



## CAPÍTULO

---

# DESARROLLO AGROPECUARIO SOSTENIBLE

Este capítulo recopila importantes investigaciones del sector agropecuario en el departamento del Huila, especialmente en las áreas de sistemas alternativos de producción acuícola (cultivo de tilapia roja - *Oreochromis sp.*); sistemas sostenibles de producción agrícola en agroecosistemas de café (*coffea arabica* L. variedad Caturra), papa criolla variedad “yema de huevo” (*Solanum phureja Juz et buk. Et.*); y achira (*canna edulis Ker*). Igualmente, se incluye un estudio de composición florística en un bosque urbano, así como el estudio de especies forestales de gran importancia para el país como la *Guadua Angustifolia* Kunth. Por último, se analiza desde la academia, el Plan de Acción Institucional de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM), desde el contexto social y territorial. Los resultados obtenidos permitirán ampliar el conocimiento de potencialidades de cada sistema analizado y se constituyen en una línea base para generar estrategias que mejoren la productividad y competitividad del sector.

---



Walter Ariza Camacho  
Leonardo Antonio Aguilera Castro  
Andrés Mauricio Munar Samboní  
Oscar Eduardo Valbuena Calderón  
Milton Alexander Pérez Pérez  
Iván Rene Ortiz Molina  
Nelly María Méndez Pedroza  
Paola Andrea Paladinez  
Leydy Carolina Chilito  
William Ignacio Montealegre Torres  
Mauro Albeiro Bravo Gaviria  
Guillermo Edmundo Caicedo Diaz  
Juan Pablo Herrera Cerquera  
Mary Daniela Chilma Fernández  
Alejandra María Pena Beltrán

## 2.1 INCIDENCIA DE UN SISTEMA DE RE-CIRCULACIÓN ACUÍCOLA (RAS) EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE UN CULTIVO DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*) EN PITALITO (HUILA). ESTUDIO DE CASO

---

Leonardo Antonio Aguilera Castro

Médico Veterinario Zootecnista, Esp. en Nutrición Animal Sostenible, Profesional asociado, Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia.

leonardo.aguilera.mvz@gmail.com

Walter Ariza Camacho

Ingeniero Ambiental, Magíster en Ingeniería Química, Profesional asociado, Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia.

Ing.walca@gmail.com

Andrés Mauricio Munar Samboní

Ingeniero Ambiental, Universidad del Cauca.

Magíster en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos, PhD en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental, Docente investigador, Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD), Colombia.

andres.munar@unad.edu.co

---

### RESUMEN

La utilización de sistemas de recirculación acuícola (RAS) en Colombia ha adquirido gran auge entre los piscicultores, especialmente en aquellos dedicados al cultivo de especies en aguas cálidas. Sin embargo, persisten dudas sobre la eficiencia y viabilidad de estos sistemas acuícolas teniendo en cuenta variables productivas y económicas. Este estudio permitió evaluar en una escala temporal de 30 semanas los parámetros zootécnicos de un cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) que funciona mediante un sistema de recirculación acuícola a pequeña escala bajo invernadero, localizado a

1 285 m.s.n.m. en la estación piscícola Yamboró del municipio de Pitalito (Huila). El sistema cuenta con un estanque de geomembrana de 14 metros diámetro con una capacidad de 184,3 m<sup>3</sup> y un total de 8 500 peces sembrados, un sistema de aireación compuesto por dos blower de 1,5 hp, un sistema de remoción de sólidos con fraccionador de espuma, sedimentador y un biofiltro para la remoción de amonio. La metodología empleada hizo posible muestrear semanalmente el 2 % del total de peces (170 peces) en las fases de precría, levante y ceba. Entre los resultados obtenidos al final del ciclo productivo del cultivo se destaca el consumo de alimento (C) con 3 gramos (g) por pez/día y 21,06 g por pez/semana. Por otra parte, la ganancia de peso promedio (GP) por pez se mantuvo en 13,14 g/semana y 1,87 g/día; mientras que la conversión alimenticia (CA) registro 8 periodos de inflexión (semana 4, 5, 6, 17, 18, 19, 24 y 26) en los que sobrepasa el umbral de 2. Finalmente se obtuvo una mortalidad del 16,5 % y un porcentaje de sobrevivencia general (S) del 83,5 %. Los resultados obtenidos en este estudio permiten plantear la base para establecer una correlación con los parámetros productivos de sistemas mixtos de recirculación acuícola en futuras investigaciones.

**Palabras clave:** *acuicultura, precría, levante, ceba, ganancia de peso, sobrevivencia, talla.*

## ABSTRACT

The use of Aquaculture Recirculation Systems (RAS) in Colombia has become very popular among fish farmers, especially those dedicated to the cultivation of species in warm waters. However, doubts persist about the efficiency and viability of these aquaculture systems at the level of productive and economic variables. This study evaluated on a time scale of 30 weeks the Zootechnical parameters of a red Tilapia (*Oreochromis sp.*) Culture that works through a small-scale aquaculture recirculation system under a greenhouse, located at 1 285 meters above sea level in the Yamboró fish farm in the municipality of Pitalito (Huila). The system has a 14 meter diameter geomembrane pond with a capacity of 184,3 m<sup>3</sup> and a total of 8 500 fish stocked, an aeration system composed of two 1.5 hp blowers, a solids removal system with foam fractionator, settler and a biofilter for the removal of ammonia. The methodology used will sample weekly 2 % of the total fish (170 fish) in the pre-breeding, lifting and fattening phases. Among the results obtained at the end of the productive cycle of the crop, the consumption of feed (C) with 3 grams (g) per fish / day and 21,06 g per fish / week stands out. On the other hand, the average weight gain (GP) per fish remained at 13,14 g / week and 1,87 g / day; while the feed conversion (CA) registered 8 inflection periods

(week 4, 5, 6, 17, 18, 19, 24 and 26) in which it exceeded the threshold of 2. Finally, a mortality of 16,5 % and an overall survival percentage (S) of 83,5 %. The results obtained in this study allow raising the basis to establish a correlation with the productive parameters of mixed aquaculture recirculation systems in future research.

