganadería extensiva y la extracción de madera hacia ladrilleras, construcciones y consumo en fincas y hogares, situación que ha conllevado a la disminución del bosque natural (CORPONARIÑO, 2004).

Como respuesta a este gran problema, se deben establecer proyectos para fomentar el uso sostenible de los recursos naturales que aporten en la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La presente investigación se realizó con el fin de establecer junto con la comunidad un sistema agroforestal de cercas vivas mediante parcelas permanentes para la evaluación y monitoreo de carbono, además de generar información base para estudios posteriores sobre pago de servicios ambientales.

## Metodología

La Microcuenca de la quebrada Cabrera, está localizada al oriente de la ciudad de Pasto a 7.5km, a una altura entre 2725m y 3500m. Tiene una superficie de 1239,10ha, hace parte del corregimiento de Cabrera (89,2%), La Laguna (3,7%) y Buesaquillo (7,1%). Geográficamente se encuentra localizada a 1°12'24.8" y 1°15'29.4" de Latitud Norte; 77°11'45.2" y 77°13'55.3" de Longitud Oeste (Gómez, 2003). Teniendo en cuenta que en la región no existen estaciones meteorológicas, se tomó como referencia la estación pluviométrica de Río Bobo y Botana, determinando que la precipitación tiene un comportamiento bimodal con periodos húmedos comprendidos entre los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre con máximos en octubre de 103mm y abril de 99mm, mínimos de 49 mm en agosto y 70 mm en febrero, su precipitación media anual es de 949mm (Ministerio de Ambiente Vivienda y De-sarrollo Territorial, 2004), la temperatura media mensual es de 12.46°C, con un máximo de 21.1°C y mínimo de 5.8°C, de acuerdo con la clasificación de zonas de vida, ésta región pertenece a bosque seco montano bajo (bsMB) (Gómez, 2003).

## Descripción de tratamientos

La selección de usuarios y fincas para establecimiento de parcelas, se realizó a partir de reuniones con asociaciones productivas de la zona, en las que se aplicaron las metodologías de adoptabilidad y adopción con las que se definieron los tipos de arreglos agroforestales a establecer (cercas vivas), especies (*Alnus jorullensis* H.B.K, *Acacia decurrens* Willd y *Morella pubescens* Humb. & Bonpl. ex Willd) arreglos espaciales y temporales en base al interés, compromiso y disponibilidad de área por usuario.

## Parcelas de monitoreo

Las parcelas de evaluación (100m x 1m) se establecieron con el arreglo agroforestal de cercas vivas en ocho predios de los productores vinculados al proyecto para una intensidad de muestreo del 40%, utilizando las especies Laurel de cera (*M. pubescens*), Aliso (*A. jorullensis*) y Acacia amarilla (*A. decurrens*) en las que se evaluaron las variables dendrométricas para una intensidad de muestreo equivalente al 26% (792 plántulas).

Las ocho fincas para el establecimiento de las parcelas permanentes para monitoreo de carbono, se seleccionaron por medio del muestreo teórico propuesto por Glaser y Strauss (1967) citado por

Sanahuja y Silva, (2001); éste tipo de muestreo se caracteriza por el proceso de recolección de datos para analizar conjuntamente la selección y codificación de la información y luego decidir qué parte de la información escoger para desarrollarla de modo que se puedan establecer criterios muestrales que contribuyan a sostener su validez.

### **VARIABLES EVALUADAS.**

La dinámica de las parcelas permanentes fue evaluada con las variables de crecimiento: diámetro basal, altura de las plántulas, número de hojas y rebrotes, permitiendo realizar y generar una propuesta para fijación de carbono en los diferentes componentes (biomasa aérea, biomasa radicular, hojarasca, entre otras). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el procedimiento ANDEVA y la comparación de medias, mediante pruebas de t.

Para la medición del diámetro basal, se utilizó un piezómetro; para la altura de plántulas, una regla graduada; para el número de hojas, rebrotes y porcentaje de sobrevivencia, se realizó un análisis visual. Las evaluaciones se realizaron cada 30 días.

## **Resultados y discusión**

### **Adopción de cercas vivas**

Se realizó un análisis de adoptabilidad prospectiva del arreglo agroforestal de cercas vivas, con el propósito de conocer la recepción de las recomendaciones de establecimiento en las fincas del grupo de productores involucrados en el proyecto, basándose en la visión que tenía cada usuario dentro de su predio para interpretar la posible apreciación del mismo bajo los atributos de simplicidad, observabilidad, superioridad, compatibilidad, factibilidad y probabilidad (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de adoptabilidad del arreglo agroforestal de cercas vivas, utilizando los atributos de simplicidad, observabilidad, superioridad, compatibilidad, factibilidad y probabilidad.

El grupo de productores mencionó que los atributos más importantes para la adopción de los sistemas agroforestales son: la simplicidad y la observabilidad, puesto que representan de alguna manera la utilización de la mano de obra familiar, se tienen los insumos necesarios en la finca para la implementación y porque requieren encontrar resultados a corto plazo. En cuanto a la superioridad se registró la

importancia que tienen las cercas vivas a los sistemas de producción. El atributo de factibilidad obtuvo una baja calificación, debido a la carencia de material vegetal y acompañamiento técnico para el adecuado manejo de las cercas.

En los últimos años el sistema de cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, no sólo porque su establecimiento significa un ahorro del 54% con respecto al costo de las cercas convencionales; sino porque constituye una forma de reducir la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña (Callo-Concha *et al* 2001; Calderón *et al* 2013).

### **Establecimiento de cercas vivas**

Para el establecimiento de las cercas vivas, se realizó una capacitación a cada productor, para señalar la importancia de las labores culturales necesarias para cada especie escogida. En total, se establecieron 2.222 plántulas distribuidas así: 611 de Laurel de cera (*M. pubescens*), 845 de Aliso (*A. jorullensis*), 551 de Acacia amarilla (*A. decurrens*), 150 de Quillotocto (*Tecoma stans*) y 65 de Cajeto (*Cytharexylum subflavescens*), que ocuparon un espacio lineal de 3,33Km. Mediante la incorporación de plantaciones de cercas vivas en las fincas, se reconoció la importancia por parte de los productores en presentar alternativas que mejoren el ambiente, principalmente por la diversificación en el predio con especies que ya han sido establecidas a nivel local y que han generado servicios en la comunidad.

Establecimiento de parcelas de monitoreo de carbono. El establecimiento de las parcelas permanentes para monitoreo de carbono, se realizó con cuatro repeticiones por especie, para un total de 12 parcelas de evaluación. Se georreferenció cada parcela para facilitar las evaluaciones y dar seguimiento de las variables evaluadas. Las parcelas seleccionadas están distribuidas en las cinco veredas que conforman la microcuenca, representando un 36% (1.2km) del total de cercas vivas implementadas en la zona (3.33km).

### **VARIABLES EVALUADAS**

La dinámica de las parcelas permanentes fue evaluada con las variables de crecimiento: diámetro basal, altura de las plántulas, número de hojas y rebrotes, lo cual permitió realizar y generar una propuesta para fijación de carbono en los diferentes componentes (biomasa aérea, biomasa radicular, hojarasca, entre otras). El total de plantas evaluadas fueron 264 por cada especie.

## Diámetro basal

En promedio, en las cuatro parcelas evaluadas por especie, el diámetro de los individuos oscilaron entre 0,19 y 0,25cm para *A. decurrens*; 0,27 y 0,36cm para *A. jorullensis* y 0,31 y 0,34cm para *M. pubescens*. En la tabla 2, se muestra el resumen estadístico para diámetros en todos los períodos para todas las especies, donde el coeficiente de variación, es alto para la especie *M. pubescens*, debido a que en el momento de la siembra, las edades de las plántulas no eran homogéneas.

**Tabla 2.** Análisis estadístico general para la variable diámetro basal de las especies *A. decurrens*, *A. jorullensis* y *M. pubescens*, con distancia de siembra de 1.5m entre plantas ( $p < 0.05$ ).

Especie	Días de siembra	Plántulas evaluadas	E. descriptivos		E. Dispersión		P-value
			Media (cm)	Varianza	Desviación típica	Coefficiente de variación	
<i>A. decurrens</i>	0	264	0.19	0.002	0.05	0.263	0.0001*
	30	264	0.24	0.003	0.06	0.25	
	60	264	0.28	0.004	0.06	0.214	
<i>A. jorullensis</i>	0	264	0.29	0.005	0.07	0.241	0.07
	30	264	0.37	0.006	0.08	0.216	
	60	264	0.43	0.008	0.09	0.209	
<i>M. pubescens</i>	0	264	0.31	0.050	0.23	0.742	0.07
	30	264	0.35	0.060	0.25	0.714	
	60	264	0.38	0.060	0.25	0.658	

\* Significativo 95% de confianza

## Altura

En promedio, en las cuatro parcelas evaluadas por especie, la altura de los individuos oscilaron entre 14,23 y 18,55cm para *A. decurrens*; 15,45 y 22,40cm para *A. jorullensis*; 16,58 y 22,66cm para *M. pubescens*. En la Tabla 3 se presenta el resumen del análisis estadístico para la prueba de t al 95% de confianza, mostrando diferencias significativas entre parcelas para la especie *A. decurrens*.

**Tabla 3.** Análisis estadístico general para la variable altura de las especies *A. decurrens*, *A. jorullensis* y *M. pubescens*, con distancia de siembra de 1.5m entre plantas ( $p < 0.05$ ).

Especie	Días de siembra	Plántulas evaluadas	E. descriptivos		E. Dispersión		P-value
			Media (cm)	Varianza	Desviación típica	Coefficiente de variación	
<i>A. decurrens</i>	0	264	14,23	38,58	6,21	0,44	0,01*
	30	264	18,55	44,16	6,65	0,36	
	60	264	22,09	54,06	7,35	0,33	
<i>A. jorullensis</i>	0	264	15,45	20,6	4,54	0,29	0,09
	30	264	17,94	22,84	4,78	0,27	
	60	264	22,4	25,67	5,07	0,23	
<i>M. pubescens</i>	0	264	16,58	123,530	11,11	0,67	0,06
	30	264	19,46	142,660	11,94	0,61	
	60	264	22,66	148,670	12,19	0,54	

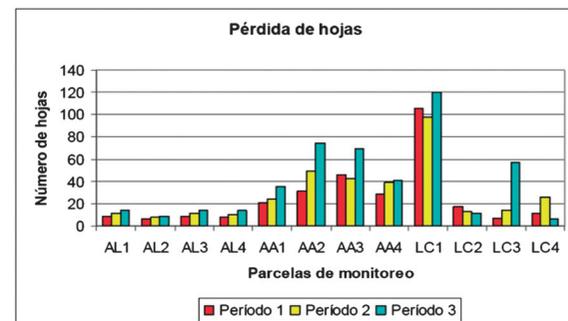
\* Significativo 95% de confianza

## Hojas

Sé observó en general que la especie *M. pubescens* tuvo un porcentaje de pérdida de hojas con respecto al último período de evaluación en la parcela LC2 de 35% y en la parcela LC4 42,2%, debido al estrés por adaptación a la zona; mientras que *A. decurrens* y *A. jorullensis*, no presentaron pérdida de hojas en ninguna de las parcelas con respecto al último período (Figura 1)

No se reconoce a que hacen referencia los códigos mencionados, se le recomienda hacer explicación en la metodología acerca de la distribución de las parcelas y sus codificaciones

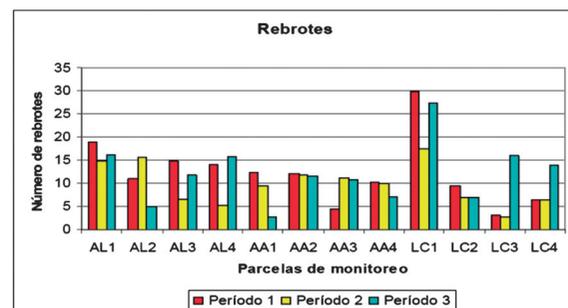
**Figura 1.** Evaluación de la pérdida de hojas para las especies *A. decurrens* (AL1, AL2, AL3 y AL4) *A. jorullensis* (AA1, AA2, AA3 y AA4) y *M. pubescens* (LC1, LC2, LC3 y LC4) en cuatro parcelas y tres periodos de evaluación (0, 30 y 60 días).



## Rebrotos

En las evaluaciones realizadas en los tres períodos en todas las parcelas y para todas las especies, se encontró que los rebrotos en la parcela AL1 disminuyeron en un 14%, en la AL2 en un 53,98% y en la AL3 21,69% (Figura 2), debido principalmente a la respuesta de la especie *A. jorullensis* a la fácil adaptación de ésta a factores atmosféricos inestables (León y Miranda, 2001).

**Figura 2.** Evaluación del número de rebrotos para las especies *A. decurrens*, *A. jorullensis* y *M. pubescens* en cuatro parcelas y tres periodos de evaluación (0, 30 y 60 días)



## Porcentaje de sobrevivencia

Al finalizar los tres períodos de evaluación (60 días) y después del establecimiento, se procedió a contar los individuos que no sobrevivieron, obteniendo como resultado un 88% de sobrevivencia para la especie *A. jorullensis*, 91% de sobrevivencia para la especie *A. decurrens* y 92% para la especie *M. pubescens*, similar a lo reportado para especies nativas del 10% de mortalidad en plantaciones. Las diferencias encontradas con respecto a la especie *A. jorullensis* y *M. pubescens*, se debe como lo afirma León y Miranda (2001) a que la fenología de las especies está en función de las factores atmosféricos y demás condiciones necesarias para su desarrollo.

A partir de los resultados obtenidos, se diseñó una propuesta para la evaluación de la captura de carbono en las tres especies establecidas, a continuación se presente el resumen de la propuesta.

## Propuesta para el monitoreo de carbono en parcelas permanentes de cercas vivas

El pago de incentivos a los agricultores cuyos usos de tierra protegen los recursos naturales y proveen un servicio a la comunidad local, nacional y mundial, opción que podría mejorar la viabilidad financiera de las fincas (Beer, 2003). Para las especies *M. pubescens*, *A. decurrens*, y *A. jorullensis*, se plantea la realización de la evaluación de carbono a partir de que los diámetros de cada especie supere los 5cm, los cuales podrían obtenerse en edades entre los 2 y 7 años, para las condiciones ambientales de la zona de Cabrera.

Por lo anterior se plantea la metodología para evaluación de carbono en todos sus componentes, teniendo en cuenta las parcelas permanentes establecidas, y que a partir de la evaluación que se realice, darle seguimiento, en periodos comprendidos entre 12 y 16 meses cada uno.

Para el muestreo de un área de 100m<sup>2</sup>, se deberá realizar un muestreo aleatorio con el 10% (6 árboles por parcela) de la población total, teniendo en cuenta los rangos específicos de diámetros que estarán distribuidos así: diámetro más pequeño – diámetro promedio – diámetro mayor, con el fin de realizar estudios posteriores para crecimiento mediante modelos alométricos.

El primer monitoreo se realizará a los 12 meses después de la evaluación con el 5% (tres árboles por parcela)

del total de las especies sin evaluación. El monitoreo, se seguirá realizando anualmente con el 1% (un árbol por parcela) del total de árboles sin evaluación.

Esta propuesta, permitirá una evaluación y seguimiento continuo de carbono, que permitan realizar modelos alométricos para cada uno de los componentes, como lo menciona Vine *et al* 1999, la creación de parcelas permanentes, datos de inventario forestal o técnicas alométricas pueden ser usadas en ello.

## Conclusiones

Los arreglos agroforestales que presentaron mejor adoptabilidad por los productores para parcelas permanentes de evaluación y monitoreo de carbono en las fincas fueron las cercas vivas con las especies *Acacia decurrens*, *Alnus jorullensis*, *Morella pubescens*, debido al conocimiento de los usos y propiedades de éstas especies en la región.

La especie *Morella pubescens* no se adapta fácilmente a cambios bruscos de temperatura y humedad, es porque hay pérdida en la cantidad hojas en el tercer periodo de evaluación que se recuperara en el periodo de adaptación

La propuesta de monitorio de carbono permitirá generar modelos alometricos específicos para especies nativas en las zonas alto andinas del país

## Literatura citada

**Altieri, M y Nicholls, C. 2001.** Perspectivas agroecológicas: Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Barcelona: ICARIA EDITORIAL, 247p.

**Bruijnzeel, L. A. 2001.** Hydrology of tropical montane cloud forests: A reassessment. Land Use and Water Resources Research 1:1.1-1.8.

**Bubb, P., May, I., Miles, L. y Sayer, J. 2004.** Cloud forest Agenda. UNEP-WCMC. Cambridge, UK.

**Calderón, M., Romero – Saltos, H., Cuesta, F., Pinto, E., Báez, S. 2013.** Monitoreo de contenidos de flujos de carbono en gradientes altitudinales. Protocolo 1 – Versión 1. CONDESAN/COSUDE: Quito, Ecuador. 64p.

**Callo-Concha, D., Krishnamurthy, L., y Alegre, J.** Cuantificación de carbono secuestrado por algos

saf's y testigos, en tres pisos ecológicos de la amazonía del Perú. En: Simposio internacional Medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 18 al 20 de octubre de 2001. p. 6.

**Corporación Autónoma Regional De Nariño, 2004.** Plan de acción trianual 2004 – 2006. CORPONARIÑO. Pasto, Junio de 2004. p. 4 – 10, 29.

**Gayoso Aguilar, J., 2001.** Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. Trabajo presentado en Taller Secuestro de Carbono. Mérida, Venezuela, 22p.

**Gómez España, O., 2003.** Plan de ordenamiento y manejo ambiental de la microcuenca Quebrada Cabrera: Corregimiento de Cabrera - Municipio de Pasto. Alcaldía Municipal de Pasto y Secretaría de Medio Ambiente. Pasto, p. 44.

**INSTITUTO MAYOR CAMPESINO (IMCA) 2003.** Guía de diagnóstico y reordenamiento sostenible de la finca campesina. IMCA, Buga (V), 2003.

**Ledo, A. 2013.** Tratado sobre la distribución espacial de las especies leñosas de un bosque de niebla tropical. Asociación española de ecología terrestre. Ecosistemas 22(1) 77 – 79 (Enero – Abril, 2013).

**León Guevara, J. A. y Miranda, M. 2001.** Estudio fenológico de diez especies forestales nativas, en la microcuenca las tiendas, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Trabajo de grado. (Ingeniero Agroforestal), Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal Pasto, 2001. p. 52.

**MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DE-SARROLLO TERRITORIAL. 2004.** Agenda ambiental municipal de Pasto. Dirección de desarrollo territorial. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Pasto, Colombia. 510p.

**PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2014.** Cambio climático 2014, impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsable de políticas. GT II. 53p.

**Sanahuja, S. & Silva, A. 2001.** Muestreo teórico y estudios del discurso: una propuesta teórico - metodológica para la generación de categorías significativas en el campo del Análisis del Discurso.

En: I coloquio nacional de investigadores en estudios del discurso el estudio del discurso: metodología multidisciplinaria. p. 2.

**The Natural Conservancy. 2013.** Factibilidad económica de los fondos de agua: Ventajas competitivas de invertir en conservación. Colombia, 32p.



## COMPONENTES DE ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD EN LOS ECOSISTEMAS DE LA ZONA ALTA DE LA CUENCA LA MARIA, SAN JOSE DEL GUAVIARE, GUAVIARE, COLOMBIA

Andrés González Zapata<sup>1</sup>  
Angie Beltrán Contreras<sup>2</sup>  
Katherine Vargas Alfonso<sup>2</sup>  
Sonia Marcela Bermúdez<sup>2</sup>  
Claudia Ariza Coral<sup>2</sup>  
Leidy Díaz Romero<sup>2</sup>  
John Castañeda Salcedo<sup>2</sup>  
Harold Rengifo Montaña<sup>2</sup>

| Recibido: 23 de Junio de 2015 | Revisado: 01 de Julio de 2015 | Aceptado: 08 de Julio de 2015 |

### Resumen

El presente estudio se realizó en la zona alta de la Cuenca Hidrográfica La María, en el departamento del Guaviare, con el fin de identificar los componentes de estructura y diversidad en 7 ecosistemas identificados bajo procedimientos de zonificación ambiental realizados por el Proyecto REDD La María. Los resultados obtenidos para el diagnóstico de riqueza, abundancia y estabilidad de los ecosistemas sugieren la situación de los ecosistemas en: alta diversidad, condiciones preocupantes de presencia de especies pioneras y una estabilidad ecológica influenciada por procesos de cambio de uso del suelo para ganadería extensiva predominantemente.

**Palabras clave:** Estructura, Diversidad, Estabilidad Ecológica.

### Abstract

This research was carried on high land from La María Basis, Guaviare, Colombia. The objective has the determination of structure and diversity conditions in 7 ecosystems determined in ordenation process in the REDD La Maria Project. The results in richness and abundance variables and ecological stability suggest the ecosystems situation in: high diversity, deficient conditions of presence of pioneer species, and ecological stability influenced for changes of land use process for introduced grassland predominantly

**Keywords:** Structure, Diversity, Ecological stability.

<sup>1</sup> Instructor CDATTG SENA Guaviare.

<sup>2</sup> Aprendices de Tecnólogo en Gestión de Recursos Naturales CDATTG SENA Guaviare.

## Introducción

El presente informe expone el desarrollo de un estudio para la determinación de los parámetros de biodiversidad vegetal a nivel de 7 diferentes ecosistemas de la Cuenca La María, Serranía de La Lindosa, en el departamento del Guaviare, Colombia; inscrito dentro del Proyecto Macro “Estimación del componente de servicio ambiental de almacenamiento de Carbono y de Biodiversidad en los ecosistemas de la Microcuenca La María, Serranía de La Lindosa, San José del Guaviare” como conformación de un programa a largo plazo de definición de elementos ecológicos para el establecimiento de una propuesta REDD modelo de las zonas protegidas en la Amazonía Colombiana.

La Cuenca de La María representa la mayor prioridad de las cuencas hidrográficas del departamento del Guaviare para conservación, pues en primer lugar a pesar de contar con un área significativa de solo 4.297 hectáreas, es la responsable por la disponibilidad de agua potable para 35.000 habitantes del casco urbano de San José del Guaviare, representando aproximadamente el 30% de la población total del departamento. Adicionalmente esta región se encuentra enmarcada dentro de Zona de Preservación Serranía de La Lindosa, unidad de manejo ambiental perteneciente al Área de Manejo Especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989); y en la Reserva Forestal Protectora de Los Caños La María, La Esperanza, Aguabonita, Caño Negro y La Lindosa como fuentes hídricas para abastecimiento de agua de la población de San José del Guaviare (Acuerdo 034 de 1982, INDERENA).

En cuanto al valor ecosistémico la Cuenca La María se encuentra delimitada dentro de la región natural de la Formación Araracuara, unidad natural caracterizada por presentar una de las unidades de suelos de mayor meteorización del país (Andrade, 1983), en la cual confluyen adaptaciones y endemismos especiales tanto para flora y fauna que deben ser reconocidos, estudiados y aprovechados sosteniblemente. A pesar de presentar unidades de suelos con muy baja fertilidad natural y gran presencia de paisajes rocosos y arenosos, se perciben índices de diversidad con valores sobresalientes para todas las interacciones de flora y fauna (López *et al* 2008).

Esta zona protegida en la actualidad a pesar de su importancia se encuentra bajo serios riesgos de degradación debido a conflictos de usos del suelo, dentro de los que se encuentran en orden de importancia La ganadería extensiva, La minería para extracción de material de cascajo, las quemadas para potrerización de sabanas, entre otros, los cuales definen enormes peligros

para el cumplimiento de las funciones ecosistémicas, dentro de las que se encuentran la regulación hídrica de un caudal necesario para suplir las necesidades básicas de la población del casco urbano del municipio de San José del Guaviare (Plan de Manejo Micro Cuenca La María 2012).

La definición de elementos de biodiversidad en los diferentes ecosistemas de la Cuenca La María, es un aspecto fundamental que permite describir las dinámicas de desarrollo de ecosistemas frágiles, su comportamiento frente a los condicionantes y circunstancias de conflictos de usos del suelo, así como permiten definir las bases para la conformación de programas y proyectos de conservación y recuperación de las unidades ecológicas.

## Metodología

La zona de estudio corresponde a la zona alta de la Cuenca Hidrográfica La María ubicada en el municipio de San José del Guaviare, correspondientes a 1.789 has, determinadas desde el límite superior del embalse del acueducto municipal de la ciudad de San José del Guaviare, hasta la línea divisoria de aguas en los nacimientos (Figura 1.)

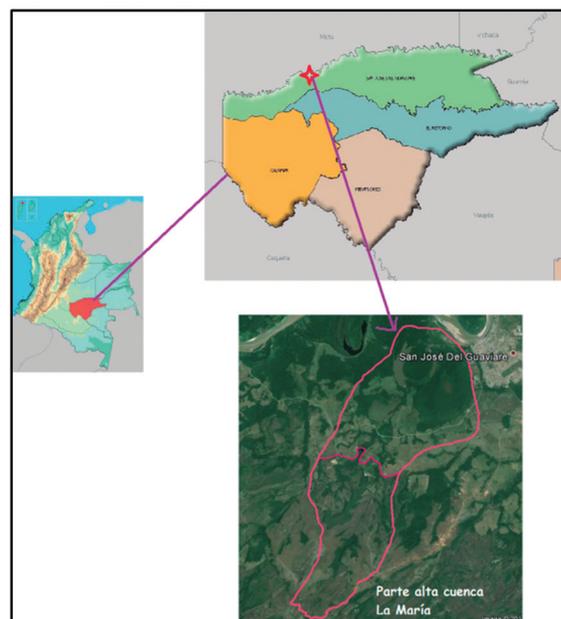


Figura 1. Ubicación de la zona alta de la Cuenca La María

Esta región se caracteriza por pertenecer a la formación de suelos Araracuara (IGAC 1999), caracterizada por el desarrollo de paisajes de afloramientos rocosos, combinados con texturas fuertemente arenosas, y baja

fertilidad natural debido a la presencia de un régimen climático húmedo constante en el tiempo (López 2007, López et al. 2008). Con respecto al clima, se presentan condiciones de Temperatura promedio anual de 28 ° C, Precipitación anual de 3.000 mm/año en régimen monomodal con verano desde diciembre hasta marzo, altura sobre el nivel del mar entre 200 y 400 m; que permiten caracterizar esta región dentro del Bosque húmedo tropical, según el sistema de Zonas de Vida de Holdridge (Corporación CDA, 2006).

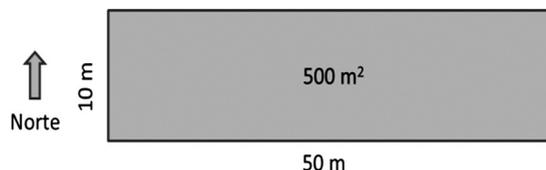
En cuanto a las relaciones de flora y fauna, se determina la aparición de un alto índice de endemismos y relaciones inter específicas, definidos por la aparición de especies únicas de flora en condiciones singulares de afloramientos rocosos y suelos altamente arenosos como son por ejemplo la Flor del Guaviare *Paepalanthus formosus* (MOLDENKE) (Corporación CDA 2006). Adicionalmente estas extensas áreas son uno de los pocos ecosistemas disponibles en Colombia para el desarrollo de especies predatoras grandes, como son el Tigre Mariposo *Pantera onca* (L).