*Keywords: aquaculture, pre-breeding, raising, fattening, weight gain, survival, size.*

---

## INTRODUCCIÓN

La pesca y la acuicultura a nivel mundial siguen siendo importantes fuentes de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para cientos de millones de personas en todo el mundo, contribuyendo de forma destacada a la seguridad alimentaria de una población mundial que se prevé alcance los 9 700 millones de habitantes en 2050 (FAO, 2016). Sin embargo, la presión de pesca por arrastre, la contaminación de los océanos, la eutrofización de cuerpos de aguas naturales y artificiales, junto con índices bajos de producción en cultivos piscícolas, se han convertido en problemáticas que acarrea el sector a nivel mundial. Por lo cual, la acuicultura se ha integrado como una actividad priorizada en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) aprobados por las Naciones Unidas para la Agenda 2030 (FAO, 2018).

En relación a este complejo panorama, muchos productores e instituciones a nivel mundial han optado por dirigir sus esfuerzos de investigación y producción en Sistemas de Recirculación de Acuícola (RAS), que según (Vásquez-Gamboa, 2013) se caracterizan por ser sistemas de producción cerrados donde continuamente se filtra y recicla el agua, los peces son criados en estanques con aireación asistida y el entorno es controlado totalmente mediante el monitoreo de parámetros fisicoquímicos de calidad en agua y parámetros zootécnicos, con el fin de lograr una producción eficiente que optimiza al máximo los recursos naturales (agua y suelo).

La utilización de sistemas de recirculación acuícola (RAS) en Colombia ha adquirido gran auge entre los piscicultores, especialmente en aquellos dedicados al cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*). No obstante, el departamento del Huila es el principal productor piscícola con el 46 % de la producción nacional, esta actividad representa el segundo renglón productivo después del café, aportando con el 87 % de las exportaciones colombianas de tilapia hacia el mercado de los Estados Unidos y Canadá (Rincón-Machado, 2017).

Recientemente, en el municipio de Pitalito se ha instalado un sistema de recirculación acuícola (RAS) a pequeña escala, que carece de una validación productiva. Por lo tanto, este estudio de caso evaluó los parámetros zootécnicos, consumo de alimento (C), ganancia diaria de peso (GP), conversión alimenticia (CA) y sobrevivencia (S) en un cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) que opera bajo un sistema de recirculación Acuícola (RAS) ubicado en la estación piscícola Yamboró del municipio de Pitalito (Huila).

Los parámetros zootécnicos se monitorearon semanalmente durante una escala temporal de 7 meses, utilizando un muestreo al azar del 2 % (170 peces) de la población total del estanque (8500 peces). La metodología propuesta permitió determinar el comportamiento productivo del cultivo en las fases de precría, levante y ceba, desde la siembra de los alevines hasta la cosecha de los peces adultos.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

### TIPO DE ESTUDIO

Estudio de carácter descriptivo (estudio de caso) de tipo analítico debido a que se basa en la recolección de información en campo que es evaluada de forma objetiva para posteriormente compararse con referentes bibliográficos (Díaz de Salas *et al.*, 2011).

## LOCALIZACIÓN

El estudio se desarrolló en la estación piscícola Yamboró ( $1^{\circ}52'42.50''\text{N}-76^{\circ}4'40.18''\text{W}$ ) localizada a dos kilómetros del Municipio de Pitalito (Huila), sobre la vía que conduce hacia la vereda Yamboró, a una altura de 1285 m.s.n.m. y una temperatura promedio de  $20^{\circ}\text{C}$  (figura 1). Esta empresa de carácter familiar se dedica a la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y cuenta con un área de producción de  $1\,539\text{ m}^2$  y un espejo de agua de  $769,5\text{ m}^2$  en estanques circulares de geomembrana.

**FIGURA 1.** Localización de la estación piscícola



Fuente: adaptado de Google Earth, 2019.

## INFRAESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de recirculación acuícola (RAS) está conformado por un estanque de cultivo circular en geomembrana con diámetro 14 metros, altura de 1,2 m y una capacidad de 184,7 m<sup>3</sup> que opera bajo invernadero, en el que se utilizó un sistema de aireación conformado por un blower de un hp que distribuye aire por tubería de PVC y ocho mangueras de ½ pulgada con parrilla difusora en el extremo para una salida total de 2 pulgadas. El estanque presenta un drenaje central con rebalse externo en tubería de PVC acoplado a una caja reguladora de nivel.

El sistema de remoción de sólidos comprende un fraccionador de espuma (remoción de pequeños sólidos disueltos), sedimentador con filtros de malla (remoción de sólidos de gran tamaño) y un biofiltro para el proceso de nitrificación. El estanque central se comunica con el sistema de remoción de sólidos y el biofiltro a través de una red de tubos en PVC con diámetro de dos pulgadas.

## EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

El pesaje y medición de los peces se realizó mediante una balanza de sensibilidad de 0,01 gramos y un pie de rey digital, con sensibilidad de 0,01 mm. Para el pesaje del concentrado se utilizó una balanza con sensibilidad de un gramo. El muestreo de los peces se realizó por el método de captura en el que se emplea dos redes tipo chinchorro con una longitud de 1mm entrenudo y un metro de largo para alevines y de 5 mm entrenudo y 1,5 m de largo para peces adultos (Lasso, 2014).

## DURACIÓN DEL CICLO PRODUCTIVO Y ESCALA TEMPORAL DE ESTUDIO

El ciclo productivo para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) se divide en 3 fases (precría, levante y ceba) (Kubitza, 2000) y en sistemas RAS es de aproximadamente 7 meses (30 semanas), teniendo en cuenta las condiciones climatológicas del municipio de Pitalito y los parámetros de calidad de agua presentados en la estación piscícola. Por lo tanto, la escala temporal de estudio seleccionada debe coincidir con el ciclo productivo que se estima en 210 días (30 semanas).

## RECEPCIÓN Y SIEMBRA DE ALEVINES

Los alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) fueron adquiridos por parte de la estación piscícola a una empresa certificada de la región, se recibieron 8500 alevines de 30 días de edad con un peso promedio de  $1g \pm 0,1$  en bolsas plásticas con 1/3 de agua y con 2/3 de volumen de oxígeno, estos venían con un pretratamiento profiláctico de NaCl a razón de 12 gramos por bolsa. Para la siembra se introdujeron las bolsas abiertas en un área de 30 m<sup>2</sup> del estanque de cultivo (jaula construida con tubos de PVC y malla), durante 20 minutos, buscando homogenizar la temperatura del agua hasta lograr un vaciado completo de los alevines, tal y como lo afirma (Sánchez *et al.*, 2013). Se suministró alimento balanceado de iniciación con un 45 % de proteína cruda ad libitum.