El objeto específico de esta investigación fue diferenciar los componentes de diversidad vegetal en 7 ecosistemas determinados en un componente de zonificación ambiental en el marco del estudio “Estimación del componente de servicio ambiental de almacenamiento de Carbono y de Biodiversidad en los ecosistemas de la Microcuenca La María, Serranía de La Lindosa, San José del Guaviare” (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Ecosistemas identificados en la zona alta de la Cuenca La María

CODIGO	ECOSISTEMA	CARACTERISTICAS	N	W	AREA (Ha)	% AR EA
P1	Afloramiento rocoso	Vegetación asociada predominante de arbustos de menos de 3m	2.466421	72.708000	50.94	3%
P2	Afloramiento rocoso	Vegetación de afloramiento rocoso con predominio de <i>Vellozia tubiflora</i>	2.469209	72.708568	342.78	19%
P3	Herbazal denso inundable arbolado	Vegetación de pastos naturales con <i>Moriche</i>	2.468108	72.704714	58.62	3%
P4	Pastos limpios	Vegetación de pastos limpios dominante	2.466486	72.704434	145.24	8%
P5	Bosques de galería	Bosques asociados a cauces hídricos	2.477608	72.704160	579.68	32%
P6	Herbazal denso de tierra firme arbolado	Predominio de pastos con vegetación de Chaparro	2.486594	72.688544	422.62	24%
P7	Arbustal denso	Predominio de especies de familia Clusiaceae y Euphorbiaceae	2.500260	72.675938	166.22	9%
P8	Tierra desnudas y degradadas	Sin presencia de vegetación	2.518429	72.688478	12.78	1%
P9	Zonas quemadas	Sin presencia de vegetación	2.481830	72.696517	10.24	1%
<b>Total</b>					<b>1789.12</b>	<b>100%</b>

Para cada uno de estos ecosistemas se determinó un proceso de delimitación y levantamiento de parcelas rectangulares bajo el uso del método de brújula y cinta, definiendo una superficie de 10 m por 50 m para un área total de 500 m<sup>2</sup> por cada parcela. Las parcelas fueron delimitadas utilizando como puntos cardinales el Norte y el Oriente en las variables de Ancho y Largo (Figura 2).



**Figura 2.** Delimitación y dimensiones de las parcelas forestales

Como parámetros de recolección de información se tomaron los siguientes:

- Coordenadas Norte y Occidente bajo formato de coordenadas geográficas
- DAP: Diámetro a la altura del pecho
- Altura total: altura desde el suelo hasta la última rama superior
- Altura comercial: altura desde el suelo hasta la primera rama del tallo
- Diámetro de copa: medición de la proyección de la sombra de la copa en 2 direcciones ortogonales (Lema 1995)
- Tallos: Descripción de textura, presencia de exudados
- Raíz: Descripción de tipo (tubular, adventicia, bambas)
- Ramificación: Tipo (alterna, opuesta, verticilada)
- Hojas: Composición (simples, compuestas), Disposición (alternas, opuestas, verticiladas), presencia de exudados, otros caracteres especiales
- Flores: descripción, color, olor

Para el caso de los diámetros y alturas menores de 2m se utilizó medición directa de longitud bajo la utilización de cintas métricas con precisión de + - 0,1 cm. En el caso de alturas totales superiores a los 2 m se utilizó el hipsómetro laser Nikon Forester, bajo la metodología de medición indirecta a partir de funciones trigonométricas.

Con esta información se determinó un procedimiento de sistematización para definir características dendrométricas y dendrológicas dentro de las parcelas. En el presente caso de evaluación de biodiversidad vegetal se definieron los siguientes índices para evaluación de riqueza (Magurran 2007):

$$\text{Cociente de Mezcla} = \left( \frac{\text{Individuos totales}}{\text{Especies totales}} \right)$$

Índice de Margalef

$$= \left( \frac{\text{Especies} - 1}{\text{Ln (individuos totales)}} \right)$$

Para el caso de la abundancia se utilizó el Índice de Shanon, determinado a partir de la metodología de establecimiento de valores de probabilidad para la aparición de cada especie y cálculo posterior del logaritmo natural de cada probabilidad de aparición en las especies, para la obtención del índice a partir de la sumatoria del producto del valor absoluto de la probabilidad de cada especie por el logaritmo natural de cada probabilidad (Moreno 2001).

Adicionalmente se realizó un análisis del gráfico de especies contra abundancia, donde se utilizó el orden descendente de especies con respecto a la cantidad de individuos de cada especie, por lo cual se evaluó el grado de estabilización de los ecosistemas con respecto a la presencia de especies pioneras.

## Resultados y Discusión

### Riqueza

Se reporta un total de muestreo de 1.501 Individuos, con un total de representación de 98 especies en los 7 ecosistemas muestreados (Cuadro 2). Las 98 especies reportadas se agruparon en 55 familias botánicas y 75 géneros, con lo que se infiere una gran diversidad de vegetación para un área de tan solo 1.789 has. En toda la región de desarrollo de La Serranía de La Lindosa (12.000 has), donde se encuentra inmersa la Cuenca de La María, López 2005 y López et al 2008, reportaron un total de 152 y 311 especies respectivamente. Esto sugiere que la zona alta de la Cuenca La María presenta en sólo el 14% del área de la Zona de Preservación de La Serranía de La Lindosa, más del 30% de la biodiversidad vegetal reportada para esta zona.

Estudios adicionales en bosques de galería de la Cuenca La María en la Zona Alta, presentan un reporte de 47 especies, representadas en 25 familias botánicas y 38 géneros (García y Galíndez, 2012). Comparando estos registros con los determinados en el presente estudio, en una sola parcela levantada en la zona alta de la Cuenca La María se presentaron un total de 32 especies, aproximadamente el 68% de las especies reportadas por el estudio citado.

**Cuadro 2.** Resumen de muestreo en los 7 ecosistemas estudiados.

PARCELA	ECOSISTEMA	ESPECIES TOTALES	INDIVIDUOS TOTALES
P1	Afloramiento rocoso	22	128
P2	Afloramiento rocoso predominio de <i>Vellozia</i>	16	228
P3	Herbazal denso inundable arbolado	14	51
P4	Pastos limpios	12	61
P5	Bosques de galería	32	930
P6	Herbazal denso de tierra firme arbolado	9	34
P7	Arbustal denso sobre afloramiento rocoso	17	69
TOTALES ACUMULADOS		98	1501

Dentro de los resultados se puede deducir acerca de la mayor cantidad de individuos y especies reportados en los ecosistemas de Bosques de Galería, donde la gran disponibilidad de agua durante todo el año hace de estos ecosistemas un hábitat apropiado para el desarrollo de gran variedad de especies, logrando un número de 32 especies y 930 individuos en solo 530m<sup>2</sup>.

En caso paralelo sería de esperar que el menor número de individuos y menor número de especies se encontrara en los sistemas de afloramiento rocoso, por la obvia ausencia de sustrato de suelos para la formación de coberturas vegetales. En sí los datos arrojados sugieren un tipo de diversidad interesante en los afloramientos rocosos; pues el ecosistema de menor diversidad del sistema de afloramiento rocoso, el afloramiento rocoso con predominio de la especie *Vellozia tubiflora* (A.Rich.) Kunth, presentó un mayor número de especies y de individuos que cualquier ecosistema de pasturas. Así, los ecosistemas de afloramiento rocoso presentaron entre 69 y 228 individuos en cada parcela, y un total de especies entre 16 y 22 para la misma superficie.

Para el caso de los pastizales, se presentan los ecosistemas de Pastos Limpios, Herbazal denso inundable arbolado, y Herbazal de Tierra Firme Arbolado, con los menores reportes de especies e individuos. Cabe resaltar que gracias a las dinámicas de quemas para potrerización en algunas fincas del sector, se tiene que los ecosistemas de pastos con mayor presencia de especies son los que presentan mayor disponibilidad de agua: el Herbazal Denso Inundable Arbolado, con un total de 14 especies, frente a los de Pastos Limpios y Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado con 12 y 9 especies respectivamente. En estos ecosistemas no existe un afloramiento rocoso definido, y se percibe un incipiente pero desarrollado sustrato de suelos arenosos.

Así se percibe que las relaciones de diversidad vegetal en la Cuenca La María, presentan relación muy estrecha con la disponibilidad de agua.

Con respecto a los índices de riqueza evaluados, se presenta una determinante significancia con respecto a los ecosistemas de Bosque de Galería y Afloramiento Rocoso. Para el caso del Cociente de Mezcla el mayor valor (29,06) se registró en el ecosistema de Bosque de Galería, ya que presentó la mayor cantidad de especies y el mayor número de individuos. Esta parcela sola aportó el 61% de los individuos muestreados y el 32% de las especies registradas. En el ecosistema de Afloramiento Rocoso con Predominio de *Vellozia tubiflora*, se reportó el segundo Cociente de Mezcla más alto (14,25), situación poco esperada, pues este ecosistema natural presenta una alta dominancia de una sola especie. El menor reporte en el Cociente de Mezcla se presenta para los ecosistemas de Pastizales, siendo el Herbazal Denso Inundable el ecosistema con menor valor (3,64) de todo el estudio (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Cocientes de Mezcla e Índices de Margalef para los ecosistemas estudiados

PARCELA	ECOSISTEMA	COCIENTE MEZCLA	INDICE MARGALEF
P1	Afloramiento rocoso	5.81818182	4.32808512
P2	Afloramiento rocoso predominio de <i>Vellozia</i>	14.25	2.76276388
P3	Herbazal denso inundable arbolado	3.64285714	3.30635212
P4	Pastos limpios	5.08333333	2.67583009
P5	Bosques de galería	29.0625	4.53535667
P6	Herbazal denso de tierra firme arbolado	3.77777778	2.26862794
P7	Arbustal denso sobre afloramiento rocoso	4.05882353	3.7788374

Para el Índice de Margalef los resultados son algo semejantes a los reportados para el Cociente de Mezcla con algunas diferencias notorias. El mejor registro fue para el ecosistema de Bosques de Galería con 4,53; seguido por el Afloramiento Rocoso (4,32) y el Arbustal Denso sobre Afloramiento Rocoso (3,77). Los menores registros se obtuvieron para el Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado y Pastos Limpios con 2,26 y 2,67 respectivamente. En sí el Índice de Margalef presenta la ventaja de comparación por ser una variable poco sensible a aspectos de tamaño de parcela y número de individuos totales (Magurran 2007).

## Abundancia

Para el caso de la abundancia se evaluaron el Índice de Shannon y El Gráfico de Especies contra Abundancia, para determinar el grado de estabilización de los ecosistemas de la zona alta de la Cuenca La María. En

los cuadros 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 se presentan los resultados de distribución de especies por abundancia para cada uno de los ecosistemas.

**Cuadro 4.** Resultados Índice de Shannon para Afloramiento Rocoso

parcela 1				
ESPECIE	INDIVIDUOS	PI	Ln PI	PI x Ln PI
1	27	0.2109375	1.556193	-0.32826
2	20	0.15625	1.856298	-0.290047
3	13	0.1015625	2.287081	-0.232282
4	12	0.09375	2.367124	-0.221918
5	11	0.0859375	2.454135	-0.210902
6	7	0.0546875	-2.90612	-0.158928
7	6	0.046875	3.060271	-0.14345
8	5	0.0390625	3.242592	-0.126664
9	4	0.03125	3.465736	-0.108304
10	3	0.0234375	3.753418	-0.087971
11	2	0.015625	4.158883	-0.064983
12	2	0.015625	4.158883	-0.064983
13	2	0.015625	4.158883	-0.064983
14	2	0.015625	4.158883	-0.064983
15	2	0.015625	4.158883	-0.064983
16	2	0.015625	4.158883	-0.064983
17	2	0.015625	4.158883	-0.064983
18	2	0.015625	4.158883	-0.064983
19	1	0.0078125	-4.85203	-0.037906
20	1	0.0078125	-4.85203	-0.037906
21	1	0.0078125	-4.85203	-0.037906
22	1	0.0078125	-4.85203	-0.037906
<b>ESPECIES</b>	22			
<b>INDIVIDUOS</b>	128	<b>INDICE SHANON</b>		2.5802115

**Cuadro 5.** Resultados Índice de Shannon para Afloramiento Rocoso con Predominio de *Vellozia*

parcela 2				
ESPECIE	INDIVIDUOS	PI	Ln PI	PI x Ln PI
1	171	0.75	0.287682	-0.215762
2	22	0.0964912	2.338303	-0.225626
3	8	0.0350877	3.349904	-0.11754
4	2	0.0087719	4.736198	-0.041546

5	8	0.0350877	3.349904	-	-0.11754
6	2	0.0087719	4.736198	-	-0.041546
7	1	0.004386	5.429346	-	-0.023813
8	1	0.004386	5.429346	-	-0.023813
9	1	0.004386	5.429346	-	-0.023813
10	3	0.0131579	4.330733	-	-0.056983
11	3	0.0131579	4.330733	-	-0.056983
12	2	0.0087719	4.736198	-	-0.041546
13	1	0.004386	5.429346	-	-0.023813
14	1	0.004386	5.429346	-	-0.023813
15	1	0.004386	5.429346	-	-0.023813
16	1	0.004386	5.429346	-	-0.023813
ESPECIES	16				
INDIVIDUOS	228	INDICE SHANON			1.0817622

Cuadro 6. Resultados Índice de Shanon para Herbazal Denso Arbolado

parcela 3				
ESPECIE	INDIVIDUOS	PI	Ln PI	PI x Ln PI
1	11	0.2156863	-1.53393	-0.330848
2	7	0.1372549	1.985915	-0.272577
3	5	0.0980392	2.322388	-0.227685
4	4	0.0784314	2.545531	-0.19965
5	4	0.0784314	2.545531	-0.19965
6	4	0.0784314	2.545531	-0.19965
7	4	0.0784314	2.545531	-0.19965
8	3	0.0588235	2.833213	-0.16666
9	2	0.0392157	3.238678	-0.127007
10	2	0.0392157	3.238678	-0.127007
11	2	0.0392157	3.238678	-0.127007
12	1	0.0196078	3.931826	-0.077095
13	1	0.0196078	3.931826	-0.077095
14	1	0.0196078	3.931826	-0.077095
ESPECIES	14			
INDIVIDUOS	51	INDICE SHANON		2.4086719

Cuadro 7. Resultados Índice de Shanon para Pastos Limpios

parcela 4				
ESPECIE	INDIVIDUOS	PI	Ln PI	PI x Ln PI
1	50	0.8196721	0.198851	-0.162993
2	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
3	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
4	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
5	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
6	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
7	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
8	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
9	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
10	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
11	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
12	1	0.0163934	4.110874	-0.067391
ESPECIES	12			
INDIVIDUOS	61	INDICE SHANON		0.9042976

Cuadro 8. Resultados Índice de Shanon para Bosque de Galería

parcela 5				
ESPECIE	INDIVIDUOS	PI	Ln PI	PI x Ln PI
1	99	0.1064516	2.240065	-0.238459
2	64	0.0688172	2.676302	-0.184176
3	43	0.0462366	3.073984	-0.14213
4	37	0.0397849	3.224267	-0.128277
5	37	0.0397849	3.224267	-0.128277
6	36	0.0387097	3.251666	-0.125871
7	36	0.0387097	3.251666	-0.125871
8	35	0.0376344	3.279837	-0.123435
9	34	0.0365591	3.308824	-0.120968
10	32	0.0344086	3.369449	-0.115938
11	32	0.0344086	3.369449	-0.115938
12	32	0.0344086	3.369449	-0.115938
13	31	0.0333333	3.401197	-0.113373
14	29	0.0311828	3.467889	-0.108138
15	28	0.0301075	-3.50298	-0.105466

16	26	0.027957	3.577088	-0.100005
17	25	0.0268817	3.616309	-0.097213
18	24	0.0258065	3.657131	-0.094378
19	24	0.0258065	3.657131	-0.094378
20	23	0.0247312	-3.69969	-0.091498
21	23	0.0247312	-3.69969	-0.091498
22	23	0.0247312	-3.69969	-0.091498
23	22	0.0236559	3.744142	-0.088571
24	21	0.0225806	3.790662	-0.085596
25	19	0.0204301	3.890746	-0.079488

**Cuadro 9.** Resultados Índice de Shanon para Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado

parcela 6				
ESPECIE	INDIVIDUOS	PI	Ln PI	PI x Ln PI
1	8	0.2352941	1.446919	-0.340452
2	6	0.1764706	1.734601	-0.306106
3	4	0.1176471	2.140066	-0.251772
4	4	0.1176471	2.140066	-0.251772
5	3	0.0882353	2.427748	-0.214213
6	3	0.0882353	2.427748	-0.214213
7	2	0.0588235	2.833213	-0.16666
8	2	0.0588235	2.833213	-0.16666
9	2	0.0588235	2.833213	-0.16666
ESPECIES	9			
INDIVIDUOS	34	INDICE SHANON		2.0785076

**Cuadro 10.** Resultados Índice de Shanon para Arbustal Denso en Afloramiento Rocoso

parcela 7				
ESPECIE	INDIVIDUOS	PI	Ln PI	PI x Ln PI
1	10	0.1449275	1.931521	-0.279931
2	8	0.115942	2.154665	-0.249816
3	7	0.1014493	2.288196	-0.232136
4	7	0.1014493	2.288196	-0.232136
5	5	0.0724638	2.624669	-0.190193
6	4	0.057971	2.847812	-0.165091
7	4	0.057971	2.847812	-0.165091
8	4	0.057971	2.847812	-0.165091

9	3	0.0434783	3.135494	-0.136326
10	3	0.0434783	3.135494	-0.136326
11	3	0.0434783	3.135494	-0.136326
12	3	0.0434783	3.135494	-0.136326
13	2	0.0289855	3.540959	-0.102637
14	2	0.0289855	3.540959	-0.102637
15	2	0.0289855	3.540959	-0.102637
16	1	0.0144928	4.234107	-0.061364
17	1	0.0144928	4.234107	-0.061364
ESPECIES	17			
INDIVIDUOS	69	INDICE SHANON		2.6554242

El comportamiento del Índice de Shanon en promedio para todas las parcelas (1.94 + - 0.70) muestra valores de diversidad menores a los registrados en estudios realizados por el Instituto Sinchi en bosques naturales de tierra firme en la región de los municipios de San José del Guaviare y El Retorno; con valores medios de 4.48 + - 0.42 (Giraldo 2004 (Cuadro 11)). Esto se puede explicar en parte por la diferencia del tamaño de muestra, ya que las parcelas utilizadas por el Instituto presentaron el doble de tamaño de las del presente estudio; aunque el índice de Shanon presenta baja sensibilidad al área de muestreo y permite valores de comparación aceptables (Gentry 1992, Colwell y Coddinton 1994).

**Cuadro 11.** Consolidado de valores de Índice de Shanon en los ecosistemas evaluados

PARCELA	ECOSISTEMA	INDICE DE SHANON
P1	Afloramiento rocoso	2.580212
P2	Afloramiento rocoso predominio de Vellozia	1.08176219
P3	Herbazal denso inundable arbolado	2.40867194
P4	Pastos limpios	0.90429763
P5	Bosques de galería	1.90325134
P6	Herbazal denso de tierra firme arbolado	2.07850756
P7	Arbustal denso sobre afloramiento rocoso	2.65542422
	PROMEDIO	1.944589
	DESVIACION ESTANDAR	0.7036802

El mayor valor en Índice de Shanon se registró para el ecosistema de Arbustal Denso sobre Afloramiento Rocoso (Parcela 7), con un valor de 2.65, seguido por el Herbazal Denso Inundable Arbolado, lo que sugiere poca presencia de especies dominantes y una estabilidad del ecosistema en el tiempo. Esto se

puede explicar, ya que al ser ecosistemas ubicados en afloramientos rocosos o en zonas de alta inundación, han sido de poco interés su transformación en sistemas productivos de ganadería y agricultura. Por el contrario el ecosistema de menor valor en el Índice de Shanon fue Pastos Limpios con un Valor significativamente menor (1.04 de separación de la Media), lo que demuestra el grado alarmante de alteración de este ecosistema que se puede explicar por los prolongados y continuos regímenes de quemas que se desarrollan en periodos casi anuales, para favorecimiento de la ganadería extensiva (Corporación CDA 2004).

Para el caso de los gráficos de abundancia de especies la mayoría de los ecosistemas presentaron el modelo de “Jota Invertida” el cual sugiere una alta presencia de especies pioneras y grados de alteración de los ecosistemas (Figuras 3,4,5,6,7 y8). El Ecosistema de Arbustal Denso Sobre Afloramiento Rocosos presenta una mayor estabilidad con respecto a la presencia de especies pioneras al presentar un modelo de gráfica de “leño partido” donde se tienen menos del 20% de especies pioneras con respecto a las otras, situación que sugiere unas condiciones poco alteradas, situación que es concordante con los resultados del índice de Shanon.

En el ecosistema de Bosques de Galería la situación resulta preocupante, pues a pesar de presentar la mayor riqueza de especies y el mayor número de individuos, su gráfico de abundancia presenta un fuerte desarrollo de especies pioneras lo que evidencia el alto grado de transformación que ha recibido probablemente por la generación de pasturas a sus alrededores, lo que posiblemente ha generalizado el efecto borde por fragmentación.

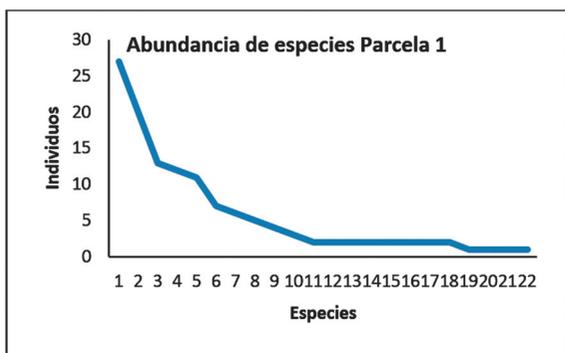


Figura 3. Gráfico de abundancia para Afloramiento Rocosos

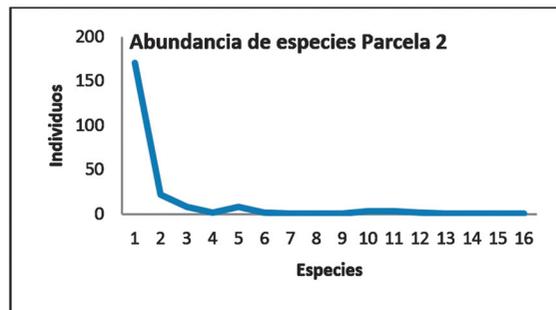


Figura 4. Gráfico de abundancia para Afloramiento Rocosos con Predominio de Vellozia

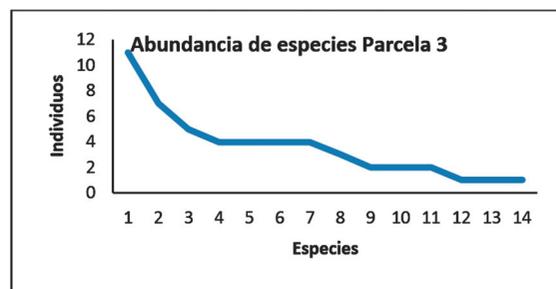


Figura 5. Gráfico de abundancia para Herbazal Denso Arbolado

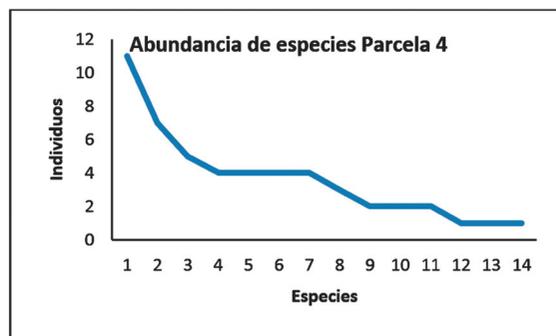


Figura 6. Gráfico de abundancia para Pastos Limpios

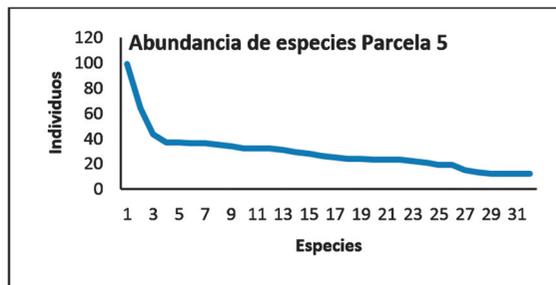


Figura 7. Gráfico de abundancia para Bosque de Galería

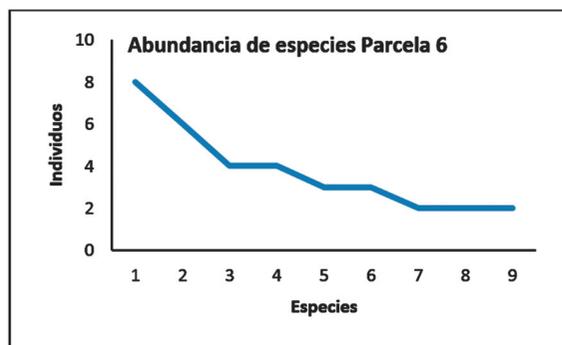


Figura 8. Gráfico de abundancia para Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado

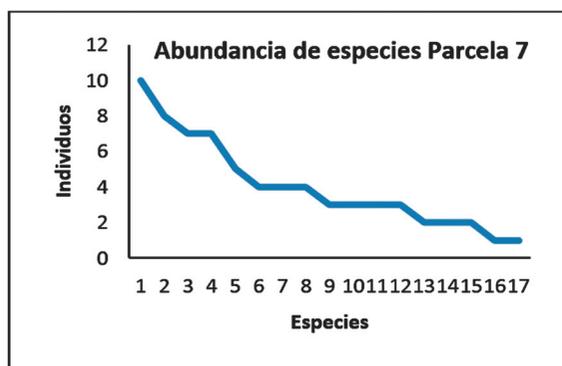


Figura 9. Gráfico de abundancia para Arbustal Denso en Afloramiento Rocoso

## Conclusiones

Los ecosistemas de la zona alta de la Cuenca La María presentan relaciones interesantes de Biodiversidad Vegetal, que pueden presentar situaciones interesantes en las dinámicas de cambios de usos del suelo históricas. En primer lugar los ecosistemas de Bosques de Galería presentan mayor biodiversidad pero un alto grado de transformación. Los ecosistemas ubicados sobre afloramiento rocoso presentan altos valores de riqueza y abundancia de especies y generalmente presentan la mayor estabilidad. Los ecosistemas de pasturas presentan índices de diversidad bajos y baja estabilidad, con presencia alta de especies pioneras, siendo los más alterados de la Cuenca.

Es importante determinar acciones para estudiar las dinámicas de cambio de los ecosistemas y su estructura interna, con el fin de determinar acciones de recuperación y conservación eficientes y realizables, pues esta es la cuenca hidrográfica de mayor prioridad para el consumo de agua potable del departamento del Guaviare.

Se deben encaminar acciones de diagnóstico en la dinámica de algunas especies endémicas de la región como son *Vellozia tubiflora* y *Paepalanthus formosus*, las cuales debido a su presencia específica en una baja superficie de la cuenca presentan un inminente peligro de extinción.

Estos ejercicios de investigación deben ser prolongados con periodicidad para identificar las dinámicas de cambio climático y la respuesta de los ecosistemas locales frente a este fenómeno de actualidad global.

Este estudio presenta como línea base el reconocimiento de los ecosistemas y su estructura ecológica básica, por lo que se recomienda utilizar este avance para el desarrollo de investigación sobre la ecología, aprovechamiento y manejo de estas especies hacia la generación de sistemas productivos sostenibles.