## MUESTREO, MANEJO Y ALIMENTACIÓN

Se midió el peso y longitud del 2 % del total de alevines sembrados (170 peces) mediante un muestreo al azar utilizando redes de captura tipo chinchorro, este muestreo se realizó durante la recepción y posteriormente de forma semanal, para parámetros zootécnicos, y quincenal para parámetros fisicoquímicos de calidad de agua. De cada muestreo se obtuvo un peso promedio que permitió calcular la ración alimenticia diaria (monitoreo realizado los lunes de cada semana).

Se administró un balanceado comercial para cada una de las fases, en precría con un 45 % de proteína, en levante con 45 % a 38 % de proteína y ceba con 34 % a 24 % de proteína. La cantidad de alimento diario se calculó con un porcentaje de la biomasa para cada etapa de acuerdo con el tipo de alimento suministrado (tabla 1).

TABLA 1. MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO

ETAPA	Semana	Tipo de alimento	Relación biomasa: % de alimento	N. ° Raciones/día
PRECRÍA 1 a 5 g	1		12	8
	2	Iniciación (45 % PC)	10	8
LEVANTE 5 a 80 g	3		10	6
	4		9	6
	5		8	6
	6		6	4
	7	Levante (38 % PC)	5	4
	8		4	4
	9		3	4
	10		3	4
	11		3	4
	CEBA 80 a 500 g cosecha	12	Preengorde (34 % PC)	3
13		3		4
14		3		4
15		3		4
16		3		4
17			3	3
18			3	3
19		Engorde (30 % PC)	3	3
20			3	3
21			3	3
22			2,7	3
23			2,5	3
24		Engorde (24 % PC)	2,3	3
25			2,2	3
26			2,1	3
27	2		3	
28	1,8		3	
29	1,5		3	
30	1,7		3	

Fuente: adaptado de Nicovita (s. f).

## MONITOREO Y CÁLCULO DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

Los parámetros zootécnicos estimados fueron conversión alimenticia (CA), ganancia de peso promedio (GP), porcentaje de sobrevivencia (% S), consumo de alimento (C) y ganancia longitudinal (GL); estos parámetros se monitorearon una vez por semana hasta completar el ciclo productivo del cultivo (30 semanas), durante las cuales se aplicó una bitácora con formatos de seguimiento respectivo.

Para la estimación de los parámetros zootécnicos se aplicaron las siguientes ecuaciones:

1. Consumo de alimento (C). Hace referencia a la cantidad de alimento semanal (concentrado comercial) que consumen los peces (Carvajal-Echeverri, 2014) en relación a la etapa productiva en que se encuentra el cultivo (precría, levante y ceba). Para estimar este parámetro se tiene en cuenta la biomasa del estanque y el porcentaje de alimento según la tabla de nutrición balanceada para tilapia roja (*Oreochromis spp*) (véase tabla 1). Se controló el consumo pesando la ración de cada día.
2. Ganancia de peso promedio (GP). Es el promedio de peso ganado por el grupo de peces evaluados. Para la determinar la ganancia de peso, es necesario restar el peso promedio inicial al peso promedio final de la misma semana. A continuación, se describe la ecuación que se debe utilizar (Niño y Aguilar, 2014).

### ECUACIÓN 1. Ganancia de peso promedio

$$GP = PF - PA$$

Donde GP es ganancia de peso promedio PF peso final y PI peso inicial en gramos (g).

3. Conversión alimenticia (CA). Para la conversión alimentaria se divide el consumo de la semana sobre la ganancia de biomasa de la misma semana. Entre más bajo sea el valor obtenido mejor es la conversión alimenticia del cultivo. A continuación, se describe la ecuación utilizada (Kubitza, 2011).

### ECUACIÓN 2. Conversión alimenticia

$$CA = \frac{C}{PF - PI}$$

Donde CA es conversión alimentaria, C es consumo de la semana, PF y PI son el peso de la biomasa final e inicial en gramos (g).

4. Porcentaje de sobrevivencia (S). Hace referencia a la cantidad final de peces que culminaron con éxito el ciclo de producción. Para la determinación de la sobrevivencia es necesario tener en cuenta la cantidad de alevines sembrados y la cantidad de peces adultos cosechados al final de las 30 semanas. A continuación, se describe la ecuación utilizada (Niño y Aguilar, 2014).

**ECUACIÓN 3.** *Porcentaje de sobrevivencia*

$$\% S = \frac{PS - PC}{PS}$$

Donde PS es peces sembrados PC peces cosechados.

- Ganancia longitudinal o en talla (GL). Se refiere a la longitud total ganada por el pez desde que se siembra hasta que se cosecha. Para determinar la ganancia longitudinal es necesario restar la longitud final a la longitud inicial (Kubitza, 2011).

**ECUACIÓN 4.** *Ganancia longitudinal*

$$GL = LF - LI$$

Donde LF corresponde a Longitud final y LI Longitud inicial en centímetros (cm).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de parámetros zootécnicos permitió confirmar la gran versatilidad y adaptación que presenta la tilapia (*Oreochromis sp.*) a temperaturas de 24°C a 30°C, frente a las variaciones en los parámetros físico químicos de calidad en agua como pH 7 a 9, tal y como lo menciona Baltazar-Guerrero (2004). No obstante, el sistema de recirculación acuícola (RAS) evaluado, presentó deficiencias estructurales y funcionales que influyen directamente en la calidad del agua y en las variables productivas del cultivo, afectando principalmente los parámetros de consumo, conversión alimenticia y porcentaje de sobrevivencia (tabla 2).