## Agradecimientos

En primer lugar queremos agradecer a Dios por darnos la oportunidad de realizar un buen trabajo. Adicionalmente el grupo de investigación desea agradecer a sus familias por su constante apoyo y comprensión en el desarrollo del estudio.

Un agradecimiento especial para el Ingeniero Edgar Braga Silva Subdirector del CDATTG, Gustavo Acosta Coordinador de Formación del CDATTG, Maria Camila Sánchez y Edgar Blandón, compañeros del Grupo de Investigación BIOGYGAS que apoyaron el desarrollo del proyecto.

El grupo de trabajo también quiere extender un generoso reconocimiento a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico CDA por su cooperación y asesoría para el desarrollo normativo de la investigación

Por último deseamos agradecer al señor Carlos Beltrán, habitante de la zona alta de la Cuenca La María por su colaboración para el desarrollo del estudio.

## Literatura citada

Andrade, A. (1983). *Estudio arqueológico de los Antrosoles de Araracuara: (Amazonas)*. na.

Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation.

*Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345(1311), 101-118.

**Corporación para el Desarrollo Sostenible del Nororiente Amazónico - CDA. (2006).** Plan de manejo zona de preservación Serranía de La Lindosa y su área de influencia.

**Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico - CINDAP. (2008).** Proyecto piloto demostrativo de atención integral para la recuperación de las microcuena de los caños El Retiro, Negro, Lajas y La María, fuentes abastecedoras del acueducto de San José del Guaviare.

**García, J. C., & Galindez, L. F. (2012).** CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA MICROCUENCA ABASTECEDORA DE AGUA DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (10), 31-43.

**Gentry, A. H. (1992).** Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos*, 19-28.

**Giraldo Benavides, B. (2004).** Conservación, manejo y aprovechamiento sostenible del bosque en el área de colonización del Guaviare. *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. San José del Guaviare, Colombia.*

**Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (1999).** Paisajes Fisiográficos de Orinoquía Amazonía (ORAM) Colombia. *Análisis Geográficos*. 27- 28:186-134.

**Lema A. 1995.** Dasometría. Algunas Aproximaciones a la Medición Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropacuarias. Medellín.

**López, D. C. (2007).** *Flora del escudo guayanes en Inirida (Guainia, Colombia).* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas” SINCHI”.

**López, D. C., Arboleda, N. C., Vega, M. Z., & Echeverry, M. J. (2008).** *Flora de las formaciones rocosas de la serranía de La Lindosa.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas” SINCHI”.

**López, R. (2005).** *Análisis florístico y estructural de la vegetación del sector nororiental de la Serranía La*

*Lindosa, Guaviare, Colombia* (Doctoral dissertation, Tesis de Pregrado Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá).

**Magurran, A. E. (2007).** Species abundance distributions over time. *Ecology Letters*, 10(5), 347-354.

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico CDA & Asociación de Profesionales Nueva Opción. (2012).** *Plan de manejo de la micro cuenca hidrográfica La María. Municipio de San José del Guaviare, Departamento del Guaviare.*

**Moreno, C. (2001).** Métodos para medir la Biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Cooperación Iberoamericana CYTED.

## ESTUDIO DE ALGUNAS VARIABLES EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE TAZA EN EL SUR DE COLOMBIA

César Fabián López Pantoja<sup>1</sup>  
Paula Andrea Rojas Gutiérrez<sup>2</sup>  
Liz Oriana Montaña Macías<sup>3</sup>  
Eliana Sofía Tovar Quinayás<sup>4</sup>  
Yurani Rojas Ome<sup>5</sup>  
Carlos Andrés Arcos<sup>6</sup>  
Claudia Mercedes Ordoñez<sup>7</sup>  
Gustavo Adolfo Vega<sup>8</sup>

| Recibido: 15 de Junio de 2015 | Revisado: 21 de Junio de 2015 | Aceptado: 26 de Junio de 2015 |

### Resumen

Se realizó el registro durante 80 horas continuas del comportamiento de algunas variables (pH, T° ambiente, H° relativa, grados °Brix) asociadas al proceso de fermentación de café Coffe arabica y se determinó como el tiempo de fermentación afecta la calidad de la bebida de café. La variedad utilizada fue Caturra de la finca Villa Sofia del corregimiento de Bruselas, municipio de Pitalito, Huila, Colombia. Se realizaron nueve repeticiones en recipientes abiertos (baldes). Se pudo determinar la disminución de la concentración de pH, grados brix en función del tiempo de fermentación e incremento de la calidad entre la hora 50 y 60 pero disminución considerable después de esta hora hasta la 70 presentándose características en taza como: alcohol y hongos. La temperatura ambiental y de la masa de café tuvieron comportamiento similar sin embargo, la temperatura de la masa fue siempre superior debido posiblemente al efecto de la actividad microbial. El estudio se realizó entre el mes de enero y agosto del 2014 en el Centro de Gestión y desarrollo sostenible Surcolombiano con el apoyo de aprendices del Tecnólogo en Producción agropecuaria Ecológica del centro de Gestión y desarrollo sostenible surcolombiano.

**Palabras claves:** Fermentación, grados brix, calidad de taza, Coffea arabica.

### Abstract

Registration was performed for 80 continuous hours of behavior of some variables (pH, T° environment, Br relative degrees Brix) associated with the fermentation of arabica coffee Coffee and determined as the fermentation time it affects the quality of the coffee beverage . The variety used was Caturra farm Villa Sofia's district of Brussels, municipality of Pitalito, Huila, Colombia. Nine repetitions were performed in open containers (buckets). It was determined the decrease in concentration of pH, Brix degrees depending on the fermentation time and increased quality between 50 and 60 hours but decreased significantly after this time until the cup 70 presenting characteristics as alcohol and fungi. The ambient temperature and the mass of coffee had a similar behavior however, the dough temperature was always higher effect possibly due to microbial activity. The study was conducted between January and August 2014 at the Centre for Management and Sustainable Development South Colombia with the support of learners Ecological Agricultural Production Technologist center surcolombiano management and sustainable development

**Key words:** Fermentation, brix, cup quality, Coffea arabica

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

## Introducción

Según Sunarharum et al (2014), para el consumidor, el sabor es el más importante aspecto para definir un buen café. El sabor es extremadamente complejo y se origina por numerosos procesos químicos, biológicos y físicos de la variedad, madurez de la cereza, ubicación geográfica, producción, procesamiento, torrefacción y preparación en taza. La relación entre los componentes del sabor y las propiedades presentes en la compleja matriz aún no se entienden completamente.

El mismo autor, afirma que en el procesamiento del grano de café verde, las dos principales técnicas son: el procesamiento seco (natural) y el beneficio húmedo (lavado), la diferencia entre los dos, es la operación de despulpado, así como el proceso de fermentación y lavado. El procesamiento en seco produce un café “fuerte” con un sabor medicinal, mientras que el beneficio húmedo produce un café de mejor calidad, con menos cuerpo, mayor acidez y aroma que el procesamiento en seco. Por ejemplo, Gonzalez et al 2007, afirma que en México, la poscosecha convencional del café usa mucilago microbiológico removido bajo condiciones secas, mientras en Kenya es usualmente llevado fuera del agua para prevenir la sobrefermentación del mucílago.

Evangelista et al (2009), afirma que durante la fermentación del café algunos microorganismos pectinolíticos están asociados con la degradación de la pulpa y el mucílago, lo que produce alcohol, ácidos y otros compuestos metabólicos que interfieren en la calidad final de la bebida. También afirma debe entenderse aún la influencia de los grupos específicos de cepas dentro de la actividad fermentativa procesada por métodos secos, semisecos y húmedos. Además, los metabolitos microbiológicos producidos se pueden difundir dentro del grano e influenciar la calidad final de la bebida.

El beneficio del café consiste en transformar el café cereza en café pergamino seco (CPS). En el proceso se separan las partes del fruto y se baja la humedad del grano para conservarlo. Existen dos tipos: el de vía húmeda y de vía seca, en Colombia es generalizado el primero el cual comienza con la recepción de la cereza, el despulpado, lavado y secado del fruto.

El beneficio del café tiene influencia en la calidad en taza, para Folmer (2014) existen varias formas de innovar en el proceso, como la adición de microbiota, que causan cambios en la composición precursora y generan nuevas dimensiones sensoriales en el café

tostado, afirma por ejemplo que la fermentación o el pre tratamiento del café verde antes del tostado proporciona una interesante ruta para el desarrollo de sabores y aromas. En un estudio realizado por la misma autora, compara café tostado por diferentes tratamientos (húmedo, seco y sin procesar), en el cual encontró que el café procesado en seco presenta un perfil de aroma más afrutado, el procesado por vía húmeda presenta un sabor tostado sulfuroso y el café sin tratamiento presenta un sabor dulce menor que los demás.

La fermentación puede influir en otro tipo de compuestos importantes, Charlotte et al (2013) indica que existe poca información de la influencia de procesamiento de café en niveles precisos de ácidos clorogénicos (CGA) entregados por la taza, pero que la fermentación puede tener un impacto significativo en el contenido de ácidos clorogénicos.

La fermentación es un proceso natural mediante el cual, la baba se desprende del grano, ocurre en los tanques que se recibe el grano despulpado. Este proceso se realiza por la acción de microorganismos en que provocan un leve aumento de la temperatura. Puerta (2010), menciona que las fermentaciones son procesos metabólicos de las levaduras y de varias bacterias que transforman compuestos químicos orgánicos, principalmente azúcares, en otras sustancias orgánicas más simples como etanol, ácido láctico y ácido butírico. A nivel industrial la más usada es *Saccharomyces cerevisiae*. (Vazquez & Dacosta 2007)

La importancia de la fermentación radica en que la separación de la baba, facilita el secado del grano y es indispensable para producir bebidas suaves y de alta calidad. Cualquier defecto que se ocasione por falta de control es un daño irreversible no corregible en las etapas subsiguientes. Puerta (2010). Algunos defectos ocasionados en esta etapa son: grano manchado, vinagre, y los sabores agrios y fermento en la bebida. Puerta (2012).

Actualmente la falta de conocimiento por parte de los cafeteros a cerca del comportamiento de las variables asociadas a la fermentación del café y su influencia en la calidad de taza, conlleva a realizar inadecuadamente el proceso y deteriorar la calidad de la bebida, esto, se refleja en el rechazo por parte de los compradores y la pérdida de nichos de mercado especializado. Este estudio se realizó en el marco del aprendizaje por proyectos en el Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano para determinar el comportamiento de algunas variables del proceso

de fermentación y la relación entre el tiempo de fermentación y la calidad del café bajo condiciones específicas de finca en el corregimiento de Bruselas, municipio de Pitalito, Huila, Colombia.

## Metodología

### Localización

El experimento se realizó en el corregimiento de Bruselas en la finca Villa Sofia de propiedad de la señora Luz Marina Quinayás Bambague situada a una altura de 1420 msnm y temperatura promedio de 16 grados Celsius durante el experimento.

### Selección de muestras

Se seleccionó un lote de café variedad caturra en producción. Para la cosecha del café se recogieron solo frutos rojos presentando madurez fisiológica. (Fundación Manuel Mejía 2010). La cantidad de café cereza cosechado fue de 40 kg para obtener aproximadamente 16 kg de café baba según la constante de conversión (1,81) propuesta por Montila *et al* (2008).

Posterior a la cosecha se hizo un proceso de “balseo” que consiste en sumergir los granos en agua y por densidad eliminar granos flotantes, sobremaduros y secos, finalmente una selección manual en malla. El proceso de despulpado se hizo manualmente en despulpadora marca Gaviota de dos chorros.

Los frutos fueron sometidos a fermentación con mucilago (sin agua) en nueve recipientes separados pero situados dentro del área de beneficio de la finca.

### Variables de medición

#### °Brix en lote

Se adaptó la metodología propuesta por (Arcila 1997) para cálculo de pronóstico de cosecha en la cual se toman 15 árboles/ha y todos los frutos de una rama de la zona productiva del árbol. A estos frutos se les midió grados °brix con refractómetro para determinar el grado promedio en el que se encuentran los frutos en el lote.

#### °Brix en fermentación

Se realizó con refractómetro cada cuatro horas, se sumergió una paleta en los nueve recipientes para toma de muestras y se impregnó el refractómetro para determinar los grados °brix promedio.

La medición durante el proceso de beneficio se hizo al lixiviado y a la masa de café.

### pH

Se hizo registro del comportamiento del pH con pHmetro en el lixiviado acumulado de la masa de café en fermentación.

### Temperatura y humedad

Se hizo registro de temperatura ambiente y humedad en el sitio de estudio con termohidrometro, además, de las condiciones dentro del sustrato de la masa de café.

Todas las mediciones de las variables mencionadas se realizaron cada cuatro horas durante 80 horas.

### Toma de muestras para catación

Durante el periodo de registro de tomaron muestras a la hora 30 que es la que normalmente realiza el dueño de la finca además, 50, 60, 70 para llevarla a panel de catación.

El análisis sensorial se realizó con la aplicación del protocolo SCAA, con el apoyo de un catador Q-grader. La mesa de catación estuvo compuesta por seis tazas, dos por muestra y los resultados se registraron en el formato correspondiente. Los parámetros sensoriales que se midieron fueron: Fragancia, aroma, dulzor, acidez, sabor residual, balance, uniformidad y puntaje del catador.

## Resultados y discusión

### Grados °brix

La medición de los frutos de café determinó un promedio de 16°brix inferior a lo reportado por Puerta (2010) con 17,1 lo que está relacionado con el estado de maduración del fruto. Con respecto al comportamiento de los grados brix durante la fermentación hubo decrecimiento en función de las horas de fermentación, cabe mencionar que desde la hora cero a la hora 15 los grados °brix disminuyeron de cuatro grados para continuar hasta un mínimo de seis grados. Comportamiento similar fue descrito Puerta (2010) para sistemas de fermentación sin agua los grados °brix muestran un decrecimiento exponencial y son más lentos al disminuir la temperatura externa.

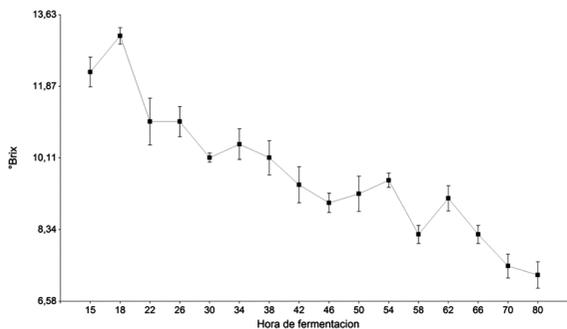


Figura 1: Comportamiento de los grados °brix en función de las horas de fermentación.

## Temperatura

Se registró una temperatura ambiente promedio de 17,9 °C y una temperatura de la masa de 16,4 °C con una diferencia de 1,5 °C entre las dos, la temperatura máxima se registró entre las 11:00 y 15:00 horas y la mínima entre las 22:00 y 3:00 horas. El comportamiento fue similar con incremento en la mañana y descenso en la noche, similar a lo reportado por Puerta (2012); quien argumenta que durante la fermentación del café se presentan variaciones de la temperatura de los granos debido a los procesos metabólicos de los microorganismos con la consecuente producción de energía, así, en algunos momentos la temperatura del sistema es mayor que la temperatura del aire externo tal como se presentó en este estudio. Con respecto a la reacción Jimenez (2011) reporta que las altas temperaturas aceleran considerablemente todos los cambios que le suceden a los monosacáridos en condiciones tanto ácidas como alcalinas; pero a pH neutro, catalizan las reacciones de caramelización y de oscurecimiento no enzimática. El calentamiento de los azúcares también favorece algunos mecanismos que implican la polimerización y la epimerización de los monosacáridos. Por ejemplo, cuando la glucosa se somete a tratamientos intensos se propicia la síntesis de oligosacáridos tales como gentiobiosa, isomaltosa, maltosa, panosa, celobiosa y otros más complejos.

Según Borbon et al (S.F), la temperatura de la masa del café desciende en zonas frías lo que retarda el proceso de fluidificación, por el contrario en zonas más cálidas se reduce el tiempo de la fermentación. Igualmente la temperatura ambiente es una variable que puede controlarse construyendo tanque angostos y altos para mantener más caliente la masa de café.

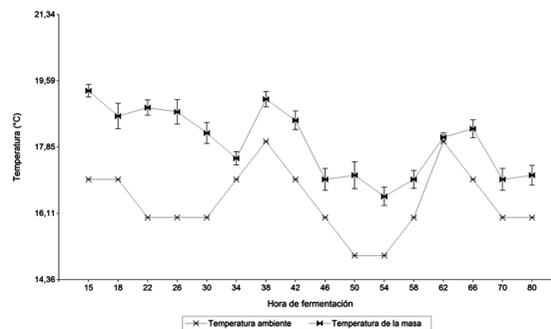


Figura 2: Comportamiento de la temperatura ambiente y la temperatura de la masa de café.

**pH:** El comportamiento del pH a partir de la 15 hora de fermentación fue fluctuante, hubo incremento y disminución relacionado de forma inversa con la temperatura ambiente y de la masa del café (figura 3). Los valores promedio fueron 3,71 y 3,62 para el pH del sustrato y lixiviado respectivamente valores inferiores a lo reportado por Puerta (2010) con pH de 5,4.

Durante la fermentación del café, el pH del sustrato disminuye más rápido en las primeras 20 horas, por la formación y disociación de ácidos, principalmente el ácido láctico que se genera en las fermentaciones lácticas, el ácido acético que se produce en las heterolácticas y en la acetificación del alcohol (8, 9), por el ácido málico presente en los granos de café y otros generados en el metabolismo celular como el cítrico, oxálico, fórmico, fosfórico y succínico; también por el ácido propiónico cuando se fermenta el ácido láctico y por el butírico de la fermentación butírica. Es más fuerte el efecto en el pH del ácido láctico que del ácido acético.

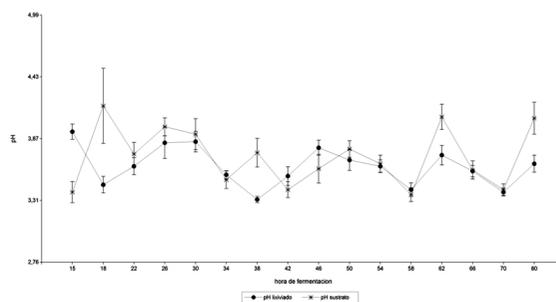


Figura 3: Comportamiento del pH del sustrato y lixivado de café.

## Pruebas de catación

Los resultados de las pruebas de catación indican que el periodo comprendido entre la hora 50 y 60 es el que generó la mayor calidad en la taza de café y después de la hora 60 pueden presentarse problemas de sobre-fermentación, lo que se refleja en la caída de la fragancia, el sabor, sabor residual y el puntaje total de la catación.

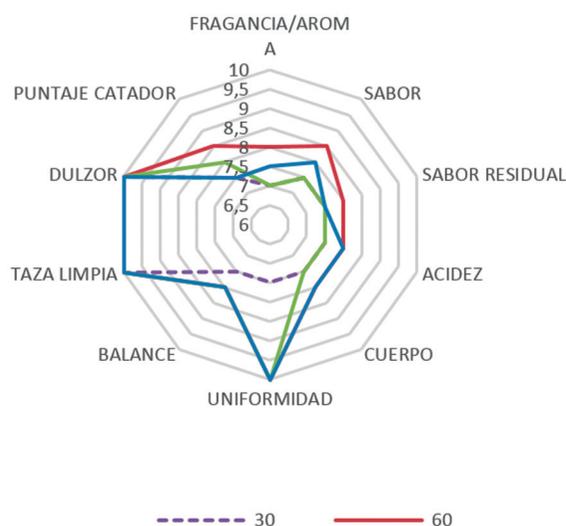


Figura 4. Resultados de la prueba de catación.

A continuación se presenta el resultado final de la prueba de catación, puede concluirse que para la prueba realizada fermentar el café durante un periodo de entre 50 y 60 horas puede incrementar significativamente la calidad al pasar de 84, 5 puntos que puede considerarse como un café de calidad corriente a 87 puntos que se considera como un café con mayor calidad sensorial.

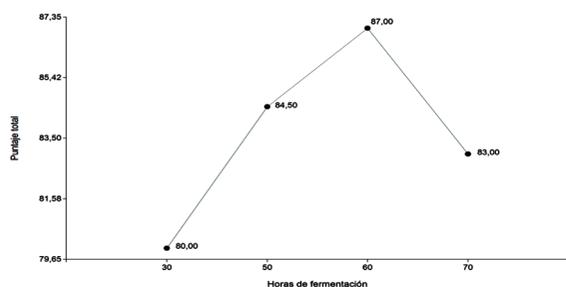


Figura 4: Resultados de la prueba de catación.

## Conclusiones

Los grados °brix y el pH disminuyen considerablemente durante la fermentación lo que es evidencia de la actividad microbial dentro de la fermentación.

El pH disminuye considerablemente hasta la 15 hora y se mantiene fluctuante en función de la temperatura ambiente durante el día y la noche.

La calidad del café puede incrementarse al aumentar las horas de fermentación sin embargo, debe tenerse cuidado de no sobrepasar el punto crítico en el cual la calidad decae y se presentan características indeseables en la bebida.

## Literatura citada

**Borbon, A; Cuellar, C; Castrillon, C; Motta, M; Herrera, C; Alvira, V; Liscano, H; Rojas, F; Polanco, J. (XXXX). (S.F).** Manejo sostenible del proceso de producción de café. USAID, CAM, SENA. 88 p.

**Evangelista, S. R, et al. 2013.** Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. Food Research International. Article in press.

**Folmer, B. 2014.** How can science help to create new value in coffee?. Nestlé Nespresso. Food Research International. Article in press.

**Fundación Manuel Mejía. 2010.** Aseguramiento de la calidad del café en la finca.

**Gonzalez, O. Suarez, M. Boulanger, R. Barel, M. Guyot, B. 2007.** Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. Journal of Food Composition and Analysis. 20, 289-296.

**Investigador Principal I.** Disciplina Fisiología Vegetal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE-Chinchiná Caldas. Noviembre de 1997.

**Jiménez, A. 2011.** Degradación de azúcares hidrólisis acida. Tesis pregrado ingeniero químico universidad michoacana de san Nicolás de Hidalgo.

**Montilla, J; Arcila, P; Aristizabal, M; Montoya, E; Puerta, G; Oliveros, C; Cadena, G. 2008.** Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio. Cenicafe ISSN: 01-20-0178.

**Puerta, G. 2010.** Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio de café. CENICAFE, ISSN: 0120 - 0178.

**Puerta, G. 2012.** Factores, procesos y controles en la fermentación del café. Avance técnico CENICAFE. ISSN: 0120-0178

**Sunarharum, W; Williams, David; Smyth, H. 2014.** Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. Food Research International. 62: 315–325.

## ANÁLISIS DE LA MICROESTRUCTURA DE DOS ESPECIES DE LEPIDÓPTERAS PARA MODELOS DE PROTOTIPO EN LA CONSTRUCCIÓN

Jemid Gasca<sup>1</sup>  
Margarita Tovar<sup>2</sup>  
Carolina Ávila Cubillos<sup>3</sup>  
Jeimy Alexandra Viveros Mafla<sup>4</sup>  
Yesica Andrea Beltrán Solano<sup>5</sup>

| Recibido: 22 de Mayo de 2015 | Revisado: 27 de Mayo de 2015 | Aceptado: 02 de Junio de 2015 |

### Resumen

La biología de los animales permite ver estructuras que plantean alternativas para la resolución a métodos convencionales de la ingeniería, motivando así el desarrollo de técnicas de caracterización como fuerza atómica (AFM) y microscopía de barrido electrónico (SEM), para análisis de futuros modelos o prototipos basados en micro escala y nano escala. El uso de estas técnicas, permite analizar características de la naturaleza, como el ala de la mariposa. La compleja disposición de sus escamas les confiere a las mariposas flexibilidad, impermeabilidad, resistencia, peso liviano, auto limpieza, suavidad, capacidad de termorregulación para disipación y/o absorción del calor, entre otras. En este estudio realizó una exploración previa de la topografía de la microestructura del ala de *Anarthia amathea* y *Leptophobia aripa* colectadas en el municipio de Pitalito Huila, donde mediante el uso de técnicas de microscopía de óptica (MO), AFM y SEM se observó su estructura del ala con el fin de buscar nuevas alternativa para desarrollar prototipos para ecodiseño y bioconstrucción. Con el AFM se obtuvo la rugosidad de las alas de mariposa y por SEM se observó detalles de la estructura y composición de sus alas, de las dos especies de mariposa más representativas de la región.

**Palabras clave:** microestructuras, AFM, SEM, escamas de Lepidópteras.

### Abstract

The structure models of biological origin, propose alternatives to solve a conventional engineering methods, motivating the development of prototyping techniques and models based on micro-scale and nano-scale. Using these techniques, to analyze features of nature, such as butterfly wing. The complex arrangement of its scales gives them butterflies flexibility, impermeability, strength, lightweight, self-cleaning, softness, thermoregulation dissipation and / or absorption of heat, among others. This study conducted a preliminary exploration of the topography of the microstructure of the wing *amathea Anarthia* and *Leptophobia aripa* collected in Pitalito Huila, where by using microscopy techniques optical (MO), atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM) of the wing structure was observed in order to find new alternative to develop prototypes for eco-design and green building. With the AFM roughness butterfly wings was obtained by SEM and details of the structure and composition of its wings, the two species most representative of the region butterfly was observed.

**Keys - word:** Microstructures, AFM, SEM, Flakes Lepidoptera.

<sup>1,2</sup> Instructor Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, Nodo Pitalito, Huila.

<sup>3</sup> Instructora Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, Nodo Angostura, Huila.

<sup>4,5</sup> Aprendiz Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, Nodo Pitalito, Huila.

## Introducción

El diseño proveniente de la inspiración a partir de fenómenos de origen biológico, presenta un potencial para dar solución a los problemas en la ingeniería, basándose en el estudio de naturaleza. Estos estudios se refieren a casos específicos que toman de determinados esquemas a partir de los animales (Shu *et al* 2011). No obstante, podría darse que los ingenieros dispuestos a la utilización de los modelos biológicos para el diseño, puedan tener dificultad en encontrar analogías biológicas relevantes para una determinada situación. Sin embargo la naturaleza provee una herramienta invaluable para la investigación de nuevos esbozos estructurales, como lo es en el área de micro y la nanotecnología.

Micro y nanotecnología, se define aquellos campos de la ciencia y la técnica en los que se estudian, se obtienen y/o manipulan de manera controlada materiales, sustancias y dispositivos de muy reducidas dimensiones, en general desde la micra hasta la escala manométrica. 10-9m (Drexler, K. Eric 1986). Este campo, promete ser la clave de las revoluciones tecnológicas o mejor, la tercera revolución industrial y se perfila como un conjunto tecnologías multidisciplinarias que permitirá a la sociedad maximizar la eficiencia en los procesos productivos y sociales (Quintili, 2012).

La naturaleza ha escogido esquemas más efectivos a través de miles de millones de años por las presiones evolutivas. A partir de esto, los científicos y los ingenieros han sido cautivados por obra de la naturaleza, desde moléculas hasta los organismos, que la han utilizado para la emulación diseños para generar innovaciones.