**TABLA 2.** Resultados de parámetros zootécnicos

ETAPA	N.º Sem.	Tipo de Alimento	Peso promedio (gr)	Ganancia longitudinal	Consumo semanal/pez	Ganancia de peso semanal/pez	Conversión alimenticia	% Sobrevivencia
PRECRÍA 1 a 5 g	1	Iniciación (45 % PC)	1	0,22	0,84	0,5	1,68	100 - 99,48
	2		3,1	1,1	2,17	2,1	1,03	99
LEVANTE 5 a 80 g	3	Levante (38 % PC)	5,2	1,4	3,64	2,1	1,73	98,5
	4		7,4	0,7	4,662	2,2	*2,12	98
	5		9,7	0,7	5,432	2,3	*2,36	97
	6		12,1	0,8	5,082	2,4	*2,12	96,5
	7		16,1	1,4	5,635	4	1,41	96
	8		23,4	2	6,552	7,3	0,90	95,5
	9		29,5	1,9	6,195	6,1	1,02	95
	10		37,3	1,8	7,833	7,8	1,00	94,5
	11		45,1	0,9	9,471	7,8	1,21	94
CEBA 80 a 500 g	12	Preengorde (34 % PC)	52,9	0,8	11,109	7,8	1,42	93,5
	13		61,3	1	12,873	8,4	1,53	93
	14		76,1	0,6	15,981	14,8	1,08	92,5
	15		86	1,8	18,06	9,9	1,82	92
	16		96,7	0,6	20,307	10,7	1,90	91,5
	17		105	0,4	23,52	8,3	*2,83	90,5
	18	115,1	0,7	25,7824	10,1	*2,55	89,5	
	19	Engorde (30 % PC)	129	0,6	27,993	13,9	*2,01	89
	20		148	0,6	31,08	19	1,64	88,5
	21		176	0,8	33,264	28	1,19	88
	22		194,1	0,7	33,9675	18,1	1,88	87,5
	23		215	0,7	34,615	20,9	1,66	87
	24		229	0,5	35,266	14	*2,52	86,5
	25	Engorde (24 % PC)	261	0,6	38,367	32	1,20	86
	26		280	0,6	39,2	19	2,06	85,5
	27		317,3	0,3	39,9798	37,3	1,07	85
	28		346	0,6	42,385	28,7	1,48	84,5
	29		368	0,5	43,792	22	1,99	84
30	394,8		0,7	46,9812	26,8	1,75	83,5	

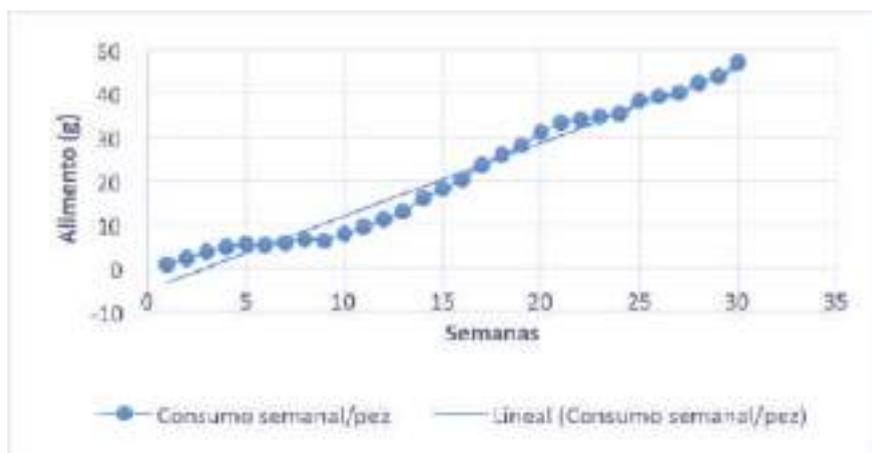
\* Valores por encima del umbral de conversión alimenticia.

Fuente: elaboración propia

Consumo. Se estimó un consumo promedio para todo el ciclo productivo de 3 gramos (g) por pez/día y de 21,06 g por pez/semana con una tendencia creciente desde la semana 1 a la semana 30, este comportamiento concuerda con los valores reportados por Kubitzka (2011) para tilapia roja. No obstante, desde la semana 5 a la semana 10 del cultivo se presentó un estancamiento en el consumo de alimento (figura 2) que coincide con los valores límite obtenidos para algunos parámetros fisicoquímicos de calidad en agua como nitritos, oxígeno disuelto y fosfatos.

Esta variación puede ser atribuida a un proceso de eutrofización de los desechos metabolizados del alimento y las heces en el agua (Guerrero-Muñoz, 2012), como resultado de una sobrecarga en los filtros biológicos y el estanque de sedimentación, lo que permitió aumentar la proliferación desproporcionada de microorganismos en el agua, materia orgánica y sólidos suspendidos, afectando el estatus sanitario, el consumo de alimento y otros parámetros zootécnicos del cultivo. Esta situación obligó a realizar un recambio del 30 % del volumen total del agua del estanque para nivelar nuevamente los parámetros de calidad del agua, adicional a ello se utilizó un producto comercial como acondicionador biológico.

**FIGURA 2.** Relación del consumo de alimento (C) durante el periodo de estudio



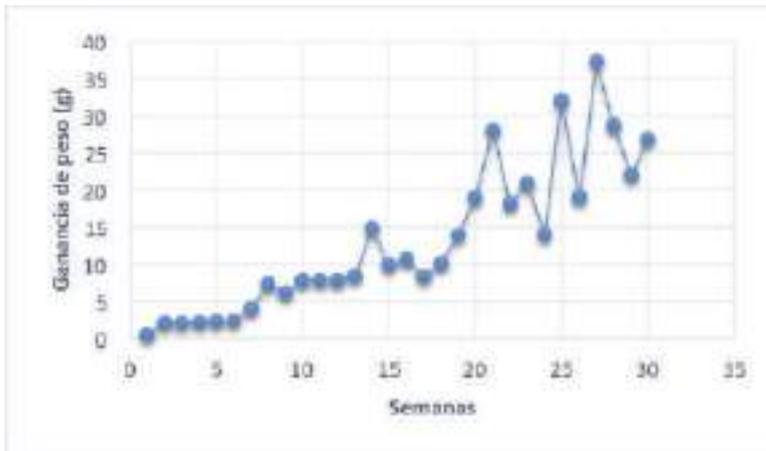
Fuente: elaboración propia.

Ganancia de peso promedio. La carga inicial del sistema fue de 0,27 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la carga de cosecha fue de 15,31 kg/m<sup>3</sup> (38,8 peces/m<sup>3</sup>). La ganancia de peso promedio por semana al final del ciclo se mantuvo en 13,14 g/pez y la ganancia de peso promedio por día en 1,87 g/día; valores similares a los reportados por (CIPA, s.f.) para tilapia roja en condiciones favorables de clima y parámetros de calidad en agua.

Sin embargo, se presentaron fluctuaciones marcadas en la semana 17, 24, 27 y 29 (figura 3) que se atribuyen a deficiencias estructurales y funcionales del sistema de recirculación acuícola (RAS), al aumento de las poblaciones de microorganismos en el estanque y a procesos de estrés ocasionados por un brote de *streptococcus sp.* en la semana 24, lo que disminuyó el consumo de alimento y con ello la ganancia de peso promedio.

En la fase de precría se obtuvo una ganancia de peso promedio acumulada de 2,6 g/semana, en la fase de levante esta se mantuvo en 4,6 g/semana, mientras que en la fase de ceba se produjo un incremento significativo hasta alcanzar 18,41 g/semana, muy por debajo de lo reportado por Kubitzka (2000) en estudios donde encontró rendimientos acumulados de 4,2 g/semana para fase de precría, 8,2 g/semana para levante y 25,2 g/semana para ceba.