Los insectos constituyen un buen ejemplo de diseño biológico exitoso evolutivamente. Las mariposas son especialmente buenas indicadoras de los cambios de la diversidad de especies que ocurren con las transformaciones antrópicas del paisaje, y son excelentes indicadoras ecológicas del estado de la biota en cuanto a parámetros como biodiversidad o grados de intervención humana. La aparición de cualquier especie de mariposa es un indicador seguro de la presencia simultánea de otras especies de plantas (recursos alimenticios de la oruga y el adulto), animales (parásitos y depredadores) y un conjunto especial de factores ambientales. Son sensitivas a cambios de temperatura, microclima, humedad y nivel de luminosidad, parámetros que típicamente se alteran con la perturbación de un hábitat determinado (Ramírez *et al* 2007).

En adición, las mariposas son componentes fundamentales de un hábitat, debido a su papel relevante en la transformación de materia vegetal y animal, por ende son uno de los grupos de insectos más diversificados especialmente en la región neotropical (Fagua *et al* 1999). Estos organismos pertenecientes a la familia de las lepidópteras protagonizan un papel de primer orden como bioindicadores de los cambios globales de la vegetación (Parmesan *et al* 1999).

Las mariposas adultas presentan un par de alas anteriores y otro par de alas en parte posterior, las alas son membranosas y están sostenidas por un sistema fuerte de venas. Estas estructuras alares se encuentran cubiertas por pequeñas escamas que según su disposición o pigmentación pueden emitir colores ciertos colores (García *et al* 2002).

Este principio de organización general de patrón de color en alas de mariposa, se descubrió por primera vez en la familia Nymphalidae (Frederick *et al* 2003). Esta disposición estructural se percibe usualmente como colores iridiscentes fenómenos ópticos comunes, incluyendo la reflexión, la refracción, interferencia, de fluorescencia, iridiscencia (Saito, *et al* 2009).

Las lepidópteras no solo son exóticas y/o extravagantes sino que son muy buenas difusoras de la luz, permiten aprovechar al máximo la absorción de energía solar e impermeabilización del agua.

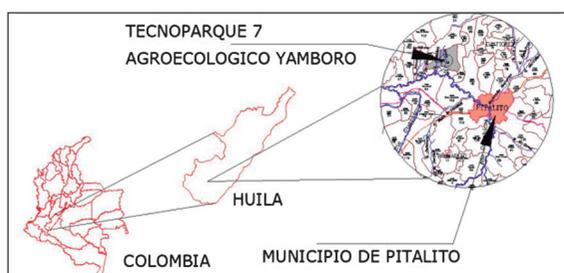
Estudios realizados, han mostrado que la naturaleza ha servido como modelo para generar prototipos de tecnología (Aliberas *et al* 1989). Por tanto el estudio de la morfología de lepidópteros permite la elucidación de nuevas aplicaciones.

En este estudio observó la estructura del ala de mariposa, su conformación, disposición de las escamas en las alas, ángulos de acomodación de las escamas, forma y tamaño para determinar su resistencia, teniendo en cuenta su contexto ecológico, como estudios preliminar para otros trabajos. En este estudio inicial se llevó a cabo en el centro de gestión y desarrollo sostenible surcolombiano SENA nodo Pitalito, mediante formación por proyectos.

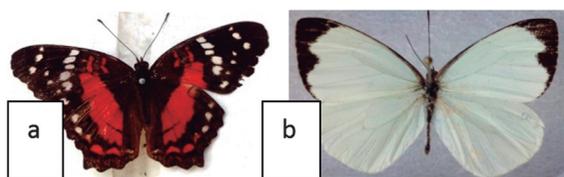
## Metodología

Este estudio se realizó en el municipio de Pitalito, Km 7 Vereda Aguadas, a 1370 msnm tecnoparque Yamboro (Figura 1). Se trajo con la selección aleatoria, de dos especímenes adultos colectados perteneciente a la familia Nymphalidae, especie *Anarthia amathea* y

familia Pieridae especie *Leptophobia aripa* de 20 total colectados por especie (Figura 2). Se realizó aplicando la metodología de muestreo, colecta indicada por el manual de inventarios de biodiversidad del instituto de investigaciones biológicas, Alexander Von Humboldt (Villarreal *et al* 2006).



**Figura 1.** Mapa del área de estudio, Municipio de Pitalito-Yamboro (Fuente, Registro de Yamboro).



**Figura 2.** Especies representativas de lepidópteras seleccionadas para observación estudio (Fuente: Propia). a, Especie *Anarthia Amatheia*. b, Especie *Leptophobia aripa*.

Para su captura, se realizaron transeptos de 100 metros de largo por 10 metros de ancho, que fueron ubicados en tres zonas diferentes: arche de bosque, zona de transición y potrero o cultivo. La captura de los ejemplares se realizó con una red entomológica (jama), realizando repeticiones cada media hora, iniciando a las 6:00 y finalizando a las 18:00 horas con un receso entre las 15:00 y 17:00 horas Para el sacrificio de los ejemplares se hizo mediante presión digital (presión que se realiza con los dedos pulgar e índice en el tórax del individuo) exactamente entre el meso y metatórax, finalmente para la preservación de los ejemplares se utilizó la técnica del triángulo de papel milano. (Villarreal *et al* 2006).

Se cortaron fragmentos de ala de *Anarthia amathea* y *Leptophobia aripa* y fueron analizados por diferentes técnicas de microscopía. Se utilizó la técnica de microscopía electrónica por Microscopio electrónico de barrido o SEM (Scanning Electron Microscopy) en un EVO HD15 (30 Kva, Carl Zeiss). Para esto se colocaron sobre soportes de aluminio cubiertos de carbono y analizadas a 100  $\mu\text{m}$ . Además se realizó una caracterización de su topografía por microscopía

óptica en contraste de fases en un microscopio óptico (AXIO escope A.1, Carl Zeiss). Finalmente para observar su rugosidad, se utilizó la técnica AFM en (Nanosurf easyScan 2).

## Resultados y discusión

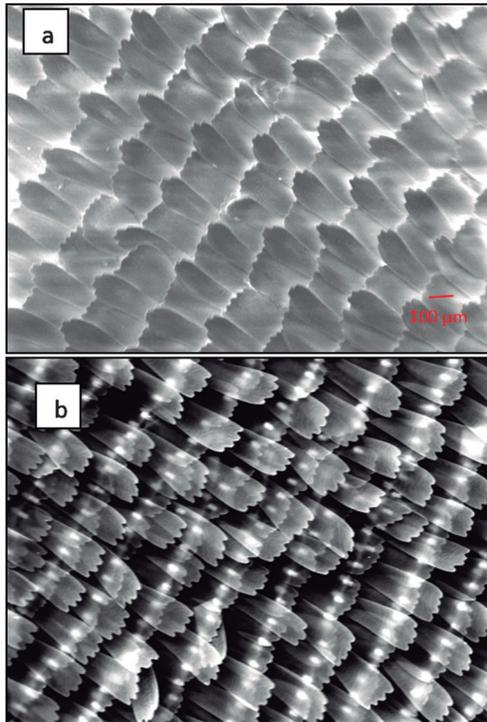
Las dos especies de estudio de mariposas, se observó que para *Anarthia Amatheia* y *Leptophobia aripa*, la estructura de sus escamas son diferentes. En cuanto a la coloración, en las alas de *Anarthia Amatheia*, su tonalidad observada fue de color café marrón con una banda de color parda rojiza desplegada desde su parte anterior hasta su parte posterior. También se observó al interior del ala, secciones de color blanco organizadas de forma lineal. Tanto en sus alas anteriores y posteriores. Asimismo sus alas, presentaban forma lobuladas en sus bordes. Su parte anterior de las alas presentaban una forma corazonada, contrario a su parte posterior que presento una forma recta perpendicular respecto a sus líneas laterales. Conjuntamente la envergadura sus alas presentaban un tamaño promedio de una longitud de aproximadamente 5 cm en mariposas adultas, características descritas inicialmente por Carl von Linné, 1758 (Freitas, A. V. L. 1991).

*Leptophobia aripa* presento en sus alas un color blanco brumo en su mayoría de superficie, sin embargo sus alas anteriores, sus esquinas, presento una coloración de un tono café negro oscuro en los borde de sus lóbulos laterales y en su parte restante de superficie de sus alas presento un color blanco. Su forma es lobulada y bordes rectos para su parte anteriores como en las alas posteriores. Con una longitud promedio de aproximadamente 4.6 cm en su envergadura de las alas, las características encontradas fueron similares por las descritas con inicialmente por Boisduval, 1836 (SÁNCHEZ, Raquel. 2004).

De otro lado, las observaciones realizadas por SEM permitieron mostrar, en cuanto a su organización de las microescamas de *Anarthia Amatheia*, que presenta una distribución alterna referente a sus microescamas que conforman las alas. Las cuales están muy juntas en contacto directo en sus laterales de una escama con su escama vecina, además se pueden distinguir que conservan una uniformidad en su orden y distribución, en que una escama se ubica de forma intermedio y se encuentra más oculta que sus dos escamas laterales. Además se observó que cada microescama en su parte basal presenta una forma dentada o semi lobulada, conservando el patrón de los laterales de sus alas, con una tendencia en su parte basal, de terminar en punta,

de las microescamas más sobresalientes. Finalmente se determinó que no hay espacio en sus escamas, siendo muy compactas, Figura 3a.

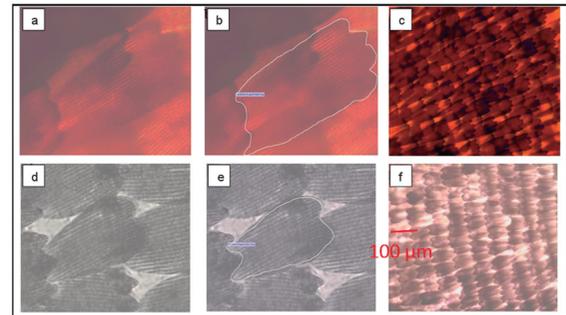
En cuanto a la *Leptophobia aripa* se observó, que sus microescamas se encuentran más separadas dejando un espacio entre ellas formando un estructura menos consolidada toda su ala, además se logra notar que a diferencia de la *Anarthia Amatheia* no hay una uniformidad similar, aunque se conserva un patrón de orden lineal en su distribución por filas, en que una fila de microescamas es intermedia, ya que está ubicada más hacia dentro, respecto a las otras dos filas de micro escamas vecinas. También se puede notar que su terminación de la microescama en su parte basal presenta una tendencia lineal con pequeñas lobulaciones Figura 3b.



**Figura 3.** Microscopía electrónica (SEM) de escamas de mariposa. a, Estructura de las escamas de *Anarthia Amatheia*. b, Estructura de las escamas *Leptophobia aripa*.

Respecto a las dimensiones de la microescama, de las dos especies de mariposas (*Anarthia amathea* y *Leptophobia aripa*) se hizo una observación por MO para describir su topografía teniendo en cuenta las siguientes variables perímetro, área, curvas en su parte basal y disposición de las escamas. En la cual se observó que la especie *Anarthia amathea*, presenta una mayor magnitud de área, perímetro y número de

curvas con respecto a la especie *Leptophobia aripa*, sin embargo esta última especie presenta un número de micro escamas mayor. Esto permite inferir que la especie *Anarthia amathea* posee microescamas más prominentes figura 3.a-c, siendo morfológicamente diferentes de la especie (*leptophobia aripa*), que posee escamas pequeñas pero con mayor número de microescamas por área figura 3.d-f, (Cuadro 1).

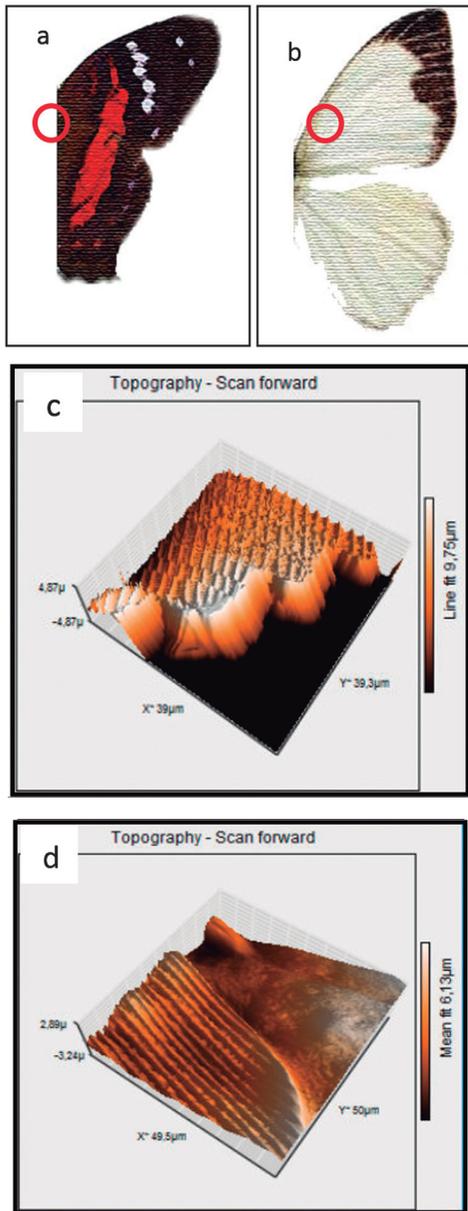


**Figura 4.** Vista de la microescama de *Anarthia amathea* y *Leptophobia aripa* con MO a 50x. a, y b, Microescama de la mariposa *Anarthia amathea* demarcada para medición de su perímetro (b) y área (D =600484,50  $\mu\text{m}^2$  P= 3806,47  $\mu\text{m}$ ). c, Imagen un fragmento del ala donde se muestra la estructura del ala de la mariposa asemejando una estructura más compacta. d, y e, Microescama de la mariposa *Leptophobia eleuzi* demarcada para perímetro (e) y área (S= 294414,50  $\mu\text{m}^2$  P= 2831,19 $\mu\text{m}$ ). f, Imagen un fragmento del ala donde se muestra la estructura del ala de la mariposa asemejando una estructura menos compacta con más espacio entre su microestructura.

**Cuadro 1.** Rangos hallados dentro del análisis de cada especie.

Clase de Lepidóptera	Perímetro	Área	No. De curvaturas: parte basal de microescama	No. De Micro escamas/ AREA
<i>Anarthia amathea</i>	3806.47 $\mu\text{m}$	600484.50 $\mu\text{m}^2$	4	61/1.39 $\text{mm}^2$
<i>Leptophobia aripa</i>	2831.19 $\mu\text{m}$	294414.50 $\mu\text{m}^2$	2	100/1.32 $\text{mm}^2$

Otro aspecto que se observó, fue la rugosidad de las alas de las dos especies de estudio figura 5. En el análisis topográfico en 3D por AFM a una escala de 39  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$  en una micro escama permitió determinar que *Anarthia amathea* posee una rugosidad notable en su superficie, ya que se genera una gráfica con cresta y picos de mayor complejidad notándose por la altura que se presentó en relación a su rugosidad, con una altura no mayor en su eje z a 4,87 $\mu\text{m}$  Figura 5a, contrario a lo observado en *Leptophobia aripa* en la cual la altura de y pliegues son menos complejos, dado que se denotan pliegues con una altura no mayor en su eje z a 2,89 $\mu\text{m}$  Figura 5b.



**Figura 5.** Microscopia AFM del ala de mariposa. a y b, áreas seleccionadas para análisis por las técnicas de microscopia AFM, SEM OM, indicada por la circunferencia roja. c, Topografía del ala de *Anarthia amathea*. d, topografía del ala de *Leptophobia aripa*)

Como se demuestra en las imágenes precedentemente mostradas, su análisis de presente estudio, la morfología y la disposición de las escamas son diferentes para cada morfo-tipo estudiado.

En la especie (*Anarthia amathea*) se puede inferir que se presenta una estructura más sólida que a su vez

podría ser más resistente. También dado a su rugosidad esta especie podría presentar nano-estructuras más complejas que se reflejan en su rugosidad de su microescama. Por ende, observar más en profundidad esta estructura, permitiría brindar la posibilidad de analizar los ángulos de su nanoestructura que podrían presentar en fenómenos notorios de iridiscencia, refracción y difracción de la luz, que originarían ciertas tonalidades que se observan a la percepción al ojo humano, como son los colores mostrado por esta especie en su descripción inicial (color café marrón con una banda de color parda rojiza desplegada desde su parte anterior hasta su parte posterior), ya que su tono de la luz variaría de acuerdo al ángulo de inclinación, logrando así diversidad de tonalidades.

Respecto a la especie (*Leptophobia aripa*), que presente una estructura menos robusta, por tanto se podría inferirse que su refracción de la luz es menor, dado a sus espacios que presento en sus microestructura, a consecuencia de la disposición de las escamas y sus ángulos, que podrían ser menos prominentes. Por lo tanto, la iridiscencia es mínima ya que no muestra colores que resalten. En cuanto a la resistencia, la especie (*Leptophobia aripa*) se destaca que por su menor cantidad de micro escamas por unidad de área, se considerar que su resistencia más débil.

Con el anterior análisis, podríamos concluir, que a partir de la constitución de sus estructuras, en las mariposas, se reflejan diferencias notorias que podrían influir en los diferentes fenómenos físicos de la naturaleza de la luz y su contexto ecológico de la especie. Por tanto, este estudio con el uso de tres técnicas SEM, MO y AFM. Logro reflejar, un nuevo interés de observar la naturaleza en su biodiversidad a pequeña escala, que posibilitaría la oportunidad de recrear nuevos fenómenos, que sirva como prototipos de eco-diseños. De esta forma apoyarnos en la biología, que ha sido siempre de gran ayuda para crear nuevos modelos desafiantes en diseño para ingenieros (A.A. Erchak, *et al* 2001). La micro y nanotecnología sería una nueva área para la exploración de la biodiversidad (Shu, L.H; *et al* 2011). Por ende, la continuidad de estudio posteriores similares del ala de mariposa, a escala micro y una menor escala nano (10-9), en diferentes especies, permitiría estudiar los diferentes fenómenos físicos (Iridiscencia, refracción y difracción) para así, mostrar y explorar estructuras hacia la implementación de nuevos modelos innovadores (Z.W. Han, L.Y. *et al* 2009), en diferentes líneas de construcción, aprovechando la gran biodiversidad en el grupo lepidóptero con que cuenta el sur del Huila.

## Agradecimientos

El presente estudio agradece al SENA - CGDSS y su equipo de trabajo de laboratorio de Yamboro en cabeza del subdirector Regional Henry Lizcano Parra, que permitió a través de la formación por proyectos, discutir y resaltar la importancia del trabajo para futuros estudios similares dentro de la formación.

## Literatura citada

- A. Saito, Y. Miyamura, Y. Ishikawa, J. Murase, M. Akai-Kasaya, Y. Kuwahara.** Reproduction, mass production, and control of the Morpho butterfly's blue, Proc. SPIE 7205 (2009) 720506.
- A.A. Erchak, D.J. Ripin, S. Fan, P. Rakich, J.D. Joannopoulos, E.P. Ippen, G.S. Petrich, L.A. Kolodziejski, (2001).** Enhanced coupling to vertical radiation using a two dimensional photonic crystal in a semiconductor light-emitting diode, Appl. Phys. Lett. 78 563.
- Aliberas, J; Gutiérrez, R y Izquierdo, M. (1989).** La didáctica de las ciencias: Una empresa racional. Enseñanza de las Ciencias, 7(3), 227–280.
- B; Kaila, L; Kullberg, J; Tammaru, T; Tennent, W. J; Thomas, J. A. y M. S. Warren. 1999.** "Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming". *Nature*, 399: 579-583.
- Drexler, K. Eric (1986).** Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology. Doubleday. ISBN 0-385-19973-2.
- Fagua, G; Amarillo, A y Andrade, M. G. 1999.** Mariposas (Lepidoptera) comobioindicadores del grado de intervención en la cuenca del río Pato (Caquetá). 13. p285-315.
- Freitas, A. V. L. 1991.** Variación morfológica, ciclo de vida e sistemática de *Tegosa claudina* (Eschscholtz) (Lepidoptera, Nymphalidae, Melitaeinae) no estado de São Paulo, Brasil. *Revta. Bras. Ent.* 35:301–306.
- Frederik, H. P; Maini, A; Madzvamuse, A; Wathen, T y Sekimura, 2003.** Pigmentation pattern formation in butterflies: experiments and models. *Biological*.
- García, C. L; Constantino, M; Heredia, G y Kattan. 2002.** Guía de campo mariposas comunes de la cordillera central de Colombia.
- M. J. Brukman and D. A. Bonnell. 2008.** "Probing physical properties at thenanoscale," *Physics Today*, vol. 61, no. 6, pp. 36–42.
- Parmesan, C; Ryrholm, N; Stefanescu, C; Hill, J. K; Thomas, C. D; Descimon, H; Huntley, Quintili, M. 2012.** Nanociencia y tecnología. Un mundo pequeño. Centro de estudios en diseño y comunicación. p125-155.
- Ramírez Restrepo, Lorena; Chacón de Ulloa, Patricia and Constantino, Luís Miguel. 2007.** Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Rev. Colomb. Entomol.* [online]. vol.33, n.1 ISSN 0120-0488.
- SÁNCHEZ, Raquel. 2004.** Protocolo de cría para dos especies de mariposas, *Ascia monuste* y *Leptophobia aripa* (Lepidóptera: Pieridae) bajo condiciones controladas en el municipio de la mesa, Cundinamarca. Departamento de Biología. Pontificia Universidad Javeriana. México Pág. 30, 31, 32.
- Shu, L.H; Ueda, K; Chiu, I y Cheong, H. 2011.** "Biologically inspired design", *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 60, 673-693.
- Shao-Hui Kang , Tzu-Yao Tai, Te-Hua Fang (2010).** Replication of butterfly wing microstructures using molding lithography. *Current Applied Physics* 10 625–630
- Villareal, H; Álvarez, M; Córdoba, S; Escobar, F; Fagua, G; Gast, F; Mendoza, H; Ospina, M y Umaña A. M. 2006.** Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Segunda edición. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humbolt. Bogotá, Colombia. 236p.
- Z.W. Han, L.Y. Wu, Z.M. Qiu, L.Q. Ren, (2009).** Microstructure and structural color in wing scales of butterfly *Thaumantis diores*, *Chin. Sci. Bull.* 54 535.

## CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA DE LOS HUERTOS CASEROS EN EL MUNICIPIO DE ANCUYA, NARIÑO<sup>1</sup>

Milena Montenegro Rivera<sup>2</sup>  
Tulio César Lagos<sup>3</sup>  
Jorge Vélez Lozano<sup>4</sup>

| Recibido: 13 de Mayo de 2015 | Revisado: 16 de Mayo de 2015 | Aceptado: 22 de Mayo de 2015 |

### Resumen

La caracterización de la diversidad fitogenética de los huertos caseros se realizó en el corregimiento El Ingenio municipio de Ancuya, localizado entre las coordenadas 1°15'59,52"LN, 77°31'63"LO. Se muestrearon 120 predios en 13 veredas del corregimiento aplicando encuestas semiestructuradas con 31 variables a evaluar. La información se procesó mediante un análisis de correspondencias múltiples (A.C.M), dentro del cual se utilizó herramientas de agrupamiento como el análisis cluster. Para el estudio de la composición florística del huerto tipo, se utilizó la metodología del área mínima descrita por Matteucci y Colma (1982), a las especies leñosas se les determinó el diámetro a la altura del pecho (DAP) tomando especies con DAP  $\geq$  a 10 cm. Se estimó variables ecológicas como frecuencia, dominancia, abundancia e índice de valor de importancia (IVI). El ACM permitió establecer que cinco factores explican el 30,39% de la variabilidad; predomina el factor uno cuyas variables están relacionadas con la diversidad de especies presentes en los huertos caseros. En la composición florística del huerto tipo, se encontraron 142 especies, entre árboles, arbustos, cultivos alimenticios y medicinales pertenecientes a 126 géneros y 66 familias. La familia predominante es la familia Lamiaceae con 10 especies; le siguen las familias Asteráceae y Solanaceae con nueve, Fabáceae con siete, Poáceae y Rutáceae con cinco, Apiaceae, Euforbiáceae, Malvaceae y Rosaceae con cuatro especies cada una, Acanthaceae, Aráceae, Bignoniaceae, Cucurbitáceae, Liliaceae, Lauraceae y Mirtaceae comparten tres especies cada una, las demás familias cuentan una o dos especies.

**Palabras Clave:** Jardinería doméstica, composición florística, Planta genética, germoplasma.

### Abstract

The characterization of the genetic diversity of home gardens in the district was El Ingenio Ancuya Township, located between the coordinates 1° 16 '56 "LN, 77 ° 31' 63" LO. 120 plots were sampled in 13 villages in the township using semistructured interviews with 31 variables assessed. The information is processed by multicomponent analysis ACM for each component, within which the tool was used as cluster analysis grouping. The study of the floristic composition of the garden kind, was conducted using the methodology of the minimum area described by Matteucci and Colma (1982) to woody species were determined diameter at breast height (DBH) taking species with dbh  $\geq$  10 cm. We estimated ecological variables as frequency, dominance, abundance and IVI. In ACM characterization of home gardens, five factors explained 30.39% of the variability, one whose predominant factor variables are related to the diversity of species in home gardens or called agrobiodiversity, defined as the component of biodiversity that contributes to agriculture and food production. In the floristic composition of the garden kind, found 142 species, including trees, shrubs, and medicinal food crops belonging to 126 genera and 66 families. The ruling family is the family Lamiaceae with 10 species, followed Asteraceae and Solanaceae families with nine, seven Fabaceae, Poaceae and five Rutaceae, Apiaceae, Euforbiaceae, Malvaceae and Rosaceae with four species each, Acanthaceae, Araceae, Bignoniaceae, Cucurbitaceae, Liliaceae, Lauraceae and Mirtaceae share three species each, other families have one or two species.

**Key Words:** Home gardening, Floristic composition, Plant genetic, germplasm.

<sup>1</sup> Artículo derivado de la Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción de Cultivos, del primer autor Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>2</sup> Ingeniera Agrónoma, M. Sc. Docente Catedrático, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

E mail. milemonte\_r@hotmail.com  
<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, Ph.D, Docente Tiempo Completo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

E mail. tclagosb@udenar.edu.co

<sup>4</sup> Ingeniero Agroforestal, M. Sc, Docente Tiempo Completo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.  
E mail: jvelezlozano@gmail.com

## Introducción

Actualmente existe una gran preocupación mundial por restituir y conservar los recursos genéticos vegetales, tanto en áreas naturales como en sistemas agropecuarios antropizados, debido a su estrecha relación con la satisfacción de las necesidades humanas y la solución de problemas severos como el hambre y la pobreza, (Frankel *et al* 1995). Sin embargo, en los dos últimos siglos, tanto la biodiversidad como la agrobiodiversidad en particular la manejada por los agricultores, han entrado en una etapa de alto riesgo de extinción debido, entre otras causas, a la implantación del monocultivo en grandes áreas y al excesivo consumo de recursos para sostener el rápido crecimiento de la población.

La pérdida de la biodiversidad tiene consecuencias a distintos niveles, según Altieri *et al* (1999), mientras más diverso es un ecosistema, mayor es su productividad y su capacidad de resistir presiones ya que es más flexible. En ese sentido, uno de los sistemas de producción que permite la conservación de la agrobiodiversidad es el huerto casero.

En este sistema, conviven diferentes especies forestales, arbustivas y herbáceas de uso múltiple en íntima relación con animales domésticos, que se ubican alrededor de las casas bajo el manejo familiar (Padilla *et al* 2004) como garantía de seguridad alimentaria y como mecanismo de reducción de los costos de producción debido a su mayor adaptabilidad.

Generalmente, el huerto casero es diverso en riqueza y variedad de especies, tan complejo y variado en estructuras y posibles asociaciones, que presenta características idóneas para ser considerado sitio de conservación de germoplasma *in situ* (Rodríguez., *et al* 2006). Dentro de este contexto, el estudio de las características bioecológicas, y agronómicas de estas especies como del conocimiento tradicional sobre las mismas, permitirá el desarrollo de estrategias tendientes a la recuperación, intercambio, uso y conservación de estos valiosos recursos genéticos vegetales.

Es así como se plantea la necesidad de caracterizar los recursos fitogenéticos asociados al sistema productivo huerto casero en el corregimiento El Ingenio, municipio de Ancuya, con el fin de identificar especies que son o han sido objeto de múltiples propósitos a nivel local que puedan ofrecer perspectivas interesantes para el mejoramiento genético así como definir los ecosistemas y sus hábitats naturales para

el mantenimiento y recuperación en sus entornos naturales.

Uribe, (1993) estudió los usos del suelo (huerto familiar, tapado y producción pecuaria) de comunidades negras o afrodescendientes e indígenas en riberas de los ríos Satinga y Sanquianga, región Pacífica del departamento de Nariño.

Encontró que, en la adecuación del huerto sólo se ocupa mano de obra masculina y se puede realizar mediante trabajo familiar, grupos de trabajo y trabajo asalariado mientras que la siembra la realiza cualquier miembro del grupo familiar.

Que presenta cuatro estratos verticales, entre 8,0 y 22 m de altura en el huerto indígena, más tradicional, predominan especies frutales. Los productos se destinan al autoconsumo y comercialización ocasional. La distribución de las plantas es mezclada en la mayoría de los huertos, dos huertos recientes presentan arreglos zonales.

Minota *et al* (2009) realizaron la caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales en el consejo comunitario La Unión, río Chagui, Tumaco, donde se identificaron tres tipos de arreglos, cercas vivas, arboles dispersos y sistemas multiestratos.

Acorde con lo mencionado, se plantea caracterizar los huertos caseros del corregimiento El Ingenio, municipio de Ancuya.

## Materiales y Métodos

Geográficamente el municipio de Ancuya, se sitúa en la subregión centro occidental del departamento de Nariño y limitando en esta subregión con los municipios de La Llanada, Linares, Samaniego, Providencia, Túquerres, Guaitarilla; se localiza dentro de las siguientes coordenadas: 01°15' 56"LN, 77°31' 63"LO. La cabecera municipal se encuentra a 1.358 msnm, posee una temperatura media de 210C y una precipitación anual de 1.660 mm (EOT, 2008-2011).

El corregimiento El Ingenio se sitúa al noroeste del municipio de Ancuya en las coordenadas 1°16' 59,52"LN, 77°31' 57,50"LO. Comprende las veredas de El Llano, Cocha Blanca, El Pedregal, El Ingenio, Santa Rosa, El Balcón, Guapumag, Guayabal, Casa Vieja, San Luis, La Palma, Los Pozuelos, Puente Tierra y La Aguada.

Según la zonificación climática, las veredas que hacen parte del corregimiento El Ingenio corresponden a la Unidades Andino Semihúmedo – Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) y Andino Húmedo –Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) (EOT, 2.008-2.011).

Se identificaron en total 1.223 predios que incluían huertos caseros, de los cuales se tomó el 10% distribuidos en cada estrato (Castillo, 2.002) siendo necesario tomar una muestra de 120 huertos caseros, localizadas entre los 1.000 msnm y 2.500 msnm (Tabla 1). El máximo error permisible fue del 2% y se trabajó con una confiabilidad del 95%.

**Tabla 1.** Estratificación y selección de predios

NÚMERO DE ESTRATO	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	NUMERO DE PREDIOS IDENTIFICADOS
Estrato 1	1.000 a 1.500	24
Estrato 2	1.501 a 2.000	52
Estrato 3	2.001 a 2.500	44
<b>TOTAL DE PREDIOS SELECCIONADOS</b>		<b>120</b>

Para la determinar el tamaño de la muestra, se aplicó encuestas semiestructuradas para la obtención de información sobre los recursos biofísicos (tamaño de la unidad productiva, especies existentes y usos) y los sistemas de uso de la tierra (agrícola) necesarios para el cumplimiento de los objetivos.

### Estimación de la muestra y ejecución del muestreo

Una vez realizado el premuestreo se procedió a determinar el tamaño de muestra, utilizándose la varianza de mayor valor y el número de unidades muestrales, aplicando la formula descrita por Castillo (2002).

$$n \geq \frac{\sum U_i S_i^2}{N \left[ \frac{d}{Z_{1-\alpha/2}} \right]^2 + \frac{1}{N} \sum U_i S_i^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra general

I = Total de estratos

N = Total de unidades de muestreo

U = Total de unidades de muestreo en el estrato i

S<sub>i</sub><sup>2</sup> = varianza de la muestra en el estrato i

Z<sub>(1-α/2)</sub> = valor de la distribución normal al 1-α/2

Como en la zona de estudio los estratos presentaron diferente número de unidades de muestreo, la distribución de las unidades muestrales en los estratos encontrados se hizo proporcional según la fórmula (2), según Castillo (2002).

$$n_i = n (U_i / N) \dots\dots\dots \dots\dots \dots\dots (2)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra general

n<sub>i</sub> = Tamaño de la muestra en el estrato i

N = Total de unidades de muestreo

U<sub>i</sub> = Total de unidades de muestreo en el estrato i

Esta etapa se inició con la realización de visitas a fincas, entrevistas y charlas informales con agricultores para el desarrollo de las encuestas, toma de datos, georeferenciación y registro fotográfico. En aquellas preguntas, donde el agricultor no tuvo un criterio técnico para responder fue necesario la observación directa para registrar la variable correspondiente.

Las variables de análisis de los huertos caseros en el corregimiento El Ingenio para el componente socioeconómico fueron: Tiempo de habitabilidad (V1), tenencia de la tierra (V2), conformación del núcleo familiar (V3), presencia de niños (V4), presencia de hombres (V5), presencia de mujeres (V6), escolaridad básica (V7), escolaridad media (V8), tamaño de la unidad productiva (V9), mano de obra utilizada (V10), valor del jornal (V11), ingresos de la producción agrícola (V12), sistemas productivos predominantes (V13), especies cosechadas hace cinco años atrás (V14), manejo del huerto (V15), costumbres conservadas (V16), especies de árboles frutales (V17), especies agrícolas (V18), especies forestales (V19), especies medicinales, aromáticas y condimentarias (V20), control de plagas y enfermedades (V21), tiempo dedicado a las labores del huerto (V22), principales especies agrícolas (V23), costos de producción agrícola (V24), ingresos de la producción agrícola (V25), Huertos por núcleo familiar (V26), edad del huerto (V27), producción pecuaria (V28), costos de producción pecuaria (V29), ingresos de la producción pecuaria (V30) y altura sobre el nivel del mar sobre la cual se ubican los huertos (V31).

### Análisis Estadístico

Fue necesario realizar la codificación de las variables dando categorías exclusivas e independientes a cada pregunta de la encuesta. La información recolectada a través de las encuestas así como los datos de uso de las especies se sistematizaron en el programa EXCEL.

Tanto para la caracterización de los aspectos socioeconómicos como de los aspectos relacionados con los huertos, se realizó el Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), posteriormente, se realizó el Análisis de Clasificación Jerárquica de las unidades productivas utilizando software estadístico SPAD-Win versión 3.5.

## Discusión de Resultados

### ACM para las variables categóricas de la caracterización de huertos caseros

El análisis de valores propios para las variables categóricas evaluadas en la caracterización fitogenética de los huertos caseros del corregimiento El Ingenio del municipio de Ancuya, indica que los cinco primeros factores explican el 30,39% de la variabilidad total (Tabla 2). El primer factor explica el 7,54% de la variabilidad, el segundo factor explica el 6,58%, el tercer factor el 6,31%, el cuarto factor explica el 5,58% y finalmente, el quinto factor explica el 4,39%.

**Tabla 2.** Distribución de la variabilidad de los huertos caseros al aporte de los cinco factores.

FACTOR	VARIANZA (%)	VARIANZA ACUMULADA (%)
1	7,54	7,54
2	6,58	14,11
3	6,31	20,42
4	5,58	26,00
5	4,39	30,39

Las variables que más contribuyeron a la conformación del factor uno fueron el tamaño de la unidad productiva (V9=7,1), sistemas productivos predominantes (V13=8,6), especies agrícolas cultivadas cinco años atrás (V14=6,5), número de especies frutales (V17=5,9), número de especies agrícolas (V18=8,3), número de especies forestales (V19=5,5), principales especies agrícolas del huerto (V23=9,1), costos de producción agrícola mensual (V24=6,2), costos de la producción pecuaria (V29=5,8) y altura sobre el nivel del mar (V31=10,7).

Estas variables están relacionadas con la diversidad de especies presentes en los huertos caseros o lo que la European Environmental Agency (2005) ha denominado como agrobiodiversidad, definida como el componente de la biodiversidad que contribuye a la producción agrícola y de alimentos.

La diversidad y la producción agrícola del huerto casero está íntimamente ligada al factor biofísico, los rangos altitudinales entre 1.000 y 2.500 msnm, permiten tener mayor disponibilidad de horas luz y agua, lo que deja ver las diversas formas de vida adaptadas a las condiciones agroecológicas de la zona y facilitando al agricultor la producción de alimentos todo el año.

Según Avelares *et al* (2003) el huerto casero incluye, tanto los sistemas de cultivo, como los métodos y tecnologías usadas en la producción, que pueden consistir en secuencias formales de siembra repetidas en un patrón rotacional ordenado o pueden incluir también disposiciones flexibles de uno o más cultivos en el tiempo y en el espacio (cultivos intercalados, cultivos de relevo, entre otros) y también sucesiones intensivas de siembras en un solo año o más

Para Viquez (1994) las estrategias agrícolas no sólo responden a presiones del ambiente, de tipo biótico y del proceso de cultivo, sino que también reflejan estrategias humanas de subsistencia y condiciones económicas.

Thrupp (2000) indica que la biodiversidad agrícola o agrobiodiversidad es un componente fundamental de estos sistemas productivos en el mundo e involucra muchos recursos biológicos ligados a la agricultura, entre los cuales se encuentran los recursos genéticos de plantas y cultivos comestibles incluyendo variedades tradicionales y materiales desarrollados por los mejoradores.

La diversidad de cultivos se mantiene en los huertos caseros depende de las necesidades de los productores y puede mantenerse durante largos períodos conservándose *in situ*. Sin embargo, la conservación es rara vez (o nunca) el objetivo real ya que los agricultores que mantienen la diversidad, lo hacen porque estas especies les resultan útiles (Hodgking, 2001). Aun así, estos sistemas de producción agrícolas que requieren menos insumos se consideran más amigables con el ambiente y más diversificados, ofrecen buenas expectativas para revalorizar y preservar la diversidad genética contenida en los cultivares tradicionales, especialmente adaptados a este tipo de agricultura.

De hecho, las variedades locales pueden ofrecer unas características de calidad organoléptica en cuanto a diversidad de sabores, aromas, aspecto, entre otros, que son valoradas cada vez más positivamente, al menos en un sector de población dentro del mundo desarrollado (Maxted *et al* 1997).

La selección de especies dentro del huerto, según Ávila y Krishnamurthy (1999), se determina por preferencias individuales, hábitos dietéticos, disponibilidad de recursos incluyendo el trabajo familiar, especies de valor relativo, tradición familiar y la experiencia o habilidad técnica heredada de la tradición familiar como un requerimiento esencial para la incorporación de ciertos componentes, como las plantas medicinales, las agrícolas o las forestales.

### **Análisis de clasificación (AC) para las variables cualitativas de la caracterización de huertos caseros**

El AC basado en características cualitativas para la caracterización de la diversidad fitogenética de los huertos caseros en el corregimiento El Ingenio municipio de Ancuya, permitió la conformación de cuatro grupos definidos. El primer grupo, conformado por 27 huertos que representan el 25,50% de todos los huertos caseros muestreados. En este grupo, el 85,71% de los familias que poseen huertos caseros tienen más de cinco miembros familiares con nivel de escolaridad básica (V7=4), el 75% de huertos posee entre ocho y once especies de forestales (V19=3), el 60,87% de los agricultores dedican al cuidado y realización de las labores del huerto como mínimo una hora diaria (V22=1) por lo tanto, el 56,52% no paga jornales adicionales para el mantenimiento del huerto (V11=1) ya que el 50% utilizan la mano de obra familiar (V10=1).

El 44,83% de las familias mantienen la caña y el café como especies agrícolas principales dentro del huerto (V23=5), el 36% de ellas tienen entre uno y tres miembros familiares con nivel de escolaridad media (V8=2).

El 27,66% de las familias mantiene el huerto casero y las cercas vivas como sistemas productivos predominantes en las unidades productivas (V13=3) y el 22,5% mantienen un huerto por núcleo familiar (V26=2); solo el 11,29% de las familias evaluadas tienen entre uno y tres miembros familiares con nivel de escolaridad básica (V7=2), el 9,09% no tienen ningún miembro familiar con nivel de escolaridad básica (V8=1) y solo el 2,27% de los huertos se sitúan entre los 2.001 a 2.500 msnm (V31=3).

El segundo grupo está conformado por 32 huertos que representan el 26,67% del total de huertos encuestados. El 84,62% de las familias dedican al cuidado y realización de las labores del huerto más

de seis horas diarias (V22=4), el 81,82% de ellas mantiene el huerto casero como sistema productivo predominante en las unidades productivas (V13=4), el 65,91% de los huertos en esta clase se sitúan entre los 2.001 a 2.500 msnm (V31=3), el 60% poseen entre una y tres especies de frutales (V17=1) y el 51,61% de las familias tienen entre tres y cinco miembros familiares con nivel de escolaridad básica (V7=3).

En el 48,39% y el 44,19% de los huertos existen, entre una y tres especies agrícolas de importancia económica e igual número de especies forestales (V18=1) (V19=1), en el 40,91% de las familias existe la presencia de uno a tres niños (V4=2), el 39,39% de las familias posee huertos con áreas no mayores a 0,5 ha (V9=1), el 36,36% de las familias no tienen ningún miembro familiar con nivel de escolaridad media (V8=1), el 26,67% de las familias mantienen un huerto por núcleo familiar (V26=2), el 12,77% de las familias encuestadas mantiene el huerto casero y las cercas vivas como sistemas productivos predominantes en las unidades productivas (V13=3).

El 10,42% (V9=2) posee huertos con áreas comprendidas entre a 0,5 y 1 ha, en el 10,20% de los huertos se utiliza la mano de obra familiar y contratada para la realización de labores (V10=3), el 5,77% de los huertos se sitúan entre los 1.501 a 2.000 msnm (V31=2), el 4,35% de los agricultores dedican al cuidado y realización de las labores del huerto como mínimo una hora diaria (V22=1) y el 3,45% mantienen la caña y el café como especies agrícolas principales dentro del huerto (V23=5).

El tercer grupo conformado por 36 huertos que representan el 30% del total de huertos encuestados. El 84% de las familias paga por jornal valores entre \$10.000 y \$12.000 diarios (V11=2), en el 65,32% de los huertos se utiliza la mano de obra familiar y contratada para la realización de labores (V10=3), el 48,08% de los huertos se sitúan entre los 1.501 a 2.000 msnm (V31=2), el 42,11% de las familias no conservan o aplican algún conocimiento de tipo ancestral para el manejo de los huertos caseros (V16=1), el 39,51% de las familias dedican al cuidado y realización de las labores del huerto entre dos y cuatro horas diarias (V22=2), el 38,30% de las familias encuestadas mantiene el huerto casero y las cercas vivas como sistemas productivos predominantes en las unidades productivas (V13=3), el 35,64% de los huertos presentan costos de producción agrícola menores a \$100.000 mensuales (V24=1), el 30% de las familias mantienen un huerto por núcleo familiar (V26=2).

Tan solo el 19,35% de las familias conservan o aplican algún conocimiento de tipo ancestral para el manejo de los huertos caseros (V16=2), el 10,34% mantienen aún la caña y el café como especies agrícolas principales dentro del huerto (V23=5), en el 5,77% de los huertos se utiliza la mano de obra familiar para la realización de labores (V10=1) y en el 5,22% de los huertos se utiliza la mano de obra contratada para la realización de labores (V10=2) sin embargo, el 4,35% no paga la contratación de jornales adicionales para la realización de labores en el huerto casero (V11=1).

Finalmente, el cuarto grupo conformado por 25 huertos que representan el 20,83% del total de huertos encuestados. En esta clase el 75% de los huertos se caracterizan por haber mantenido hasta hace cinco años cultivos de caña y café como principales especies agrícolas (V14=4), en el 68,42% de los huertos se utiliza la mano de obra contratada para la realización de labores (V10=2), el 65,38% de las familias están conformadas por menos de tres miembros (V3=1), en el 62,5% de los huertos existen entre ocho y once especies agrícolas de importancia económica y nutricional (V18=3), el 54,76% de las familias paga por jornal valores superiores a \$14.000 diarios (V11=4), el 50% de los huertos presentan costos de producción agrícola entre \$100.000 y \$300.000 mensuales (V24=2), el 41,38% mantienen la caña y el café como especies agrícolas principales dentro del huerto (V23=5).

En el 30,43% de las familias no existe la presencia de niños (V4=1), el 20,83% de las familias mantienen un huerto por núcleo familiar (V26=2), el 16,82% de los huertos presentan costos de la producción pecuaria entre \$100.000 y \$300.000 mensuales (V29=2), el 14,85% de los huertos presentan costos de la producción agrícola menores a \$100.000 mensuales (V24=1), el 10,61% de las familias poseen huertos con áreas menores a 0,5 has (V9=1) y el 10% mantienen el café como especie agrícola principal dentro del huerto (V23=1).

### Composición florística del huerto tipo

El huerto casero del corregimiento El Ingenio, es un sistema de producción altamente diversificado, tradicional y frecuente en las unidades productivas, principalmente por la producción constante de alimentos, que aseguran a las familias campesinas un abastecimiento regular y una dieta variada desde el punto de vista nutricional. Se encontraron 142 especies, entre árboles, arbustos, cultivos alimenticios y medicinales pertenecientes a 126 géneros y 66 familias.

Según Pulido *et al* (2008) la riqueza de los huertos en Latinoamérica es muy variable, desde 27 a 405 especies, incluyendo hierbas y bejucos. Si se comparan los resultados obtenidos sobre la riqueza de especies en huertos del continente, los valores registrados en el corregimiento El Ingenio son altos. En ese sentido, Leiva *et al* (2000) manifiestan que la diversidad que presenta un huerto depende de la cantidad de especies que lo constituyan, cuanto mayor sea el número de especies mayor será la diversidad; afirmación acorde con lo encontrado en el corregimiento.

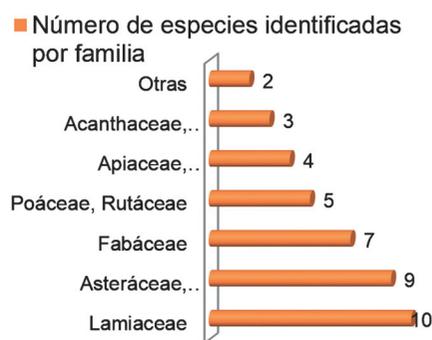


Figura 1. Principales familias encontradas en el huerto casero tipo

La figura 1, muestra que la familia predominante es la familia Lamiaceae a la cual pertenecen 10 especies, principalmente de tipo aromático y medicinal; le siguen las familias Asteráceae y Solanaceae con nueve especies cada una a las cuales pertenecen plantas de tipo ornamental, condimentario y algunos frutales.

A la familia Fabáceae pertenecen siete especies de árboles y arbustos utilizados como cercas vivas y forrajes; las familias Poáceae y Rutáceae poseen cinco especies cada una, especialmente gramíneas usadas para la alimentación humana y animal y frutales del género *citrus*, respectivamente.

Las familias Apiaceae, Euforbiáceae, Malvaceae y Rosaceae conservan cuatro especies cada una relacionadas con la ornamentación y alimentación humana, las familias Acanthaceae, Aráceae, Bignoniaceae, Cucurbitáceae, Liliaceae, Lauraceae y Mirtaceae comparten tres especies cada una y son fundamentalmente de tipo leñoso perenne (frutales y cercas vivas) y algunas arbustivas ornamentales, finalmente se encuentran las demás familias, representadas por una o dos especies.

La diversidad encontrada en los huertos, indica que los agricultores tratan de imitar la estructura vertical

del ecosistema natural pero no su composición, pues las especies se seleccionan en función de diversos criterios, buscando principalmente, especies de plantas que satisfagan sus necesidades alimenticias y económicas, comprobando lo señalado por Lok (1998) que la composición y la diversidad de especies del huerto casero, se ven influenciados por las características culturales y sociales de la población.

De esta manera, lo encontrado en los huertos caseros del corregimiento El Ingenio, evidencia que los productores tienden a valorar ciertas especies por la utilidad que prestan, como por ejemplo las que ofrecen rentabilidad económica como el café *Coffea arabica* y la caña panelera *Saccharum officinarum*, así como los cultivos misceláneos de pancoger destinados básicamente al autoconsumo.

## Conclusiones

Se caracterizaron un total de 120 unidades productivas distribuidas en 13 veredas del El corregimiento El Ingenio, municipio de Ancuya donde se constató la presencia de huertos caseros como sistemas de producción ancestrales en los que se conservan diversas especies de tipo agrícola, arbustivo, arbóreo, aromáticas, medicinales y condimentarias.

En las variables cualitativas (ACM) de la caracterización de huertos un total de cinco factores permitieron explicar el 30,39% de la variabilidad total. El primer factor explica el 7.54% de la variabilidad, a esta clase pertenecen las variables relacionadas con la diversidad de especies presentes en los huertos caseros del corregimiento.

En la composición florística del huerto tipo, se encontraron 142 especies, entre árboles, arbustos, cultivos alimenticios y medicinales pertenecientes a 126 géneros y 66 familias. La familia predominante es la familia Lamiaceae con 10 especies; le siguen las familias Asteráceae y Solanaceae con nueve, Fabáceae con siete, Poáceae y Rutáceae con cinco, Apiaceae, Euforbiáceae, Malvaceae y Rosaceae con cuatro especies cada una, Acanthaceae, Aráceae, Bignoniaceae, Cucurbitáceae, Liliaceae, Lauraceae y Mirtaceae.

## Literatura citada

Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, F., Norgaard, R. y Sikor, T. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. (En línea)

disponible [http://www.buitrago.com.ve/Gustavo/descargas/agroecologia\\_primeraparte.pdf](http://www.buitrago.com.ve/Gustavo/descargas/agroecologia_primeraparte.pdf)

Ávila, M. y Krishnamurthy, L. 1999. Agroforestería básica: serie de textos básicos para la formación ambiental No 3, FAO, México. pp. 81-90.

Avelares, J., Cuadra, M. y Salmerón, F. 2003. Texto Básico de Agroecología III. Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, II años de Ingeniería Agronómica Generalista, Managua, Nicaragua. pp. 40-47.

Castillo, L. 2002. Elementos de muestreo de poblaciones. Universidad Autónoma de Chapingo, México. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, 238 p.

Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT). Municipio de Ancuya 2008 – 2011.

European Environmental Agency. Information for Improving Europe's Environment. 2.005. [En línea] Disponible En: <http://www.biochem.northwestern.edu/holmgren/Glossary/Definitions/Def-B/biodiversity.html> (consulta: 30 de mayo 2.012).

Frankel O., Brown A. y Burdon, J. 1995. Conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, UK. 299p.

Hokgking, T. 2001. Homegardens and the maintenance of genetic diversity, Technical contributions in Home gardens and in situ conservation of plant genetic resources in farming systems, Proceedings of the Second International Home Gardens Workshop, International Plant Genetic Resources Institute IPGRI, Witzenhausen, Federal Republic of Germany. pp 14.

Leiva, J., Azurdia, C. y Ovando, W. 2000. Contribución de los huertos familiares para la conservación *in situ* de recursos genéticos vegetales. Caso de la región semiárida de Guatemala. TIKALIA, Guatemala. 2000, 18(2): 7-34.

Lok, R. 1998. Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica, pp. 1-6.

Maxted, N., Ford-Lloyd, B. y Hawkes J. 1997. Plant Genetic Conservation. The *in situ* approach. Chapman & Hall, Londres. pp. 35 - 46

**Minota, Y., Salinas, K. y Ballesteros, W. 2009.** Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales en el consejo comunitario La Unión, río Chagui, Tumaco. Tesis de Grado (Ing. Agroforestal) Pasto, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. 182p.

**Padilla, A. Petit, J., Suniaga, J., Rincon, A., Padilla, D. Y Betancourt, A. 2004.** Caracterización de huertos caseros como sistemas agroforestales en el estado Mérida, Venezuela. En: Revista Forestal Venezolana. Universidad de los Andes. Vol. 48 (1). p.33-39.

**Pulido, M., Pegaza, E., Martínez, A., Maldonado, B., Saynes, A y Pacheco, R. 2008.** Home gardens as an alternative for sustainability: Challenges and perspectives in Latin America. En: Albuquerque, U.P. & M.A. Ramos (Eds.). Currents Topics in ethnobotany. Research Signpost. Recife. 2008. 55-79 pp.

**Rodríguez, J., Díaz, R., Gallardo, M., García, G. y Parra, A. 2006.** El huerto: Una alternativa de producción familiar, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, (Serie D N° 7) Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Lara, Maracay, Venezuela. 39 p.

**Thrupp, L. 2000.** Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs* 76(2): 265-281.

**Uribe, G. 1993.** Caracterización y evaluación de sistemas agroforestales en el área del Proyecto Bosque de Guandal. Medellín, Colombia. 311 p. Tesis (Ingeniera Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

**Viquez, E. 1994.** Caracterización del huerto mixto tropical “La Asunción”, Masatepe, Nicaragua. En: *Agroforestería en las Américas*. Vol. 1, N° 2. p 5- 9.

## EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL COMO HERRAMIENTA PARA LA SOSTENIBILIDAD (GREEN CAMPUS) EN EL CENTRO DE GESTIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE SURCOLOMBIANO

Eileen Karina Castañeda Losada<sup>1</sup>  
Cristian David Trujillo Cardona<sup>2</sup>  
Maritza Cortes Enríquez<sup>3</sup>

| Recibido: 01 de Junio de 2015 | Revisado: 05 de Junio de 2015 | Aceptado: 11 de Junio de 2015 |

### Resumen

Las Instituciones de Educación (IE) no sólo deben formar profesionales, sino que también deben propender por fomentar principios ambientales mediante la adopción de medidas para reducir los impactos que se derivan de sus actividades. Lo anterior, debido a que las IE hoy en día pueden ser consideradas como “pequeñas ciudades”, por su gran tamaño, población y las diversas actividades complejas que tienen lugar en los campus, las cuales tienen algunos impactos serios directos e indirectos sobre el medio ambiente (Alshuwaikhaty Abubakar 2008). Dada la importancia de reducir los problemas ambientales, se hace necesario generar herramientas que permita a las organizaciones conocer su desempeño ambiental. En este sentido la Evaluación del Desempeño Ambiental (EDA) es una herramienta que permite la planificación, gestión y evaluación de los aspectos ambientales significativos de las IE en búsqueda de la sostenibilidad ambiental.