**FIGURA 3.** Ganancia de peso semanal por pez (GP) durante el periodo de estudio



Nota: representa la ganancia de peso por pez durante 30 semanas.

Fuente: elaboración propia.

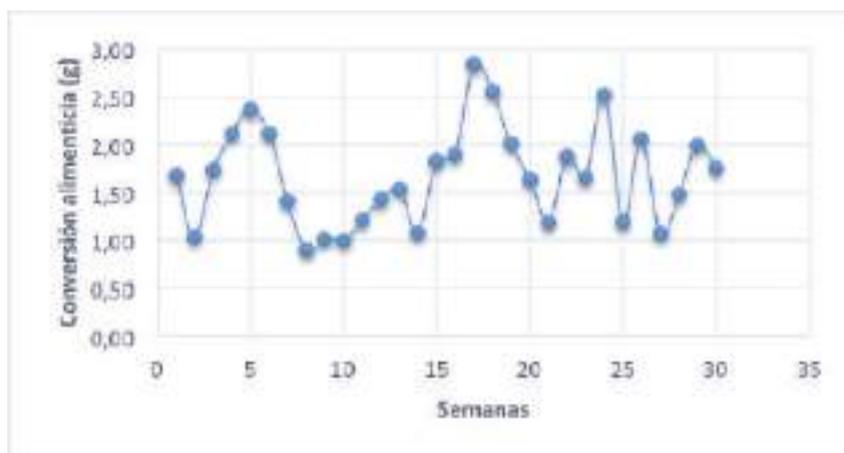
Conversión alimenticia. Este parámetro se vio afectado notablemente por las fluctuaciones en los parámetros fisicoquímicos de calidad en agua como resultado de las deficiencias presentadas en el biofiltro y sedimentador del sistema de recirculación acuícola. En la semana 1 del cultivo se obtuvo una conversión de 1,68, mientras que en la semana 30 la conversión se incrementó a 1,75; por encima de los valores óptimos reportados por Nicovita (s. f.) de 0,85 y 1,34 para la semana 1 y 30 de un cultivo semi intensivo en condiciones similares.

En la figura 4 se puede observar como la conversión alimenticia presentó 8 puntos de inflexión (semana 4, 5, 6, 17, 18, 19, 24 y 26) en los que sobrepasa el umbral de 2 puntos, esta conversión coincide nuevamente con valores bajos de consumo y ganancia de peso, que se atribuyen a cargas orgánicas altas en el agua y por consiguiente valores limitantes de algunos parámetros de calidad en agua, entre los que se destaca el amonio con 0,45 mg/L y la temperatura con 20°C (Nicovita, s. f.).

Es importante dejar en claro que en los periodos donde se exacerban algunos parámetros de calidad en agua se toman medidas relacionadas con el recambio de agua, generalmente del 30 % del volumen total del estanque, se adicionan productos biológicos para el reacondicionamiento del agua, se reduce la alimentación y se aumenta o disminuye la aireación dependiendo del parámetro afectado.

No obstante, se obtuvo una conversión alimenticia promedio de 1,67 que corresponde a un valor aceptable para las 30 semanas del ciclo productivo de la Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en relación con lo reportado por Nicovita (s. f.) en cultivos semiintensivos donde obtuvo hasta 1,6.

**FIGURA 4.** Conversión alimenticia (CA) durante el periodo de estudio



Nota: representa la conversión alimenticia por pez durante 30 semanas.

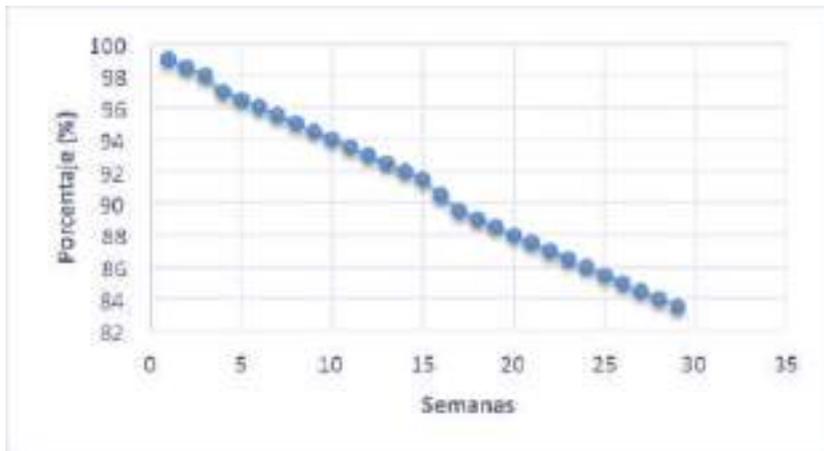
Fuente: elaboración propia.

Porcentaje de sobrevivencia. De los 8500 alevines sembrados se cosechó 7181 peces adultos al finalizar las 30 semanas de cultivo, lo que representa una pérdida de 1319 peces, con una mortalidad del 16,5 % y un porcentaje de sobrevivencia general del 83,5 %.

Con referencia a las fases productivas se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 99 % para precría, 94 % para levante y 88,8 % para ceba, mientras que en estudios similares Kubitz (2000) obtiene un porcentaje de sobrevivencia del 85 % para la fase de precría, 95 % para la fase de levante y 98 % para la fase de ceba. Esto indica que, a medida que el pez crece, este genera mayores cantidades de residuos (acumulación de heces, alimento no digerido, flocs bacterianos), que a su vez aumentan la carga orgánica del estanque llevando al límite la capacidad del sistema de recirculación acuícola (RAS), lo que finalmente se traduce en estrés de los peces, aumento de la mortalidad y obliga recambios constantes del agua (Sánchez *et al.*, 2013).

Por otra parte, se evidenció un aumento de la mortalidad en la semana 15 y 16 (figura 5) en las que se presentó una infección con streptococcus sp. ocasionando problemas dermatológicos, respiratorios y a nivel de tejidos blandos e incluso la muerte en algunos ejemplares de tilapia, que posteriormente fueron diagnosticados en laboratorio; lo que permitió instaurar un tratamiento con fármacos antimicrobianos de amplio espectro a la población restante de peces en el estanque.

**FIGURA 5.** Porcentaje de sobrevivencia (S) para el periodo de estudio



Nota: representa el porcentaje de sobrevivencia durante 30 semanas.