El presente estudio es un aporte a la generación y desarrollo de criterios de desempeño ambiental para los Centros de formación del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), producto de los resultados obtenidos de la gestión de los aspectos ambientales de mayor significancia del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS). En este orden de ideas, se hace necesario determinar el estado ambiental del centro de formación con el fin de generar indicadores de desempeño, que conlleve a la organización a comprender el impacto real o potencial de sus aspectos ambientales y de esta manera apoyar la planificación e implementación de la EDA. La metodología empleada es la NTC – ISO 14031:2005 adaptada a las particularidades de los procesos y servicios que ofrece el centro de formación. Se utilizará como métodos fundamentales el enfoque a procesos y la identificación y evaluación de aspectos ambientales.

**Palabras Clave:** Evaluación del Desempeño Ambiental; Indicadores Ambientales; Centros de Formación SENA, Instituciones Educativas, Sostenibilidad.

### Abstract

Education Institutions (EI) must not only be professional, but should also tend to promote environmental principles by adopting measures to reduce impacts arising from their activities. The above, because the IE today can be considered as “small towns” for its large population and the various complex activities that take place on campuses, which have some serious direct and indirect impacts on the environment (Alshuwaikhaty/Abubakar 2008). Given the importance of reducing environmental problems, it is necessary to create tools that enable organizations to meet their environmental performance. In this sense the Environmental Performance Assessment (EPA) is a tool that allows the planning, management and evaluation of significant environmental aspects of EI in pursuit of environmental sustainability.

This study is a contribution to the generation and development of environmental performance criteria for Training centers at *Servicio Nacional de Aprendizaje* (SENA), it is the results of the management of the most significant environmental aspects found in the *Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano* (CGDSS). In this vein, it is necessary to determine the environmental status of the training center in order to generate performance indicators, which entails the organization to understand the actual or potential impact of its environmental aspects and thereby support the planning and implementation of the EPA. The methodology used is the NTC - ISO 14031: 2005 adapted to the particularities of the processes and services offered by the training center. The process approach and the identification and evaluation of aspects.

**Keywords:** Environmental performance evaluation; Environmental indicators; SENA Training Centers, Educational Institutions, Sustainability.

<sup>1</sup> Ingeniera Ambiental, CGDSS.

<sup>2</sup> Administrador Ambiental, MSc (c) Ciencias Ambientales, CGDSS.

<sup>3</sup> Ingeniera Ambiental, CGDSS.

## Introducción

Si, por una parte, las instituciones educativas han sido y continuarán siendo motor del progreso y bienestar, no se puede ignorar el hecho de que muchos problemas ambientales tienen su origen en decisiones tomadas por políticos, administradores y técnicos que ha pasado por sus ambientes. Como parte de sus función sustantiva, estas, deben estar comprometidas a promover y contribuir activamente en el desarrollo de una cultura de equidad, responsabilidad social y ambiental, con efectos sobre la económica y la calidad de vida de las personas. Para ello, un movimiento a nivel mundial, promueve que el cambio comience dentro de los propios centros de formación.

Las IE no sólo deben formar profesionales, sino que también deben propender por fomentar principios ambientales mediante la adopción de medidas para reducir los impactos que se derivan de sus actividades. Lo anterior, debido a que las instituciones educativas hoy en día pueden ser consideradas como “pequeñas ciudades”, por su gran tamaño, población y las diversas actividades complejas que tienen lugar en los campus, las cuales tienen algunos impactos serios directos e indirectos sobre el medio ambiente (Alshuwaikhat, 2008). Para ilustrar, el Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano produce 118,7 kg/día de residuos sólidos, equivalente a 3,1 toneladas/mes y consume en promedio 712,6 m<sup>3</sup> de agua /mes, coherente con Bonnet, (2001) que señala que los usos del agua en algunos centros de formación de gran tamaño son similares a los usos que se dan en ciudades pequeñas o de tamaño medio.

Por lo tanto, la contaminación ambiental y el consumo de recursos naturales en las IE, puede ser reducida considerablemente por la elección de medidas técnicas y organizacionales efectivas, de manera que la protección ambiental se constituya como aporte fundamental de los centros de formación al desarrollo sostenible (Viebahn, 2002) y se convierta en un referente de actuación en sus educandos.

En este orden de ideas, Velázquez *et al* (2005) citado en: Zhang *et al* (2011) declara que el centro de formación sostenible “es el que se ocupa, se involucra y promueve a nivel regional o global, la minimización de los efectos negativos (Ambientales, económicos, sociales y de salud) que se generan en el uso de sus recursos, con el fin de cumplir con las funciones de docencia, investigación, extensión, cooperación y la administración”. Es por esto que Iojá *et al* (2012) manifiestan que la gestión ambiental en las IE deben

fomentar ambientes de formación que puedan servir como centros para la promoción de la sostenibilidad global, en otras palabras, en la educación formal y no formal, el término “sostenibilidad” se utiliza para describir un movimiento positivo hacia la responsabilidad ambiental y social (Nicolaidis, 2006).

En particular, Silva, L. & Pavesi, A., (2011) plantea que la sostenibilidad en los centros de formación la conforman tres esferas principales. La primera trata sobre **la extensión**, como la esfera de las actividades de transferencia de conocimiento a las comunidades, la segunda se dedica a **iniciativas de gestión ambiental**, dirigidas a reducir el impacto directo que las actividades de formación provocan en el medio ambiente. En la actualidad dichas iniciativas representan las acciones más frecuentes dentro de la sostenibilidad en los campus de formación. Finalmente, la última esfera de actuación trata sobre las **acciones de docencia e investigación**; paradójicamente, en aquellas que son las funciones primordiales de las IE, son en las que más lentamente se están incorporando los principios de la sostenibilidad ambiental.

Por otra parte el concepto de **Green Campus**, aborda tres aspectos: Inclusión de la dimensión ambiental en el currículo; implementación de planes, programas, proyectos, acciones y actividades de gestión ambiental en el campus (agua, energía, residuos), e investigación ambiental (Programa Ambiental de la Organización de Naciones Unidas – UNEP -, 2012).

Cualquiera sea el enfoque que se asuma, se hace necesario medir el nivel de desempeño hacia los *Centros de Formación Sostenible o el Green Campus*; verificando el logro de sus objetivos y metas, que deben estar vinculados a indicadores, para permitir el seguimiento de los progresos.

El presente documento resalta la necesidad de conformar un mecanismo de gestión/evaluación basado en el desempeño ambiental del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS), con el fin de generar criterios de desempeño, basado en indicadores, que permitan la implementación de medidas de mejora continua en el Servicio Nacional de Aprendizaje.

## Metodología

**1.1 Área de Estudio.** Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS), localizado en el municipio de Pitalito (Huila); es un Centro de Formación no formal del estado, en el nivel de

Técnico y Tecnólogo, integrado al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Conformado por dos (2) sedes principales, sede Comercio y Servicios y Tecnoparque Agroecológico Yamboró, Contempla un área construida de 1.935 y 9.454 m<sup>2</sup> respectivamente y una población promedio de 1.550 personas entre aprendices, instructores y empleados, (personal administrativo, personal de limpieza, seguridad y mantenimiento) para el segundo semestre del año 2014.

## 1.2 Método

La presente investigación es de tipo evaluativo ya que analiza la estructura, funcionamiento y los resultados de un programa con el fin de proporcionar información de la cual se puedan derivar criterios útiles para la toma de decisiones con respecto a la administración y el programa evaluado. En otras palabras, la investigación evaluativa permite estimar la efectividad de uno o varios programas, propuestas, planes de acción o diseño, los cuales han sido aplicados anteriormente con la intención de resolver o transformar una situación determinada (Hurtado, 2000) Dicha situación es la de generar una herramienta de evaluación, basados en un sistema de indicadores que permitan implementar medidas de mejora continua en los centros de formación del SENA.

Así mismo la propuesta es vista desde un enfoque inductivo a lo deductivo, ya que considera un contexto social particular como es el caso del CGDSS acerca de la aplicación y continuación de ciertas acciones o programas en torno a lo ambiental con el fin de establecer programas semejantes en otros contextos o centros de formación del medio local, nacional y global.

## 1.3 Proceso Metodológico

El proceso metodológico para la EDA se realizó con base en la Norma ISO 14031, siguiendo el modelo de gestión “planificar-hacer-verificar-actuar”. A continuación se describe la metodología basada en el proceso de mejoramiento continuo (Figura 1).

### PLANIFICACIÓN

- Caracterizar la demanda de agua, energía y generación de residuos en el CGDSS
- Identificación y clasificación de los usuarios finales

### HACER

- Medir consumos de agua
- Balance del sistema
- Generar indicadores
- Informe de resultados, comunicación

### VERIFICAR Y ACTUAR

- Identificación de oportunidades de mejoras
- Selección de las estrategias a implementar de acuerdo con las características propias del centro de formación
- Mejoramiento Continuo

Figura 1. Ciclo PHVA

De forma general las fases pueden definirse como:

**1.3.1 Planificar.** La planificación de la EDA en el CGDSS, incluyendo la selección de indicadores se basa en los aspectos ambientales significativos que puedan controlar y sobre los cuales es necesario tener influencia, en criterios de desempeño ambiental y los puntos de vista de las partes interesadas. Por lo tanto la investigación se enfoca hacia el consumo de agua, energía y generación de residuos, como aspectos significativos y sobre los cuales se puede tener control y registros válidos para su seguimiento.

Esta fase posee como objetivo realizar una identificación, clasificación y descripción de los procesos de cada una de las áreas que integran el Centro de Formación, así como determinar los aspectos e impactos ambientales asociados a los mismos. Este análisis permite definir los indicadores para medir la gestión de los aspectos ambientales del mismo y para definir, de forma exhaustiva, dónde han de centrarse los esfuerzos de mejora del desempeño.

**1.3.2 Hacer.** Considera la recopilación, análisis y conversión de los datos en información que describa el desempeño ambiental de la organización, basados en los registros de los aspectos identificados previamente, los cuales son consumo de agua, energía y generación de residuos.

La recopilación de la información se realizó a través de las facturas generadas por las empresas prestadoras de servicios de agua y energía en los casos en donde el servicio se suministraba por un ente externo.

En cuanto a los consumos de agua en donde el centro de formación se suministra el servicio se revisan los registros de operación de la planta de tratamiento

de agua potable, los cuales incluyen las lecturas a los medidores con el fin de establecer consumos mensuales.

Y para el caso de la generación de residuos se realizan procesos de caracterización, identificación y cuantificación de la producción de residuos sólidos por tipo (Reciclables y ordinarios).

Una vez recopilada la información durante los dos meses del año a evaluar se realizó una evaluación de la información y se comparó con criterios de desempeño ambiental del orden local, nacional e internacional. Finalmente se generan informes y acciones que comuniquen y trasfieran a las partes interesadas la información que describe el desempeño ambiental de la organización.

Lo anterior, con el objeto de generar un conjunto de indicadores ambientales a partir de los aspectos ambientales más significativos y el benchmarking, determinando tanto indicadores de desempeño ambiental (IDA) los cuales me permiten evaluar el cumplimiento normativo del centro de formación y la gestión de este en la protección de los recursos naturales y el medio ambiente; como indicadores de condición ambiental (ICA) los cuales proporcionan información ambiental local, regional o nacional según sea el caso y el área de estudio.

Es importante tener claro que Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes en la industria. (David T. Kearns, S.f).

**1.3.3 Verificar y actuar.** Revisar periódicamente la EDA y sus resultados para identificar oportunidades de mejora. Esta revisión contribuye a que la dirección tome acciones para mejorar el desempeño de gestión y operacional de la organización contribuyendo a mejorar la condición ambiental.

Esta fase incluye una revisión de la eficiencia de costos y beneficios logrados, progreso en el cumplimiento de los criterios del desempeño ambiental, idoneidad de los criterios del desempeño ambiental, idoneidad de los indicadores seleccionados para la EDA, y fuentes de datos, métodos de recopilación y calidad de datos. Diseño, si es un estudio población o muestra sobre la que se ha hecho, delimitar un área de estudio, definir los métodos y técnicas empleadas, debe incluir un Análisis estadístico. Debe ser bastante detallada de modo que se puedan verificar sus resultados.

## Resultados

### 2.1 Elementos estructurales

El CGDSS comprende un área total de 152.506 m<sup>2</sup>, cuenta con dos sedes principales, sede Comercio y Servicios (población para el año 2014 de 740 personas) y sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró (población promedio de 810 personas), las cuales se construyeron en el año 1985 y año 2006 respectivamente. En la Tabla 1 se describen los elementos estructurales que componen el CGDSS.

Tabla 1. Elementos estructurales del CGDSS

AMBIENTES	SEDE		
	COMERCIO Y SERVICIOS	YAMBORÓ	CGDSS
Ambiente de Formación	5	14	19
Auditorio	2	1	3
Laboratorios	0	5	5
Oficinas	6	1	7
Salas de Instructores	1	1	2
Cafetería/ Restaurante	1	1	2
Uso aseo personal	2	2	4
Unidad Productiva	1	12	13
Biblioteca	1	0	1
Salas de sistemas	1	3	4
Área Total (m <sup>2</sup> )	2.306	150.200	152.506

### 2.2 Indicadores de consumo

La gestión interna de los aspectos ambientales (agua, energía, residuos) en Centros de formación e instituciones Educativas implica un control eficiente y eficaz tanto en los sistemas de distribución, como en los consumidores. En este orden de ideas, se realizó un proceso de gestión del recurso hídrico, residuos sólidos y energía, en el CGDSS, caracterizando a los usuarios y hábitos de consumo con el fin de generar procesos de comprensión, herramientas e indicadores de gestión. En este sentido se pudo establecer la distribución de los consumos del agua de acuerdo a los usos identificados, la demanda de energía y la generación de residuos, con el propósito de evaluar su

desempeño en el tiempo. A continuación se describe el desempeño de los aspectos ambientales de mayor significancia del Centro de Formación:

**2.2.1 Agua potable.** El CGDSS demanda un promedio de 27.407 litros de agua potable\* día cuando existe actividades de formación. El 58% del agua es consumida por la sede Comercio y Servicios y el 42% restante se distribuye en la sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

La Figura 2. Muestra la distribución de la demanda del agua de acuerdo a la sede.



Figura 2. Consumo de agua de acuerdo a la sede

La sede Comercio y Servicios demanda un consumo promedio de 17.449 litros\* día, equivalentes a 454 m<sup>3</sup>/mes, con una dotación bruta de 21.1 litros/persona\* día en tanto la sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró consume 11.204 litros\* día, equivalentes a 332 m<sup>3</sup>/mes (Figura 3). Las pérdidas y el agua no contabilizada para esta sede son del 20%. Teniendo en cuenta lo anterior la dotación bruta en promedio para esta sede es de 12 litros/persona\* día mientras que la dotación neta en promedio es de 7 litros/persona\* día.

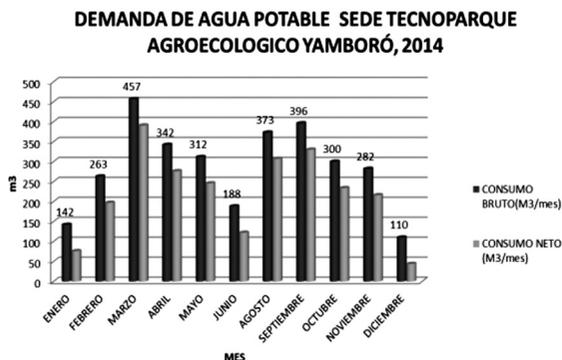


Figura 3. Consumo de agua potable sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró

Los meses en que existe mayor demanda del recurso son Marzo y Septiembre con un consumo promedio de 456 y 396 m<sup>3</sup>/mes respectivamente, lo cual se debe al aumento en la población flotante durante estos meses. El mes de Enero con un consumo de 142 m<sup>3</sup>/mes y Diciembre de 110 m<sup>3</sup>/mes son los meses que presentan menores consumos; los consumos mínimos están directamente relacionados con la presencia de los aprendices en las sedes durante el periodo formativo, el cual inicia la última semana de enero y termina la segunda semana de diciembre

**2.2.1.1 Clasificación de los consumidores de acuerdo a los usos del agua, sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró.** El proceso investigativo contribuyó a la identificación y tipificación de los usuarios finales de acuerdo con el uso del agua en la sede Yamboró. Se determinó que los usuarios finales que mayor demanda ejercen sobre el recurso son la unidad productiva de Gastronomía y Aseo personal aprendices ya que consumen el 58% y 30% respectivamente del total del agua que ingresa al centro. En menor medida se encuentran los usos de Biocombustible (12%), Agroindustria (9%) laboratorios (4%), Unidad productiva de café (2%), Biocabaña (1%), y agua para bebida directa (0.2%).

La Figura 4, muestra la distribución de consumos de agua de acuerdo a los usos identificados en la sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

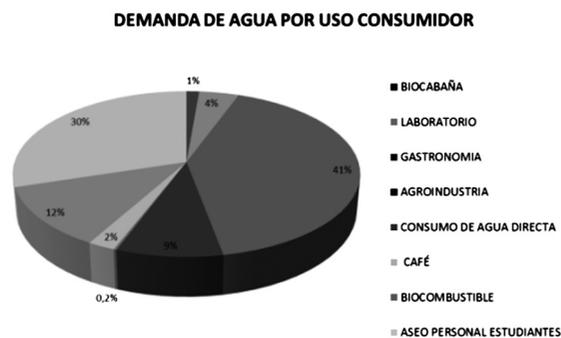


Figura 4. Demanda de agua por usos en la sede Yamboró.

Como indicadores resultantes del proceso del diagnóstico de consumos se obtuvo que el uso aseo personal aprendices demanda 6,3 L/aprendiz\* día. En cuanto al uso en la Biocabaña 5,8 L/aprendiz\* día, uso laboratorios 4,2 L/taller\* día unidad productiva de Agroindustria 16 L/taller\* día. Uso para bebida directa (bebedero) y la cafetería principal (gastronomía) presentan demandas de 0.2 L/usuario\* día y 10 L/comensal\* día respectivamente. Es importante resaltar que estos indicadores son pioneros en el CGDSS (Tabla 2).

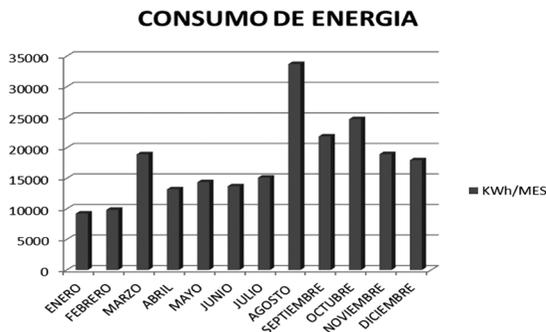
**Tabla 2.** Descripción de los usos del agua en la sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

USO DE AGUA	CONSUMO (L* día)	INDICADOR
Aseo personal aprendices	3060	6,31 (litros*aprendiz*día)
Preparación de alimentos	Gastronomía	4253 10,8 (litros*comensal*día)
	Bebederos	23,1 0,2 (litros*usuario*día)
Laboratorios	438	4,2 (litros*taller*día)
Agroindustria	891	15,9 (litros*taller*día)
Biocabaña	139	5,8 (litros*Aprendiz*día)

Ahora bien, la Dotación Bruta, corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un usuario considerando las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. En este sentido, de acuerdo al diagnóstico realizado se determinó la dotación bruta en promedio para el CGDSS es de 16,4 litros/persona\*día.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Centro de Formación se encuentra dentro de los valores estimados de consumo en relación con el Código Colombiano de fontanería (NTC 1500) que es de 50 L/persona/día para centros educativos. Sin embargo al contrastarlo con estándares establecidos por la municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo, este presenta niveles de exceso en el consumo per cápita del recurso hídrico de 11,4 L/persona\*día.

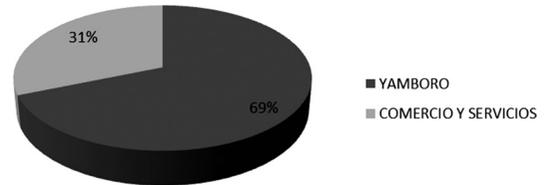
**2.2 Energía:** El consumo promedio mensual de energía para el CGDSS es de 15.787 kWh/mes. Los meses en que existe mayor demanda del recurso son Agosto y marzo con un consumo promedio de 33.720 y 18.930 kWh/mes respectivamente. El mes de Febrero con un consumo de 9840 kWh y Abril de 13.200 kWh son los meses que presentan menores consumos. La Figura 5. Muestra la distribución del consumo de energía en el Centro de Formación.



**Figura 5.** Consumo mensual de energía Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano.

Por otro lado, el 31% de la energía es consumida por la sede Comercio y Servicios y el 69% restante se distribuye en la sede del Tecnoparque Agroecológico Yamboró. La Figura 6. Muestra la distribución de la demanda de energía de acuerdo a la sede.

**CONSUMO DE ENERGIA POR SEDE**

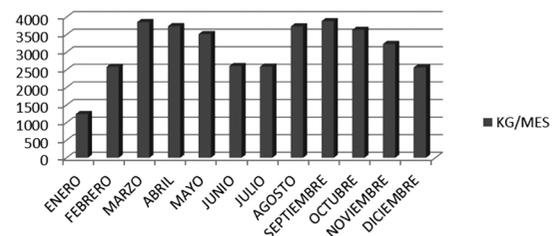


**Figura 6.** Consumo de energía de acuerdo a la sede

Así mismo, el consumo per cápita para la sede de Yamboró es de 0.49 KWh/persona\*día y de 0.29. KWh/persona\*día para la sede Comercio y Servicios. Por lo tanto la demanda per cápita de energía para el CGDSS es de 0.39 KWh/persona\*día. Es decir, el Centro de Formación se encuentra dentro de los valores de consumo estimados por la secretaria de Ambiente de Bogotá, Colombia, para el sector público distrital. El cual se encuentra en 1,8 KWh/persona\*día.

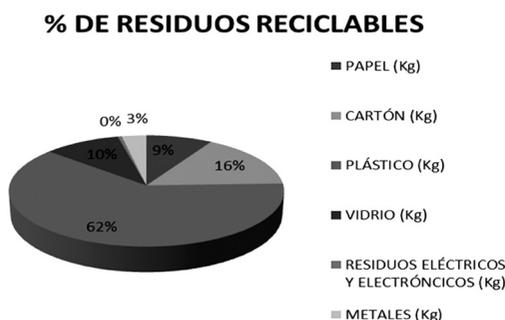
**2.3 Residuos sólidos.** Los residuos generados por el CGDSS, son calculados de acuerdo al proceso de caracterización y clasificación de los residuos sólidos, realizado en la sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró. En este sentido, son 28 toneladas de residuos sólidos generadas al año. Un promedio de 3.100 Kg/mes, donde los meses que mayores residuos se generan son Marzo y Septiembre con 3.858 y 3.741 Kg/mes respectivamente. Febrero con 2.595 Kg. Y junio con 2.609 Kg son los meses que generan menor cantidad de residuos sólidos (Figura 7).

**RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS AL MES**



**Figura 7.** Residuos sólidos generados en la sede Yamboró.

El promedio per cápita de residuos generados es de 0.16 Kg/hab/día, la Figura 8. Determina la clasificación de acuerdo al tipo de residuos generados en el centro de formación.



**Figura 8.** Clasificación de acuerdo al tipo de residuos generados en la sede Yamboró

Se encontró en mayor proporción (71%) residuos de tipo orgánico, 23% residuos inservibles e inertes, 6% reciclables y menos del 1% residuos peligrosos, generados principalmente por los laboratorios de ensayo y calibración.

Con respecto a la recuperación de los residuos reciclables, el centro de Formación recupera y dispone adecuadamente el 21% del papel y cartón generado, 13% metales, 2% del vidrio, 1% de plástico (Tabla 3). Cabe resaltar que el 100% de los residuos eléctricos y electrónicos se disponen y/o Tratan adecuadamente. Así mismo la totalidad de los residuos orgánicos generados en el Centro de Formación se aprovecha para elaborar Abono Compostado Tipo Bocashi, Abono en Compostera, Agropius, Microorganismos Nativos, Supermagro, Sulfocalcico, Bordelés, Lombricompost.

**Tabla 3.** Indicadores de recuperación de residuos sólidos en la sede Tecnoparque Yamboró.

RESIDUOS RECUPERADOS			
MATERIAL	%	Kg/Mes	Kg/Hab/Día
Papel	21%	32,48	0,0015
Cartón	21%	57,8	0,0027
Plástico	1%	11,4	0,0005
Vidrio	2%	2,8	0,0001
Residuos Electricos y Electronicos	100%	9,2	0,0004
Metales	13%	5,6	0,0003

Finalmente la siguiente tabla presenta una síntesis de indicadores de consumos (agua, energía y generación de residuos sólidos) del CGDSS, año 2014.

**Tabla 4.** Indicadores de consumo de acuerdo a la sede

SEDE	Consumo Bruto					
	Agua (L/día)	Indicador (L/persona/día)	Energía (KWh/día)	Indicador (KWh/persona/día)	Residuos sólidos (kg/día)	Indicador (kg/hab/día)
Comercio y servicios	17449	21,1	5520	0,29	N/A	N/A
Tecnoparque Agroecológico Yamboró	11204	12	10267	0,49	118,1	0,14
CGDSS	27408	16,4	15787	0,39	118,1	0,14

Con el desarrollo de las siguientes fases del proyecto se tiene proyectado validar nuevos indicadores y comprobar la eficiencia esperada, basados en la implementación de estrategias de tipo tecnológico como social referente al uso eficiente y ahorro de agua, energía y residuos sólidos, a fin de identificar los criterios de desempeño para los Centros de formación a nivel SENA en relación con los aspectos ambientales de mayor significancia.

## PERSPECTIVAS DE LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL EN IE Y CENTROS DE FORMACIÓN

Uno de los grandes desafíos o retos para los centros de formación SENA, será establecer un marco común de evaluación de la sostenibilidad donde se definan los criterios de desempeño ambiental. No solo a nivel de iniciativas de gestión titulada o de sostenibilidad en los campus; se debe asegurar de que se integren en el currículo, en la educación y en los procesos de aprendizaje que se tiene a nivel de programas de formación. Así pues el presente estudio propone un criterio de desempeño para el CGDSS, referente a la gestión de recurso hídrico de 16,4 litros\*usuario-día; demanda de energía 0.34 KWh/persona/día y 0.16 Kg/hab/día de residuos sólidos generados.

## Conclusiones

Los indicadores de desempeño resumen extensos datos medioambientales en información clave y significativa y comparable a fin de presentar el comportamiento medioambiental de una organización de manera exhaustiva y cuantificable. Así mismo el desarrollo de herramientas para definir un marco común de

evaluación de la sostenibilidad basado en un sistema de indicadores contribuirá como elemento de reflexión para los Centros de Formación y puede serles de gran ayuda para identificar deficiencias y definir políticas y estrategias que les permitan dar pasos más firmes y comprometidos con la sostenibilidad.

Por otro lado estas actuaciones servirán como punto de referencia para que otros Centros de Formación a nivel SENA que se están iniciando puedan adaptarlas a sus contextos y avanzar de forma más rápida hacia la sostenibilidad.

Queda un amplio camino que recorrer para las IE Colombianas ya que uno de los principales retos es la incorporación de la sostenibilidad de manera intrínseca en todas las líneas de acción y en el territorio propio de los Centros de Formación. Es decir, deberá contribuir a la sostenibilidad desde todos los ámbitos que los caracterizan: formación, investigación, y relaciones con la sociedad. Todo ello con el fin de desarrollar un campus sostenible y saludable, fomentando el compromiso, la participación social y prácticas alineadas con la Producción más Limpia.

En cuanto a los referentes de consumo de agua, energía y generación de residuos para Instituciones educativas y centros de formación, es evidente que la normatividad Colombiana carece de estándares o indicadores que permitan comparar y evaluarlos patrones de consumo con el fin de diseñar programas de uso eficiente.

Por último, Este estudio es un aporte inicial en la determinación de patrones de consumo en centros de formación SENA y e instituciones educativas, que se debe validar en otros centros e instituciones a fin de estandarizar umbrales óptimos de consumo de agua, energía y generación de residuos de acuerdo a sus usos. Para el CGDSS la investigación contribuye a los procesos que se adelantan en materia ambiental, convirtiéndose este en una herramienta de gestión, que permitirá evaluar la tendencia del uso de los recursos y verificar el desempeño de los programas implementados en la institución, a fin de optimizar el uso de los mismos, que indiscutiblemente conlleva a beneficios económicos y ambientales.

## Literatura citada

**Alshuwaikhat, H. &Abubakar, A (2008).** An integrated approach to achieving campus sustainability: assesment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*.

**Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., &Ramírez-Barreto, M. (2003).** Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 39(3), 283–296.doi:10.1016/S0921-3449(03)00033-8

**Bonnet, J. C. (2002).** Analysis of electricity and water end uses in university campuses; case-study of the University of Bordeaux . *Framework of the ecocampus European Collaboration*, 10, 13 - 24.

**Boroso, h. V. (2011).** Hacia una unviersidad sustentable: Bases para un plan participativo de gestion y educacion ambiental. En U. A. Universidad de Sao Paulo, *Visiones y Experiencias Iberoamericanas de Sostenibilidad en las Universidades*. (pág. 228). Brasil. Capuz, S. (2002). *Ecodiseño*. España: Editorial de la Universidad Politecnica de Valencia.

**Clarke, A. , &Kouri, R. (2009).** Choosing an appropriate university or college environmental management system.*Journal of Cleaner Production*, 17(11), 971–984. doi:10.1016/j.jclepro.2009.02.019

**Espinosa, R. M., Turpin, S., Polanco, G., De Latorre, a, Delfin, I., &Raygoza, I. (2008).** Integral urban solid waste management program in a Mexican university. *Waste management (New York, N.Y.)*, 28 Suppl 1, S27–32. doi:10.1016/j.wasman.2008.03.023

**Evangelinos, K. I., Jones, N., &Panoriou, E. M. (2009).**Challenges and opportunities for sustainability in regional universities: a case study in Mytilene, Greece. *Journal of Cleaner Production*, 17(12), 1154–1161. doi:10.1016/j.jclepro.2009.02.020.

**Gomes, R., Favoretto, T., & De Araujo, A. (2011).** Diagnostico de la situacion de los residuos solidos de la Universidad de Estadual “Julio de Mesquita Filho” (UNSEP), Campus de Bauru, utilizando el principio de Producción mas limpia (P+L). En UNEP, *visiones y experiencias iberoamericanas de sostenibilidad en las universidades* (págs. 311-). Brasil.

**HURTADO, Jacqueline.** Metodología de la Investigación Holística. Caracas. 2000.

**IHOBE (1999):** Indicadores Medioambientales de la Empresa. Sociedad Pública Gestión Ambiental. Ministerio Federal de Medio Ambiente, Bonn y Agencia Federal Medioambiental, Berlín.

**López Alvarez, N. (2009).** Metodología para el cálculo de la huella ecologica en universidades. España.

- Llosa, Z.D., Jhonson, H., y Moreno, M.L., (2009).** Gestión ambiental en universidades públicas costarricenses: el ejemplo de “ UNA-Campus sostenible ” Universidad Estatal a Distancia. Posgrado y Sociedad. Resumen, 81–124.
- Norma Técnica Colombiana. NTC 14031:2005** Gestión Ambiental. Evaluación del Desempeño Ambiental. Directrices. ICONTEC. 2005
- Mason, I. G., Brooking, a. K., Oberender, a., Harford, J. M., & Horsley, P. G. (2003).** Implementation of a zero waste program at a university campus. Resources, Conservation and Recycling, 38(4), 257–269. doi:10.1016/S0921-3449(02)00147-7
- Municipalidad de zaragoza y Fundacion ecologia y desarrollo. (2010).** Guia practica para el ahorro de agua y energia en el hogar. Zaragoza, España.
- Dincer I, & Rosen. M. (2007).** EXERGY –Energy, Environment. Elsevier., 407.
- Gong M, & Wall G. (2001).** On Exergy and sustainable development - part 2: Indicators and methods. Exergy International Journal 1, 217 - 233.
- Iojá, C. i. (2012).** Waste Management in Public Educational Institutions of Bucharest city, Romania. Procedia Environmental Sciences, 14, 71 - 78.
- Isaac L., D. S. (2010).** Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental de los Centros de Educación Superior (CES). Revista CENIC.
- Nicolaides, A. (2006).** The implementation of environmental management toward sustainable universities and education for sustainable development as an ethical imperative. International Journal of Sustainability in Higher Education, 237 - 251.
- PNUMA, U. (1987).** Congreso sobre educación y formación ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente & United Nations Education, Scientific and Cultural Organization. Moscú.
- Program United Nations Environment. UNEP (2012).** Greening Universities toolkit. EU.
- Racoviceanu, A.I., Karney, B.W., Kennedy, C.A., Colombo, A.F., 2007.** Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions inventory for water treatment systems. Journal of Infrastructure Systems 13, 261e270.
- Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (2000)** Sección II Título F: Sistemas de Aseo Urbano
- Sammalisto, K., & Brorson, T. (2008).** Training and communication in the implementation of environmental management systems (ISO 14001): a case study at the University of Gävle, Sweden. Journal of Cleaner Production, 16(3), 299–309. doi:10.1016/j.jclepro.2006.07.029
- Secretaría Distrital de Ambiente (2013)** Datos e indicadores para medir la calidad ambiental en Bogotá.
- Silva, L. P & Pavesi, A., (2011).** A plataforma da sustentabilidade como base para a construção coletiva de comunidades universitárias solidárias e sustentáveis. Visiones y experiencias iberoamericanas de sostenibilidad en las universidades.
- Tilbury, D. (2011).** Educación superior para el desarrollo sostenible: perspectivas globales. En U. A.-U.-P. Universidade de São Paulo - USP, Visiones y experiencias iberoamericanas de sostenibilidad en las universidades. (págs. 13 - 17). Brasil.
- Velásquez, L. M. (2005).** Deterring sustainability in higher education institutions: An Appraisal of the factors which influence sustainability in higher education institutional. *Sustainability in Higher Education*, 383 - 391.
- Viebahn, P. (2002).** An environmental management model for universities: from environmental guidelines to staff involvement. *Journal of Cleaner Production*.
- Zhang, N. W. (2011).** Greemomg academia: developing sustainable waste management. *Higher Education Institutions*.

## EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE HUMEDALES ARTIFICIALES EMPLEANDO *Heliconia Psittacorum* y *Cyperus Papyrus* PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Renso Alfredo Aragón Calderón<sup>1</sup>  
Andrea Yiceth Parra Collazos<sup>2</sup>  
Martha Adriana Peña Torres<sup>3</sup>

| Recibido: 07 de Julio de 2015 | Revisado: 10 de Julio de 2015 | Aceptado: 21 de Julio de 2015 |

### Resumen

El Tecnoparque Agroecológico Yamboró del Sena – Pitalito, Huila, quiere dar una solución ambientalmente sostenible a las aguas residuales domésticas que genera, en el marco del desarrollo de las actividades de formación integral profesional por proyectos de sus aprendices. Se evaluó un sistema de tratamiento prototipo con dos especies de plantas presentes en el sur del Huila: *Heliconia psittacorum* y *Cyperus papyrus*. Los parámetros evaluados fueron DBO5, DQO, CE, OD, STD, sólidos sedimentables, coliformes fecales y totales., El sistema prototipo mostró resultados satisfactorios en remoción de carga contaminante, sin embargo se propone realizar estudios posteriores, con tiempos de medición prolongados.

**Palabras Claves:** Fitorremediación, flujo subsuperficial, humedales artificiales, *Heliconia psittacorum*, *Cyperus papyrus*.

### Abstract

The Tecnoparque Agroecológico Yamboró del Sena – Pitalito, Huila, wants give an environmentally sustainable solution to wastewater generated, in the context of the development of the vocational comprehensive training for apprentices projects. Treatment system prototype was evaluated using two species of own plants in the southern region of Huila: *Heliconia psittacorum* y *Cyperus papyrus*. The parameters evaluated were BOD5, COD, EC, DO, TDS, settleable solids, fecal and total coliforms. Preliminarily, the prototype system showed satisfactory results in removal of pollution load, however it is proposed to further studies, with prolonged measurement.

**Keywords:** Phytoremediation, subsurface flow, constructed wetlands, *Heliconia psittacorum*, *Cyperus papyrus*.

<sup>1</sup> Ing. Agrícola. Investigador Grupo de Investigación Yamboró. Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano.

<sup>2</sup> Ing. Ambiental. Investigadora Grupo de Investigación Yamboró. Instructora, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano.

<sup>3</sup> Química. Investigadora Grupo de Investigación Yamboró. Instructora, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano

## Introducción

En el mundo mundial, la contaminación de las aguas constituye un grave problema ambiental, como consecuencia de la industrialización, globalización, crecimiento poblacional y urbanización (Salgado *et al* 2012). Para el año 2050, la población mundial se proyecta en 9100 millones de personas, un 34% superior a la de hoy (Palta y Morales, 2013), por lo cual el tratamiento de las aguas residuales se convierte en uno de los retos del desarrollo sostenible.

Las aguas residuales domésticas se originan a partir de actividades humanas relacionadas con la evacuación de residuos (desperdicios, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), lavados (jabones, detergentes, sales, etc.) y de actividad general de las viviendas (celulosa, almidón, insecticidas, partículas orgánicas, etc.); frecuentemente son descargadas en ríos, arroyos, lagos o directamente al mar sin un tratamiento adecuado lo que aporta metales pesados, sustancias químicas (Garzón *et al* 2012), materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos que contribuyen a la eutrofización y turbidez, fenómeno que incluye la proliferación de algas, cambios en la estructura de las comunidades acuáticas, disminución de la diversidad biológica y eventos de mortandad de peces por agotamiento de oxígeno (Palta y Morales, 2013).

En Colombia, existe la normativa relacionada con las aguas residuales corresponden al Decreto 1594 de 1984, sin embargo, se estima que diariamente se producen cuatro millones de metros cúbicos de residuos líquidos y sólo el 8% de las aguas residuales tienen algún tipo de tratamiento antes de descargarse a las fuentes naturales (Pérez *et al* 2011). Alrededor de 300 municipios no realizan depuración al agua de consumo y 450 no tienen planta de tratamiento, sobresale el caso de la cuenca del Magdalena-Cauca (25% del área territorial), con un 70% de la población y sólo 11% de la oferta hídrica del país, lo que conlleva a que cerca de 1300 cuerpos de agua estén seriamente contaminados (Palta y Morales, 2013). En general, en la Zona Andina las aguas residuales se vierten directamente a los cuerpos de agua ubicados dentro del perímetro urbano (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Es importante tener en cuenta, que aunque en Colombia se han construido plantas de tratamiento de aguas residuales, el número real de aquellas que se encuentran en buen estado es desconocido (Bedoya *et al* 2014). Lo anterior preocupa, debido a que las grandes inversiones en la construcción de las plantas de tratamiento, podría dejar de impactar

positivamente la reducción de la contaminación, por una inadecuada operación y mantenimiento, y el Ministerio del Medio Ambiente (2001) señala que la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento es responsabilidad del generador de las aguas residuales y éste debe garantizar que los vertimientos reúnan las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas que se requieren para la protección del medio ambiente y la salud humana, de acuerdo con lo que se establezca en la legislación, mediante el monitoreo y la caracterización de las aguas con la periodicidad indicada.

Aunque las grandes ciudades han hecho esfuerzos para minimizar el impacto de las aguas residuales, los sistemas convencionales implementados son costosos y de difícil aplicación, lo que limita su construcción en pequeños municipios, zonas rurales, y en la pequeña y mediana industria (Sanabria 2006 Garzón *et al* 2012). Los países en vía de desarrollo deberían construir sistemas de tratamiento eficientes, de bajo costo, fáciles de operar, es decir, sostenibles para la comunidad beneficiaria, donde se considere el agua residual como un recurso (Pérez *et al* 2011). El problema con las tecnologías convencionales es que exigen frecuentemente una inversión considerable y un personal técnico capacitado para su operación y mantenimiento, teniendo en cuenta de otro lado, que en las zonas aisladas, el tratamiento de las aguas residuales se enfrenta a la contaminación difusa, dispersión geográfica y condiciones topográficas de difícil acceso, se deben encontrar soluciones que se adapten a cada región específica, donde la identificación de materiales autóctonos y la implantación de vitrinas de demostración tecnológica constituyan las primeras actividades por realizar (Garzón *et al* 2012).

Cuando de aplicar soluciones ambientalmente sostenibles se trata, se debe echar un vistazo a lo que nos brinda la naturaleza, para comprender los principios que la rigen y que se puedan replicar en favor del desarrollo humano. Uno de los procesos que puede ser aplicado en la descontaminación de las aguas residuales se denomina fitorremediación, que se define como el uso de las plantas para eliminar, destruir o transformar contaminantes del suelo, agua y aire (Peña *et al* 2013). Un sistema de tratamiento que usa este tipo de principio son los humedales artificiales, que imitan la naturaleza, de los naturales como intermediarios entre la afluencia de la contaminación y los ecosistemas acuáticos (Villegas *et al* 2006); en ellos se da una compleja interacción entre plantas, medio de soporte, bacterias y agua de tal forma que los contaminantes son almacenados, transformados o degradados a través de diversos procesos físicos,

químicos y biológicos (Bernal *et al* s.f.); con ellos se pueden lograr altos niveles de tratamiento y tienen un gran potencial para el tratamiento de las aguas residuales en los países en desarrollo, debido a sus bajos costos de implementación, bajo consumo de energía, fácil operación y bajo mantenimiento (Sanabria 2006; Konnerup *et al* 2009).

En los humedales construidos, la capacidad de remoción se debe a los efectos combinados entre el tiempo de retención hidráulica, la acción filtrante del sustrato para retener sólidos suspendidos del agua y la actividad biológica del sistema (Romero *et al* 2009). Con ellos, se pueden obtener mejores rendimientos que con las lagunas sin vegetación, aunque pueden afectarse por las especies de plantas usadas (Vymazal, 2013), ya que éstas son el componente indispensable, incluso, la presencia o ausencia de plantas, es motivo para definirlos (Li *et al* 2013). Cabe destacar, que su uso se extiende al tratamiento de otro tipo de aguas, como es el caso de las aguas de escorrentía, las cuales se ven afectadas por la contaminación del aire, cunetas o el pavimento, entre otros (Peña y Lara, 2012).

De acuerdo con Vymazal (2013), en Suramérica hay un número muy pequeño de humedales construidos y a su vez, es muy poco lo que se ha escrito sobre los resultados de su funcionamiento; existen estudios muy específicos que les atribuyen no sólo potencial como sistemas de tratamiento, sino también un aporte a la fauna de los paisajes agrícolas que los circundan, la cual puede verse afectada positivamente porque ellos les proporcionan insectos y otros microorganismos que contribuyen a la cadena alimenticia (Stahlschmidt *et al* 2012). También es muy poco lo que se conoce sobre el funcionamiento de este tipo de sistemas y el papel de la vegetación, especialmente en latitudes tropicales, por lo que se hace necesario estudiar los procesos internos involucrados en la transformación del contaminante con el fin de optimizar su desempeño (Peña *et al* 2013).

En cuanto a su clasificación, los humedales construidos pueden ser superficiales (de flujo libre) o de flujo subsuperficial. En los de flujo libre se construyen canales estrechos e impermeables de gran longitud, con profundidades pequeñas, baja velocidad de desplazamiento de la masa de agua y bajo el régimen de flujo de pistón, el agua fluye con la lámina de agua por encima del lecho y entre los tallos de las especies emergentes, mientras que en los de flujo subsuperficial se construyen canales de lecho filtrante a través de los cuales se hace pasar el caudal

de agua residual sin que la altura de la lámina de agua sobrepase la superficie del material del relleno; pueden tener menos área que los de flujo libre porque el lecho de grava permite mayores tasas de reacción, se evitan posibles problemas de mosquitos porque el nivel del agua está por debajo de la superficie del medio granular y no hay problemas de acceso público ni inconvenientes en clima frío ya que el lecho presta una mayor protección térmica (Sanabria 2006), la profundidad del lecho es función de la penetración de las raíces y varía entre 30 cm y 90 cm (Sanabria 2006; Valles y Alarcón 2014).

Algo que caracteriza además, a los humedales construidos, es el uso de plantas denominadas macrófitas, las cuales influyen con efectos físicos, por ejemplo, la reducción de la velocidad del viento, lo cual ayuda a la sedimentación de sólidos suspendidos, previene la re-suspensión, efecto de filtración o provisión de superficie para adhesión de microorganismos y con efectos del metabolismo, tales como absorción y la liberación de oxígeno de las raíces (Vymazal 2013).

Dentro de las macrófitas empleadas en humedales artificiales, las heliconias sobresalen por su uso ornamental y con el auge mundial del consumo de plantas exóticas tropicales, su explotación puede llegar a proporcionar un alto valor económico (Sosa, 2013; Jerez, 2007); cabe destacar que presentan interacciones biológicas debido a que poseen un gran número de organismos, insectos, incluyendo escarabajos, orugas, hormigas, que se alimentan o viven dentro de sus brácteas, lo que las hace tener un valor ecológico para la conservación de la biodiversidad; del género *Heliconia* se han descrito más de 250 especies, 97 de ellas se encuentran distribuidas en Colombia y 48 han sido descritas como endémicas, ubicándolas como el centro de diversidad más grande de este género en el mundo (Sosa, 2013). Existen estudios que proponen su uso para el tratamiento de aguas residuales (Santos *et al* 2012; Konnerup *et al* 2009; Peña *et al* 2013), los cuales han mostrado buenos resultados, considerándose viable como especie fitorremediadora.

Por otro lado, la especie *Cyperus papyrus*, conocida popularmente como papiro, presenta ciertas características que le permiten un buen desempeño como macrófita enraizada, al ser perenne, poseer grandes rizomas y espigas cilíndricas, tolerar temperaturas de 20 a 33 °C y pH entre 6 y 8, entre otras; además de su capacidad para soportar altos niveles de insolación, resistencia a plagas y su adaptabilidad a condiciones climáticas tropicales (Pérez *et al* 2013).

Perbangkhem y Polprasert (2010) proponen el *Cyperus papyrus* en el tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales construidos, demostrando a escala piloto que la planta además de ser una especie potencial para el tratamiento de las aguas residuales, cosecharlo, proporciona material de valor agregado al verlo como biomasa, lo cual puede reducir o incluso compensar los costos de tratamiento. De hecho, el *Cyperus papyrus* es la especie que con más frecuencia se emplea en África para tratamientos con humedales construidos (Vymazal, 2013).

El presente estudio se enfoca en el análisis de la eficiencia de remoción de contaminantes en aguas residuales domésticas, para un sistema de tratamiento piloto de humedales construidos de flujo subsuperficial ascendente, empleando *Heliconia psittacorum* y *Cyperus papyrus*; las aguas provienen del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, perteneciente al Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), sede Pitalito – Huila, como aproximación para una solución sostenible de la problemática de las aguas residuales en pequeñas comunidades del Sur de Colombia.

## Metodología

### Componentes del Sistema de Tratamiento

Se evaluó un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de origen doméstico producto de las actividades que se realizan al interior del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, ubicado en la vereda Aguadas, del Municipio de Pitalito, Huila, perteneciente al Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano del SENA.

El suministro de agua residual al sistema piloto se realizó con un tanque plástico de 250 l, al que se denominó dosificador. Este dosificador suministró el agua residual de forma continua al sistema, garantizando el almacenamiento o la eliminación de excesos.

El STAR piloto constaba de tres unidades ubicadas en serie, unidas a través de tubería y accesorios PVC de 1 pulgada. A continuación se describe cada una de las unidades:

### Unidad de Tratamiento Piloto uno

El sistema se construyó con un tanque plástico de 500 l como sedimentador (tanque séptico). El agua residual ingresa por la parte superior y es conducida

a la segunda unidad a través de un tubo ubicado también en la parte superior, lo que permite que haya una lámina de agua constante atravesando el sistema.

### Unidad de Tratamiento Piloto dos

Consta de un tanque plástico de 500 l. En esta unidad se realizan procesos de fitorremediación a través de un humedal construido de flujo subsuperficial ascendente. Contiene dos lechos filtrantes, gravilla de seis cm de diámetro en la mitad inferior y gravilla de tres cm de diámetro promedio en la mitad superior. Se empleó *Heliconia psittacorum* como especie fitorremediadora.

El agua ingresa a la unidad 2 por medio de un tubo que obliga a que se distribuya en el fondo del tanque y haga un movimiento ascendente, atravesando primero por el lecho de mayor tamaño y posteriormente por el de menor tamaño, para luego salir a través de un tubo ubicado en la parte superior que conduce a la unidad 3, lo que garantiza un flujo de lámina de agua constante entre las unidades.

### Unidad de Tratamiento Piloto tres

Consta de un tanque plástico de 500 l. La unidad tres también funciona como un humedal construido de flujo subsuperficial ascendente y contiene los mismos lechos filtrantes y disposición de la tubería que se mencionó en la unidad dos, sólo que en esta última unidad la especie fitorremediadora empleada fue el *Cyperus papyrus*.

Se realizó una estabilización del STAR Piloto previo a la siembra de las plantas empleadas en las unidades dos y tres, para tener una idea del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sin la siembra de las especies vegetales.

Posteriormente se realizó la siembra de la *Heliconia psittacorum* y el *Cyperus papyrus* en las unidades dos y tres, respectivamente. Se tomaron muestras puntuales: en la salida de la primera unidad y una a la salida de la segunda unidad y dos muestras a la salida del sistema (efluente).

### Variables evaluadas

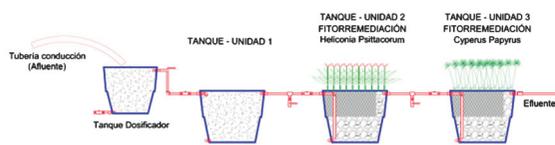
Las variables analizadas corresponden a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; éstos parámetros y el método empleado para su determinación se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Variables fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas en el STAR Piloto

Parámetro	Método
<b>Fisicoquímicos</b>	
DBO <sub>5</sub>	Respirométrico
DQO	Fotométrico
Temperatura del agua residual	Potenciométrico
pH	Potenciométrico
Conductividad Eléctrica (CE)	Potenciométrico
Oxígeno Disuelto (OD)	Potenciométrico
Sólidos Totales Disueltos (STD)	Potenciométrico
Sólidos Sedimentables	Gravimétrico
<b>Microbiológicos</b>	
Coliformes Fecales	Filtración por membrana
Coliformes Totales	Filtración por membrana

## Sistema de Tratamiento Piloto

La figura 1 permite ver la distribución de los lechos filtrantes y las especies vegetales empleadas para analizar su influencia en el porcentaje de remoción dentro de los humedales artificiales. Como se puede apreciar, se ubicó una llave que permite la extracción de muestras a la salida de cada una de las unidades que compone el sistema, con lo cual se pueden examinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Tabla 1) individualmente y en forma general. Los humedales corresponden a la Unidad 2 o humedal con *Heliconia psittacorum* y la Unidad 3 humedal con *Cyperus papyrus*.



**Figura 1.** Esquema general del STAR Piloto

Una vez tomadas las muestras, se llevaron al laboratorio de Aguas y Suelos del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, para su correspondiente análisis. Finalmente se realizó la cuantificación de los porcentajes de remoción de carga orgánica por unidad y en el STAR piloto a nivel general.

## Resultados y discusión

### Porcentajes de Remoción de Carga Orgánica

En las Tablas 2 y 3 se presentan los resultados de las eficiencias de remoción por parámetro (fisicoquímico y microbiológico) evaluado a la entrada y salida de cada unidad que compone el sistema de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 2.** Eficiencias de remoción evaluadas en cada unidad del sistema de tratamiento

Unidad	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)			DQO (mg/L)			CE (µS/cm)			OD (mg/L)		
	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef
1 (Entrador)	600	1,5	591	290	3,5	280	1776	3,3	1718	3,62	40,6	2,15
2 (Heliconia)	591	17,6	487	280	89	30	1718	-	2002	2,15	30,7	1,49
3 (Cyperus)	487	15	414	30	33,3	-	20	2002	5,4	1	1,49	3,11
									894			108,7

**Tabla 3.** Eficiencias de remoción evaluadas en cada unidad del sistema de tratamiento

Unidad	STD (mg/L)			Sólidos Sedimentables (mL/L)			CF (UFC/100 mL)			CT (UFC/100 mL)		
	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef
1 (Entrador)	888	3,3	859	0,01	-1,9	0,2	2,1*10 <sup>8</sup>	98	4*10 <sup>8</sup>	7,1*10 <sup>8</sup>	78,9	1,5*10 <sup>8</sup>
2 (Heliconia)	859	-16,5	1001	0,2	100	0	4*10 <sup>8</sup>	-150	1*10 <sup>7</sup>	1,5*10 <sup>8</sup>	77,3	3,4*10 <sup>7</sup>
3 (Cyperus)	1001	5,4	947	0	100	0	1*10 <sup>7</sup>	0	1*10 <sup>7</sup>	3,4*10 <sup>7</sup>	64,7	1,2*10 <sup>7</sup>

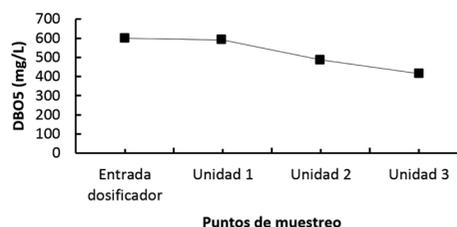
La Tabla 4 presenta una visión general de la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento teniendo en cuenta solamente los valores de entrada (afluente) y salida (efluente) para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

**Tabla 4.** Eficiencias de remoción evaluadas en el sistema de tratamiento de forma general

Parámetro	Afluente	Efluente	Remoción (%)
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	600	414	31
DQO (mg/L)	290	20	93
Temperatura del agua residual	28,11	25,16	10,5
pH	7,68	7,84	-2,1
Conductividad (µS/cm)	1776	1894	-6,6
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3,62	3,11	14,1
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	888	947	-6,6
Sólidos Sedimentables (mL/L)	0,01	0	100
Coliformes Fecales (UFC/100 mL)	2,1*10 <sup>8</sup>	1*10 <sup>7</sup>	95,2
Coliformes Totales (UFC/100 mL)	7,1*10 <sup>8</sup>	1,2*10 <sup>7</sup>	98,3

## Concentraciones de los Parámetros Fisicoquímicos

### Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)



**Figura 2.** Concentraciones de DBO<sub>5</sub> por cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo

La figura 2 permite observar que preliminarmente el sistema de tratamiento piloto realiza una remoción de DBO<sub>5</sub> durante el paso del agua residual por cada una de sus unidades, dando como resultado una remoción general del 31% (Tabla 4). Se debe tener en cuenta que el Decreto 1594 de 1984 exige una remoción del 80% para este parámetro, por lo cual es necesario realizar más corridas del agua residual a través del sistema piloto, para poder establecer cuál es el porcentaje de remoción máximo que se puede alcanzar. Perez *et al* (2013) obtuvieron porcentajes de remoción de DBO<sub>5</sub> del 72% en un humedal construido de flujo subsuperficial horizontal para el tratamiento de aguas residuales de una industria cosmética empleando *Cyperus papyrus*, con un período de estudio de 2 años; el presente estudio presentó remoción del 15% en DBO<sub>5</sub> en el humedal que contenía la especie *Cyperus papyrus* (Tabla 2). En el caso del uso de *Heliconia psittacorum* en humedales construidos de flujo subsuperficial, algunos autores reportan remociones superiores al 70% para DBO<sub>5</sub> (Peña *et al* 2013; Bedoya *et al* 2014).