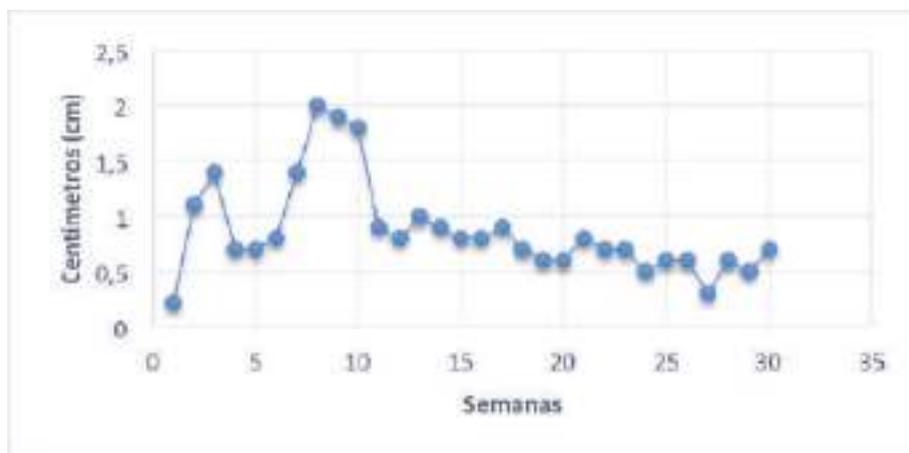
Fuente: elaboración propia.

Ganancia longitudinal o en talla. La mayor longitud se reportó en peces en la etapa de levante sobre la semana 8, 9 y 10 con una ganancia longitudinal de 2, 1,9 y 1,8 centímetros respectivamente. No obstante, la curva de crecimiento presenta una tendencia ascendente desde la semana 1 hasta 3 y baja repentinamente en la semana 4, 5 y 6 (figura 6) donde coincide con valores bajos para ganancias de peso (2,2; 2,3 y 2,4 gramos) y conversión alimenticia (2,12; 2,36 y 2,12).

En consecuencia, este comportamiento productivo permite concluir que los valores de consumo, ganancia longitudinal, ganancia de peso y conversión alimenticia son afectados directamente por alteraciones en los parámetros de calidad de agua, asociados a una sobreestimación del sistema de recirculación empleado especialmente en lo relacionado con biofiltración y remoción de sólidos.

Por otra parte, los alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) presentaron una longitud total de 2,1 cm a la semana 2 del cultivo, mientras Aguilar (2010) reporta crecimientos con una longitud total de 3,1 cm en condiciones similares de cultivo, lo que demuestra una diferencia 1cm de longitud total, que pueden atribuirse a múltiples variables, especialmente aquellas relacionadas con la procedencia de la semilla, genética y parámetros de calidad en agua.

**FIGURA 6.** Ganancia Longitudinal (GL) durante el periodo de estudio



Nota: representa el porcentaje de sobrevivencia durante 30 semanas.

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Los sistemas de recirculación acuícola (RAS) se han constituido en una alternativa de producción eficiente para el cultivo intensivo de peces con relación a los sistemas tradicionales de estanques a cielo abierto. Sin embargo, estos sistemas resultan costosos, requieren una correcta planeación, supervisión permanente con personal idóneo y deben ser monitoreados constantemente en cuanto a parámetros fisicoquímicos de calidad en agua y parámetros zootécnicos.

Este estudio permitió evaluar en una escala temporal de 30 semanas los parámetros zootécnicos, consumo de alimento (C), ganancia de peso promedio (GP), conversión alimenticia (CA) y sobrevivencia (S) de un cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) que opera mediante un sistema RAS en la fase de precría, levante y ceba. Dichos parámetros estuvieron influenciados por deficiencias en la remoción de sólidos y biofiltración del sistema RAS implementado, por lo que se vieron afectados en las semanas 3, 4, 9, 17, 24 y 27 del ciclo productivo del cultivo; donde se presentaron niveles altos de materia orgánica y valores limitantes para parámetros fisicoquímicos de calidad en agua que se traducen en mortalidad y recambios de agua en el estanque.

Entre los resultados obtenidos al final del ciclo productivo del cultivo se destaca el consumo de alimento (C) con 3 gramos (g) por pez/día y 21,06 g por pez/semana. Por otra parte, la ganancia de peso promedio (GP) por pez se mantuvo en 13,14 g/semana y 1,87 g/día; mientras que la conversión alimenticia (CA) registro 8 periodos de inflexión (semana 4, 5, 6, 17, 18, 19, 24 y 26) en los que sobrepasa el umbral de 2. Finalmente se obtuvo una mortalidad del 16,5 % y un porcentaje de sobrevivencia general (S) del 83,5 %.

Los resultados obtenidos en el estudio plantean las bases para una investigación posterior en la que se correlacionen los parámetros zootécnicos obtenidos en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con los parámetros fisicoquímicos de calidad en agua para sistemas mixtos de recirculación acuícola (RAS). Esto permite dilucidar las ventajas comparativas y mejorar la eficiencia los sistemas productivos existentes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a don Rodrigo Ordoñez y familia, propietarios de la estación piscícola Yamboró por facilitar materiales, insumos e información para el desarrollo del estudio. A la ingeniera Nelly María Méndez por liderar los procesos de investigación en la UNAD, CCAV – Pitalito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, F. A. (2010). *Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (Oreochromis sp.) y tilapia nilótica (Oreochromis niloticus Var. Chitralada) alimentadas con dietas peletizadas o extruida* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/6737>

Baltazar-Guerrero, P. M. (2004). *Manual de cultivo de Tilapia*. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, Agencia Española de Cooperación Internacional – AECI, Unidad de Gestión del Proyecto PADESPA.

Carvajal-Echeverri, J. P. (2014). *Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría* [Trabajo de grado]. Corporación Universitaria Lasallista. <https://n9.cl/s0ov7>

CIPA. (s.f). Parámetros productivos. Cálculo de consumo de alimento para proyecto productivo de tilapia roja. <https://porcicultura.cipa.com.co/wp-content/uploads/2019/11/Parametros-Productivos-Alimentacion-para-Peces-Aguas-C%C3%A1lidas.pdf>

Díaz de Salas, S., Mendoza-Martínez, V. y Porras-Morales, C. (2011). Una guía para la elaboración de estudios de caso. *Razón y Palabra*, (75). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199518706040>

FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>

FAO. (2018). *Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>

Guerrero-Muñoz, J. (2012). *Capacidad de Carga vs. Calidad de agua en Acuicultura* [Presentación de diapositivas]. Agrinal. <https://es.calameo.com/read/0047829542cfb61bd564f>

Kubitza, F. (2000). Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. *Panorama da Aquicultura*, 10(59), 44-53. [http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan59\\_Kubitza.pdf](http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan59_Kubitza.pdf)

Kubitza, F. (2011). *Tecnologia e planejamento na produção comercial*. Acqua Supre.

Lasso, C. A. (2014). *Descripción metodológica para la evaluación biológica en los complejos de humedales*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9591>

Nicovita. (s. f.). *Manual de crianza tilapia*. Alicorp. <https://n9.cl/16wt8>

Niño, H. y Aguilar, O. X. (2014). Crecimiento y conversión alimenticia de tilapia roja “*Oreochromis sp*” con diferentes frecuencias de alimentación. *Innovando en la U*, 6, 56-66.

Rincón-Machado, A., Estrella-Medina, I. y Carrera, L. (2017). *Informe de Coyuntura Económica*. Cámara de comercio de Neiva, Departamento de Competitividad, Innovación y Emprendimiento. <https://n9.cl/ag8js>

Sánchez, A. I., Burbano, A., Revelo, D. M., García, R. y Guerrero, C. (2013). Eficiencia de Consorcios Micorbianos para tratamiento de aguas residuales en un sistema de recirculación acuícola. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 245 - 254. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/279>

Vásquez-Gamboa, L. (2013). Sistemas de recirculación de agua (RAS) en Piscicultura. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 7(7), 1-7. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1483>

## ANEXOS

TABLA 3. Resultados parámetros fisicoquímicos de calidad en agua

ETAPA	Semana	Mes	Asunto	pH	OD (mg/L)	Conductividad	Temperatura	Amonio (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
PRECRÍA 1 a 5 gr	1	1		7	6,4	314us/cm	24	0,15	0,46	0,02	32,4	32,4	1,5
	2			7,7	6,4	322 us/cm	24	0,16	0,41	0,018	32,5	31,9	1,6
3			7,5	6,3	321us/cm	24	0,16	0,45	0,02	33,2	32,8	1,8	
4			7	6,1	189us/cm	24	0,14	0,48	0,019	36,5	35,4	1,8	
LEVANTE 5 a 80 gr	5	2		7,8	5,9	320us/cm	23	0,15	0,47	0,018	34,2	33,9	1,8
	6			7,1	6	250us/cm	20	0,17	0,49	0,02	34,2	33,8	2,3
	7			7,2	5,7	418us/cm	21	0,2	0,46	0,019	34,5	33,7	2,5
	8	3		7,5	5,4	325us/cm	22	0,19	0,45	0,019	34,6	33,6	2,7
	9			7,6	5	321us/cm	20	0,24	0,47	0,02	35	30,8	2,9
	10		recambio	7,4	6,4	320us/cm	23	0,25	0,4	0,02	31,2	33,1	2,5
	11			7,1	6,3	344us/cm	24	0,21	0,45	0,022	32,7	31	3,4
12	4		7,1	6,2	412us/cm	23	0,21	0,45	0,024	33,5	32,3	3,8	
13			6,9	5,8	325us/cm	24	0,2	0,44	0,023	32,6	32,5	4	
14			7,2	5,3	347us/cm	23	0,22	0,45	0,021	34,1	33,9	4,8	
15			7,3	5,1	234us/cm	24	0,22	0,44	0,021	32,5	31,7	4,7	
16			7,1	4,7	345us/cm	24	0,21	0,43	0,023	31,5	31,5	4,9	
17		5		7	4,6	245us/cm	24	0,24	0,47	0,024	32,4	32,3	5
18			recambio	6,9	6,1	432us/cm	25	0,15	0,42	0,02	31,2	31,1	3,5
19			6,7	5,5		25	0,17	0,43	0,024	32,5	33,8	3,9	
20	6		6,9	5,2		24	0,18	0,44	0,024	33,2	32,7	4,2	
21			7,2	5		24	0,24	0,47	0,024	34,7	31,7	4,5	
22		recambio	7,2	6		25	0,18	0,41	0,021	31,8	30,9	3,6	
23			7,2	5,8		24	0,22	0,42	0,021	34,5	33,9	3,8	
24			7,1	5,5		25	0,22	0,43	0,022	33,5	33,1	3,9	
25		7		7,2	4,9		25	0,21	0,45	0,02	34,1	33,8	4,5
26			7,1	4,8		25	0,25	0,48	0,028	32,5	32,5	4,9	
27	recambio		7,2	5,5		24	0,22	0,41	0,021	31,5	31,5	4,4	
28			7,4	5,2		25	0,21	0,43	0,02	33,5	33,2	5,1	
29	2			7,6	4,8		24	0,22	0,42	0,021	34,7	34,6	5,1
30			7	4,75		25	0,2	0,45	0,022	32,8	32,7	5,3	

Fuente: elaboración propia.

## 22.2 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISI-COQUÍMICOS EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN ACUÍCOLA (RAS) CON CULTIVO DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*) EN EL MUNICIPIO PITALITO (HUILA). ESTUDIO DE CASO

---

Walter Ariza Camacho

Ingeniero Ambiental, Magíster en Ingeniería Química, Profesional asociado, Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia.

Ing.walca@gmail.com

Leonardo Antonio Aguilera Castro

Médico Veterinario Zootecnista, Esp. en Nutrición Animal Sostenible, Profesional asociado, Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia.

leonardo.aguilera.mvz@gmail.com

Andrés Mauricio Munar Samboní

Ingeniero Ambiental, Universidad del Cauca.

Magíster en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos, PhD en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental, Docente investigador, Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD), Colombia.

andres.munar@unad.edu.co

---

### RESUMEN

Los sistemas de recirculación acuicultura son una alternativa utilizada para la producción intensiva de peces; sin embargo, requiere de un control constante en los parámetros de calidad del agua ya que estos pueden afectar las tasas de crecimiento de los peces. El objetivo del presente estudio fue la evaluación de los parámetros fisicoquímico en unos sistemas de recirculación acuícola utilizados en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en el municipio de Pitalito-Huila. El sistema cuenta con un estanque de producción en el cual se tienen 8 500 peces sembrados, un filtro para remoción de sólidos, un fraccionador de espuma, un reactor nitrificante y un reservorio en

donde el agua es recirculada al tanque de producción. El tanque de producción cuenta con dos aireadores que se activan según el requerimiento de oxígeno del sistema. Para el desarrollo metodológico se utilizó un multiparamétrico que permite la medición de la temperatura, potencial de hidrogeno y oxígeno disuelto; en relación con demanda bioquímica de oxígeno fue utilizado el método de incubación y electrometría en laboratorio, el restante de los parámetros estudiados fue analizado con kit Hanna de rango medio. Los resultados del análisis muestran poca conversión de amonio a nitrato, lo cual sugiere problemas en el reactor nitrificante; sin embargo, las concentraciones de amonio en el sistema no afectaron el desarrollo de los peces. También fue posible evidenciar que los recambios periódicos generan una mejor consistencia en la concentración de oxígeno en el sistema al tiempo que permiten la remoción de fosfatos.