### Demanda Química de Oxígeno (DQO)

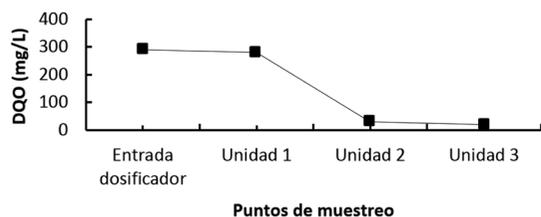


Figura 3. Concentraciones de DQO por cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

El ensayo preliminar con el sistema de tratamiento prototipo presentó una remoción de DQO a nivel general del 93% (Tabla 4), presentándose el mayor porcentaje de remoción en el humedal sembrado con *Heliconia psittacorum* (89%) (Tabla 2). El comportamiento de la remoción a través de cada una de las unidades que componen el sistema de tratamiento prototipo se puede apreciar en la figura 3. Los resultados de DQO del presente estudio para *Heliconia psittacorum*, se encuentran en un valor un poco superior al del rango de porcentajes de remoción (42 y 83%) hallados para el mismo parámetro por Konnerup *et al* (2009). En contraste, Romero *et al* (2009), argumentan que los humedales artificiales en alguna etapa no presentan reducciones de las concentraciones de la DQO y los valores pueden incrementarse debido al arrastre de raíces o desprendimiento de la biopelícula formada alrededor

de los rizomas, lo cual debe tenerse en cuenta al momento de realizar un estudio con un lapso de tiempo más prolongado.

### Conductividad Eléctrica (CE)

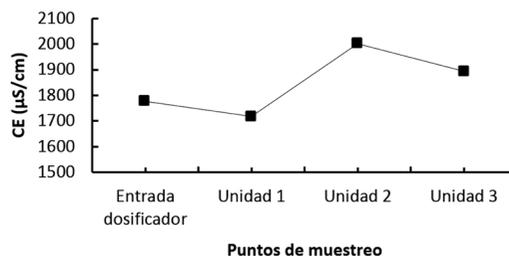


Figura 4. Conductividad Eléctrica en cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

El comportamiento de la Conductividad Eléctrica en este estudio, tuvo de forma general una tendencia al aumento durante el paso por el sistema de tratamiento piloto (Figura 4), alcanzando un aumento total de 6,6%, el cual se denota con signo negativo en la Tabla 4. Bernal *et al* (s.f.) encontraron una tendencia de aumento progresivo en los valores de Conductividad en el afluente de un humedal con flujo subsuperficial que trató aguas residuales provenientes de un Centro de Investigaciones, y argumentan que se pudo deber al uso de grava como medio de soporte, la cual libera sales por la fricción con el agua, a medida que esta fluye por el humedal, aunque hay que tener en cuenta que la especie de planta empleada por ellos fue la macrófita *Typha sp.*

### Concentración de Oxígeno Disuelto (OD)

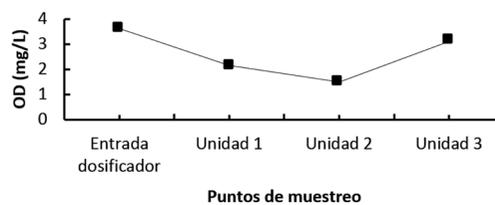


Figura 5. Concentraciones de OD por cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

El Sistema de Tratamiento Prototipo presentó un descenso en la cantidad de Oxígeno Disuelto al pasar por la unidad 1 (sedimentador) y la unidad 2 (humedal artificial plantado con *Heliconia psittacorum*) (Figura 5). Aunque el agua residual vuelve a incrementar los niveles de Oxígeno Disuelto al pasar por la unidad 3 (*Cyperus papyrus*) (Tabla 2), el Sistema de Tratamiento en general presentó una reducción de 14,1% en Oxígeno Disuelto (Tabla 4). Kyambadde *et*

al (2004) encontraron un comportamiento similar en humedales construidos empleando *Cyperus papyrus* en un clima tropical y explican que la disminución del Oxígeno Disuelto ocurre debido a la descomposición aeróbica de los materiales vegetales, nitrificación y a la mínima aireación superficial resultante de la cobertura de la vegetación.

### Concentración de Sólidos Totales Disueltos (STD)

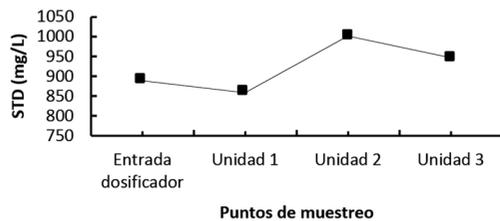


Figura 6. Concentración de Sólidos Totales Disueltos (STD) por cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

La Figura 6 permite observar que la cantidad de Sólidos Totales Disueltos del agua residual es mayor en el efluente al compararlo con la cantidad presentada en el afluente. De forma general se presentó un aumento del 6,6% (remoción negativa, Tabla 4). El *Cyperus papyrus* (unidad 3 de la Figura 6) logró remover levemente la cantidad de Sólidos Totales Disueltos en un porcentaje del 5,4%; por el contrario, Konnerup *et al* (2009), en humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal a escala piloto y empleando *Cyperus papyrus*, alcanzaron valores de remoción de Sólidos Totales Disueltos del 88%; de forma similar Pérez *et al* (2013) obtuvieron 73% de remoción en Sólidos Totales para un humedal artificial horizontal de flujo subsuperficial empleando *Cyperus papyrus*, para la descontaminación de aguas negras de una industria cosmética.

### Concentración de Sólidos Sedimentables

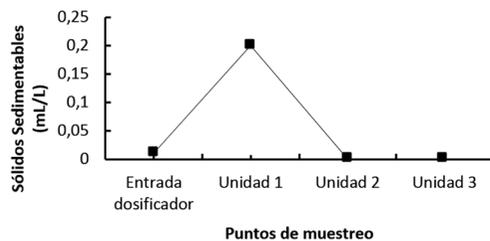


Figura 7. Concentración de Sólidos Sedimentables por cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo

En Sólidos Sedimentables, el Sistema de Tratamiento Prototipo de manera general, presentó un porcentaje de remoción del 100% (Tabla 4). Se detectó la ganancia de Sólidos Sedimentables durante el paso por la Unidad 1 (Sedimentador), del orden del 1,9% (Tabla 3), y finalmente, a partir de la Unidad 2 (*Heliconia psittacorum*), no se registró la presencia de este parámetro (Figura 7).

### Temperatura del Agua Residual

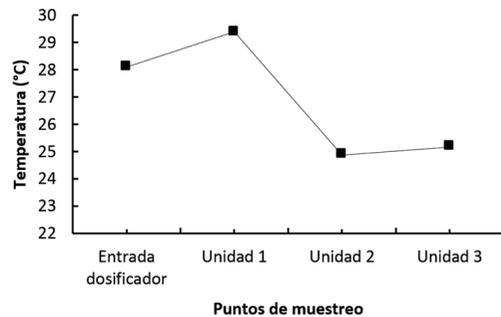


Figura 8. Temperatura del agua residual en el afluente de cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

Con el sistema de Tratamiento Prototipo, se logró una disminución de la Temperatura de manera general del 10,5%, la temperatura final del efluente fue de 25,16 °C (Tabla 4). El comportamiento de este parámetro en cada unidad no mostró ninguna tendencia marcada, observándose un aumento de la Temperatura en la Unidad 1 (Sedimentador), pero finalmente ésta descendió a partir de la Unidad 2 (*Heliconia psittacorum*), para finalmente tener un leve aumento en la unidad 3 (*Cyperus papyrus*) (Figura 8).

### pH del Agua Residual

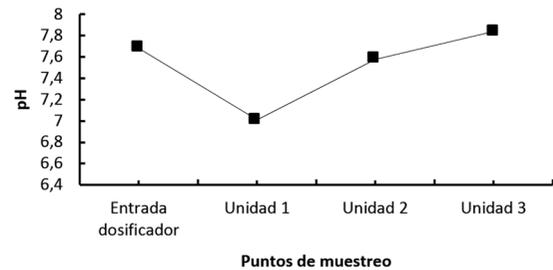


Figura 9. pH del agua residual en el afluente de cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

La curva de comportamiento del pH a través de las unidades del Sistema de Tratamiento Piloto se observa en la figura 9, donde se puede apreciar que hubo

una pequeña disminución en el paso por la Unidad 1 (Sedimentador), y posteriormente la tendencia fue al aumento en las dos siguientes unidades, presentándose de forma general un incremento del 2,1% (Tabla 4). Bernal *et al* (s.f.) evaluando un humedal de flujo subsuperficial empleando *Typha sp.*, encontraron que el pH de salida siempre fue mayor que el pH de entrada, y argumentan que pudo suceder debido al medio de soporte utilizado, la grava o piedra caliza aporta alcalinidad al agua en forma de iones carbonato o bicarbonato, afectando el valor de pH.

## Concentraciones de los Parámetros Microbiológicos

### Concentración de Coliformes Fecales

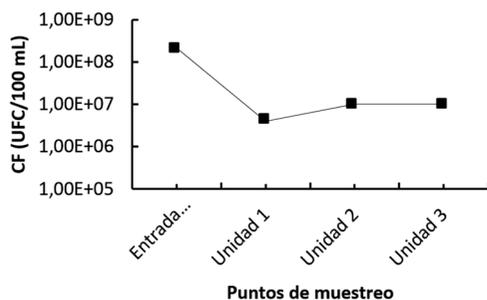


Figura 10. Concentración de Coliformes Fecales por cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

La concentración de Coliformes Fecales a través del Sistema de Tratamiento Piloto tuvo una tendencia a la baja (Figura 10). Se alcanzó un porcentaje de remoción general de este parámetro del 95,2%. Sin embargo, durante el paso por la unidad 2 (Figura 10), se presentó un incremento del 150% con respecto a la unidad 1 (Tabla 3).

### Concentración de Coliformes Totales

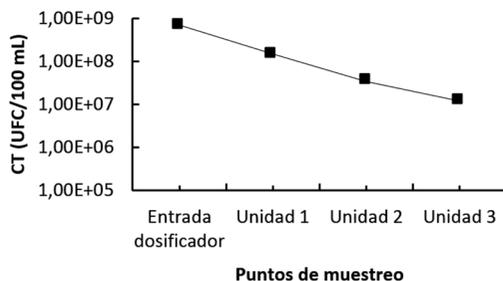


Figura 11. Concentración de Coliformes Totales por cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales prototipo.

Durante todo el proceso de tratamiento en el Sistema Piloto, se presentó una reducción en la cantidad de Coliformes Totales (Figura 11). La remoción total del sistema para este parámetro fue del 98,3% (Tabla 4).

Algunos autores reportan porcentajes de eliminación de Coliformes fecales y totales, superiores al 80% en humedales artificiales (Peña y Lara, 2012). García *et al* (2013), argumentan que la combinación de humedales construidos de flujo subsuperficial vertical y horizontal pueden alcanzar altos rendimientos para la remoción de coliformes totales (3 unidades logarítmicas) y coliformes fecales (4 unidades logarítmicas). Por otro lado, Pérez *et al* (2013) recomiendan aplicar tratamientos terciarios para obtener mayores porcentajes de remoción de Coliformes o hacer reuso de los efluentes de humedales construidos en riego u otras aplicaciones.

## Conclusiones

El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Prototipo propuesto realiza bajas remociones de DBO<sub>5</sub> (31%), alta remoción de DQO (93%), presentó disminución de OD (14,1%) en el efluente, aumento en la cantidad de Sólidos Totales Disueltos (6,6%), una total remoción de Sólidos Sedimentables (100%) y una tendencia al aumento de la Conductividad Eléctrica (6,6%). A nivel microbiológico presenta eficiencias mayores a 90% en remoción de Coliformes Fecales y Totales.

Se recomienda realizar un análisis durante un período de tiempo que permita identificar una tendencia marcada del comportamiento fisicoquímico y microbiológico del sistema.

Los resultados encontrados en este estudio demuestran de forma preliminar, que la implementación de humedales construidos de flujo subsuperficial, empleando *Heliconia psittacorum* y *Cyperus papyrus* en el tratamiento de las aguas residuales domésticas es una solución ambientalmente sostenible y de fácil acceso a pequeñas comunidades.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano de Pitalito - Huila, a su Tecnoparque Agroecológico Yamboró y al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA (SENNOVA) por el financiamiento y acompañamiento del presente proyecto de Investigación. Agradecen también a los aprendices de

los Programas de Formación Tecnológica: Control Ambiental, Gestión Sostenible de la Biodiversidad Vegetal y Agua y Saneamiento; a los Ingenieros Gustavo Vega Orozco y Engelberto Rodríguez Burgos, por su apoyo y colaboración incalculables en la realización de este estudio.

## Literatura citada

**Bedoya Pérez, Juan Carlos; Ardila Arias, Alba Nelly; Reyes Calle, Julina. 2014.** Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 30 (3), p. 275-283.

**Bernal, F.; Mosquera, D.; Maury, H.A.; González, D.; Guerra, R.; Pomare, A.; Silva, M. (s.f.).** Humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales en la Corporación Universitaria de la Costa. Universidad del Valle, Instituto Cinara. Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. p. 149-155.

**Decreto 1594 de 1984.** Usos del agua y residuos líquidos. República de Colombia.

**García, Jenny; Paredes, Diego; Cubillos, Janneth. 2013.** Effect of plants and the combination of wetland treatment type systems on pathogen removal in tropical climate conditions. *Ecological Engineering* 58, pp. 57-62

**Garzón Zúñiga, Marco A.; Buelna, Gerardo; Moeller Chávez, Gabriela E. 2012.** La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua* 3(3), p 153-161.

**Jerez E. 2007.** Revisión bibliográfica. El cultivo de las heliconias. *Revista Cultivos Tropicales*, 28 (1). p. 29-35.

**Konnerup, Dennis; Koottatep, Thammarat; Brix, Hans. 2009.** Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with *Canna* and *Heliconia*. *Ecological Engineering* 35. p. 248-257.

**Kyambadde, Joseph; Kansime, Frank; Gumaelius, Lena; Dalhammar, Gunnel. 2004.** A comparative study of *Cyperus papyrus* and *Miscanthidium*

*violaceum* based constructed wetlands for wastewater treatment in a tropical climate. *Water Research* 38. p. 475-485.

**Li, Li; Yang, Yang; Tam, Nora; Yang, Lei; Mei, Xiu-Qin; Yang, Feng-Juan. 2013.** Growth characteristics of six wetland plants and their influences on domestic wastewater treatment efficiency. *Ecological Engineering* 60. p 382– 392.

**Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.** Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. 124 p.

**Ministerio del Medio Ambiente. (2001).** Guía técnica para el desarrollo de proyectos de reuso de aguas residuales domésticas municipales. Programa de Gestión Ambiental Urbana – GAU. Colombia. p 49.

**Palta Prado, Giovanni Hernán; Morales Velasco, Sandra. 2013.** Fitodepuración de aguas residuales domésticas con poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum* en el municipio de Popayán, Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2). p. 57-65.

**Peña Guzmán, Carlos Andrés; Lara Borrero, Jaime. 2012.** Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: Estado del arte. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22 (2). pp 39-61.

**Peña Salamanca, Enrique J.; Madera Parra, Carlos A.; Sánchez, Jesús M.; Medina Vásquez, Javier. 2013.** Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: Caso *Heliconia psittacorum* (Heliconiaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Vol. XXXVII, No. 145. p. 469-481.

**Perbangkhem, Thaneeya; Polprasert, Chongchin. 2010.** Biomass production of papyrus (*Cyperus papyrus*) in constructed wetland treating low-strength domestic wastewater. *Bioresource Technology* 101. p. 833–835.

**Pérez Peláez, Norma R.; Peña Varón, Miguel R.; Sanabria, Janeth. 2011.** Comunidades bacterianas involucradas en el ciclo del nitrógeno en humedales construidos. *Ingeniería y Competitividad*, Vol. 11, No. 2, p. 83-92. Consultado el 03-09-2014. En <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/3451/1/06Art.pdf>

**Pérez Salazar, Roy; Alfaro Chinchilla, Carolina; Sasa Marín, Jihad; Agüero Pérez, Juan. 2013.** Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Uniciencia*. Vol. 27, No. 1. p. 332-340.

**Romero Aguilar, Mariana; Colín Cruz, Arturo; Sánchez Salinas, Enrique; Ortíz Hernández, Ma. Laura. 2009.** Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica. *25(3)*, pp 157-167.

**Salgado Bernal, Irina; Durán Domínguez, Carmen; Cruz Arias, Mario; Carballo Valdés, María Elena; Martínez Sardiñas, Armando. 2012.** Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 28 (1), p. 17-26.

**Sanabria Artunduaga, Otoniel Alfonso. 2006.** Humedar I: Alternativa innovadora de bajo costo para depurar aguas residuales en países en vía de desarrollo. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. Universidad de Pamplona, vol 1. p. 84-91

**Santos, Olivia; Paz, Vital; Gloaguen, Thomas; Teixeira, Marcelo; Fadigas, Francisco; Costa, João. 2012.** Crescimento e estado nutricional de helicônia irrigada com água residuária tratada em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Vol. 16, No. 8. p. 820-827.

**Sosa Rodríguez, Flora M. 2013.** Revisión Bibliográfica Cultivo del Género *Heliconia*. *Cultivos Tropicales* Vol. 34, No.1. p. 24-32.

**Stahlschmidt, Peter; Pätzold, Achim; Ressler, Lisa; Schulz, Ralf; Brühl, Carsten A. 2012.** Constructed wetlands support bats in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology* 13. p. 196-203.

**Valles Aragón, María Cecilia; Alarcón Herrera, María Teresa. 2014.** Retención de arsénico en humedales construidos con *Eleocharis macrostachya* y *Schoenoplectus americanus*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2). p. 143-148.

**Villegas Gómez, Juan David; Guerrero Erazo, Jhonni; Castaño Rojas, Juan Mauricio; Paredes Cuervo, Diego. 2006.** Septic Tank (ST) – Up Flow Anaerobic Filter (UFAF) – Subsurface Flow Constructed Wetland (SSF – CW) systems aimed at

wastewater treatment in small localities in Colombia. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*. En línea. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0254-0770200600030007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0254-0770200600030007&script=sci_arttext).

# AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## INSTRUCCIONES PARA AUTORES

La Revista AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y TECNOLOGÍA es una publicación científica del Servicio Nacional de Aprendizaje a través del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, que tiene como propósito facilitar la difusión de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos de la Red de Conocimiento Ambiental en temáticas relacionadas con la Agroecología, producción forestal y agroforestal, biodiversidad y gestión integral del recurso hídrico. La edición de la revista se realizará con periodicidad de 6 meses (enero-junio, julio-diciembre) con difusión nacional e internacional.

La Revista acepta artículos científicos con la siguiente tipología:

**Editorial:** Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el dominio temático de la revista.

**Artículo de investigación científica, tecnológica y técnica:** Documento que presenta de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados que contribuyen a la solución de problemas científicos, tecnológicos o técnicos. La estructura utilizada contiene: título (en español e inglés), resumen, palabras clave, abstract, key words, introducción, metodología, resultados y discusión, agradecimientos y literatura citada.

**Artículo de reflexión:** Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico y que recurre a fuentes originales. Incluye temáticas pedagógicas y curriculares desarrolladas en programas académicos para la formación de técnicos, tecnólogos y profesionales superiores de las Ciencias Agropecuarias. La estructura incluye: título (en español e inglés), resumen, palabras clave, abstract, key words, introducción, estructura libre de subtítulos, conclusiones y recomendaciones y literatura citada.

**Artículo de revisión:** Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia, tecnología o técnica, con el fin de dar cuenta de los

avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias. La estructura contiene: título (en español e inglés), resumen, palabras clave, abstract, key words, introducción, estructura libre de subtítulos, conclusiones y literatura citada.

**Reporte de caso:** Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.

## Proceso para publicación

1. Cada artículo deberá enviarse al correo electrónico de la Revista (agroecologiacyt@misena.edu.co) con una carta dirigida al Editor General, dentro del periodo para recepción de artículos establecido cada semestre. La carta debe certificar que los autores del trabajo están de acuerdo con someter el artículo a consideración del Comité Editorial y Comité Científico dentro del proceso de evaluación. Además, deben incluirse los datos personales de cada autor: nacionalidad, nivel académico, correo electrónico, teléfono, dirección postal y filiación institucional.
2. El Comité Editorial tendrá un plazo máximo de 10 días hábiles a partir de la fecha de cierre de convocatoria, para realizar la verificación del cumplimiento de Instrucciones para Autores y evaluar aspectos técnicos de presentación y redacción del artículo. Posteriormente, se enviará a los autores para la realización de ajustes en un plazo máximo de 10 días hábiles a partir de la fecha de recepción.
3. De acuerdo con la temática abordada, el Comité Editorial selecciona dos jurados nacionales o internacionales con títulos de Magíster o Doctorado, quienes realizan la revisión del texto y la valoración descriptiva y numérica de la contribución científica del artículo. La evaluación ubica el artículo en alguna de las siguientes categorías:
  - a. Aceptado sin cambios.
  - b. Requiere cambios significativos.
  - c. Reconsiderado para segunda evaluación (participa en siguiente convocatoria si se realizan los cambios sugeridos).
  - d. Rechazado.

- El Comité Editorial selecciona los artículos a publicar en cada convocatoria, de acuerdo con la valoración de los jurados. El Editor solicita a través del correo electrónico la versión final en archivos separados: los textos y cuadros deben presentarse en el procesador de palabra MS- Word®; los cuadros y los diagramas de frecuencia (barras y torta) originales deben suministrarse en el archivo del manuscrito y también en su original de MS-Excel®; otras figuras, como fotografías sobre papel y dibujos, se pueden enviar en originales o escanearlas y remitirlas en el formato digital de compresión JPG (o JPEG) preferiblemente con una resolución de 600 x 600 dpi (mínimo 300 dpi).
- El Editor General envía la versión final del artículo diagramado, previo a la impresión de la Revista. El autor para correspondencia cuenta con 48 horas a partir del envío, para realizar las observaciones y sugerir cambios en la presentación del artículo.

## Presentación de los artículos

La extensión del artículo no debe exceder las 12 páginas tamaño carta, escritas a espacio sencillo, fuente Times New Roman con tamaño de 12 puntos, márgenes de 3 cm en la parte superior, 2 cm en la inferior y 2,5 cm en las márgenes laterales derecha e izquierda y numeradas consecutivamente. Los cuadros y figuras deben presentarse en el texto inmediatamente después de haber sido citadas y con numeración consecutiva (Cuadro 1, Cuadro 2, etc.; Figura 1, Figura 2, etc.). El Comité Editorial se reserva el derecho de ajustar el artículo para mantener la uniformidad en el estilo de la Revista. Los artículos deben ser escritos en forma concisa, clara y con estilo directo.

En los nombres científicos, el género y especie van en cursiva y de acuerdo con las normas de los códigos internacionales de nomenclatura (ICZN e ICBN). Adicione el descriptor y el año la primera vez que cite una especie en el texto (por ejemplo: *Oryza sativa* L., 1753). No lo haga en el título, resumen ni abstract. Después de la primera citación de una especie puede resumir el nombre del género a la primera letra. Abreviaturas como sp., sp. nov., spp., etc., no son nombres propiamente dichos y no van en letra itálica.

Utilice el sistema métrico decimal para todas las medidas y no utilice puntos después de cada abreviatura (g, mm, m, etc.). Cuando no van seguidos de unidades, los números enteros hasta nueve se escriben con palabra, en los demás casos se escribe el valor numérico y la respectiva unidad (3 cm, 150

m, 20 g, 8 ml). Los decimales se deben señalar con coma (,) y no con un punto; y los millares y millones con un punto. Use el sistema europeo para fechas (08 de agosto de 2010) y use el sistema de 24 horas (16:20 en vez de 04:20 P.M). La siguiente lista indica las abreviaturas o símbolos de uso internacional que representan a las unidades de medida comúnmente empleadas:

## Terminología Abreviatura o símbolo correcto

Grados Celsius °C  
 Equivalente Eq  
 Gramo g  
 Hora h  
 Unidad Internacional UI  
 Kilogramo kg  
 Litro l  
 Metro m  
 Molar M  
 Mole mol  
 Revoluciones por minuto rpm  
 Segundo s  
 Kilo-(prefijo) K  
 Deci-(prefijo) d  
 Centi-(prefijo) c  
 Mili-(prefijo) m  
 Micro-(prefijo) μ  
 Nano-(prefijo) n  
 Pico-(prefijo) p  
 Promedio (estadístico) x  
 No significativo NS  
 Número de observaciones (estadístico) *n*  
 Probabilidad (estadístico) *p*

## Citas bibliográficas dentro del texto

- El nombre(s) del(os) autor(es) es(son) parte de la oración: Gamboa (2009), Ruíz y Pérez (2005) o Cifuentes *et al.* 2008.
- El nombre(s) del(os) autor(es) va(n) como cita al final de la frase: (Rodríguez 2000), (Vargas y Sánchez 1996) o (Suarez *et al.* 2004).
- Para dos artículos del mismo autor (ordenar de la fecha anterior a la reciente): (Guayara 2003, 2009).
- Para dos artículos del mismo autor en el mismo año: (Ramírez 2010a, 2010b).

- Citación múltiple (orden ascendente de año): (Rojas 1978, Sogamoso 1986, Roldán 1991). En caso de dos años iguales con diferentes autores, se ordena alfabéticamente los autores.

## **Presentación de la literatura citada**

### *Libros y folletos:*

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del traductor o editor. Edición. Ciudad y país de publicación. Casa editora. Páginas o volúmenes. Mención de serie.

### *Tesis:*

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del grado académico. Ciudad y país donde se ubica la institución, Nombre de la institución que otorga el grado. Páginas.

### *Conferencias, congresos y reuniones:*

Nombre del evento (número, año de realización, lugar donde se realizó). Año de publicación. Título. Mención del editor(es). Ciudad y país de publicación, Casa editorial. Páginas o volúmenes.

### *Artículos en revistas:*

Autor(es). Año de publicación. Título del artículo. Nombre de la revista Volumen de la revista (número de la revista): página inicial - página final del artículo.

### *Artículos en periódicos o diarios:*

Autor(es) del artículo. Año de publicación del periódico. Título del artículo. Nombre del periódico, Ciudad de publicación, país abreviado, mes abreviado Día: Páginas.

### *Documentos electrónicos:*

Autor(es) del artículo. Año de publicación del documento. Título del artículo (en línea). Ciudad de publicación, Institución. Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

## **Información y correspondencia**

GUSTAVO VEGA OROZCO Editor General  
Revista AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA Centro de Gestión y Desarrollo  
Sostenible Surcolombiano-SENA Pitalito  
Correo electrónico: agroecologiacyt@misena.edu.co