*Palabras clave: acuicultura, calidad, monitoreo, fisicoquímicos, tilapia.*

---

## ABSTRACT

Recirculating aquaculture systems are an alternative used for intensive fish production; However, it requires constant control of water quality parameters as these can affect the growth rates of the fish. The objective of the present study was the evaluation of the physicochemical parameters in a recirculating aquaculture system used in the production of red Tilapia (*Oreochromis* sp.) In the municipality of Pitalito-Huila. The system has a production pond in which there are 8500 seeded fish, a filter for solids removal and foam fractionator, a nitrifying reactor and a reservoir where water is recirculated to the production tank. The production tank has two aerators that are activated according to the oxygen requirement of the system. For the methodological development a multiparameter was used that allows the measurement of the temperature, potential of hydrogen and dissolved oxygen, in relation to Biochemical Oxygen Demand the incubation method and electrometry were used in the laboratory, the rest of the parameters studied were analyzed with Mid-range Hanna kit. The results of the analysis show little conversion of ammonium to nitrate which suggests problems in the nitrifying reactor; however, ammonium concentrations in the system did not affect the development of the fish. The results also allowed us to show that periodic replacements generate a better consistency in the concentration of oxygen in the system while allowing the removal of phosphates.

**Keywords:** *aquaculture, monitoring, physicochemicals, quality, tilapia.*

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura representa el 47 % de la producción pesquera mundial (FAO, 2016), esto evidencia que en la medida en que las fuentes de la pesca se acercan a niveles máximos de captura, la acuicultura ayudará a satisfacer la cada vez mayor demanda global de pescados. Sin embargo, este desarrollo ha traído consigo problemas ambientales como la eutrofización generada por el incremento de nutrientes (nitrógeno y fosforo) en los cuerpos de agua y el deterioro en las fuentes hídricas por el aumento de la materia orgánica e inorgánica descargada (Mühlhauser y Vila, 1987).

No obstante, estas prácticas han ido cambiando al paso del tiempo y esto ha permitido el desarrollo de tecnologías que permiten, además de un menor impacto al medio ambiente, una mayor capacidad de producción piscícola por metro cuadrado (FAO, 1978). También cabe destacar la mayor conciencia por el cuidado al medio ambiente por parte de la sociedad, en forma tal que los gobiernos de los países del mundo continúan promoviendo iniciativas de ley para establecer normas jurídicas que permitan el ordenamiento acuícola y pesquero (Solís, 2003).

Uno de los modelos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente utilizados en la última década son los sistemas de recirculación en acuicultura (RAS, por sus siglas en inglés) (Bregnballe, 2010); estos sistemas son muy utilizados por sus ventajas percibidas: poco requerimiento de tierra y agua, un alto grado de control ambiental que evita la proliferación de enfermedades y la alta tasa de producción por metro cuadrado de la especie (Masser *et al.*, 1999).

Los sistemas de recirculación acuícola (RSA) son procesos donde el agua utilizada en los estanques de producción se canaliza a un tren de tratamiento para reacondicionar el efluente, permitiendo la vida acuática. Estos trenes de tratamiento tienen cuatro funciones básicas: circulación de agua, remoción de sólidos, biofiltración e intercambio gaseoso (Timmons *et al.*, 2009).

Ahora bien, el crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua donde viven; razón por la cual es necesario mantener las condiciones fisicoquímicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivada (Bautista y Ruíz-Velazco, 2011); para el caso de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), especie utilizada en

el presente estudio, los valores óptimos de oscilación de algunos parámetros fisicoquímicos de importancia están definidos como sigue: temperatura (T: 20-30 °C), potencial de hidrogeno (pH:7-8), oxígeno disuelto (OD: 4-6 mg/L), amonio (N-NH<sub>3</sub>:0-0,1 mg/L), nitrato (NO<sub>3</sub>: 0-2 mg/L), nitrito (NO<sub>2</sub>: 0-0,1 mg/L) y fosfato (PO<sub>4</sub>:0.6-8 mg/L) (Martínez, 2006; Chaux y Fernández, 2013); respecto a las concentraciones de demanda biológica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) se tienen valores aceptables entre 5-20 mg/L y 40-80 mg/L respectivamente (Boyd, 1998).

Para el caso de los sistemas de recirculación acuícola, como se operan con densidades de cultivo altas, la eficiencia de estos depende en gran medida del control que se tenga sobre los parámetros fisicoquímicos. En estos sistemas, se excretan altos niveles de nitrógeno amoniacal debido al alto contenido de proteína del alimento y a la alta densidad de producción (Sánchez *et al.*, 2013); por ende, el balance entre el amonio producido por los peces, el alimento no consumido y la biomasa de bacterias muertas debe estar equilibrado con la tasa de remoción de amonio mediante el cambio de agua y la filtración biológica (Suhr y Pedersen, 2010). En otras palabras, la concentración de amonio disuelto en el agua determina la capacidad de carga del estanque y de las dimensiones de las unidades biológicas del tren de tratamiento (Chen *et al.*, 2006; Eding *et al.*, 2006; Timmons *et al.*, 2006).

Los nitritos son un producto intermedio de la transformación del amoníaco en nitrato por la actividad bacteriana. El nitrito es tóxico para los peces, disminuyendo la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno, por lo cual su toxicidad está relacionada con el oxígeno disuelto en agua (Carvajal-Echeverri, 2014). En relación a la concentración de nitrato los niveles de hasta 40 mg/L son generalmente seguros para los peces, sin embargo, un valor superior a 80 mg/L puede ser tóxico.

Por otra parte, las altas concentraciones de fosfato en los estanques de producción se deben principalmente a la acumulación de residuos de la alimentación de los peces y la poca remoción de fosfato alcanzada en los sistemas de recirculación acuícola a causa de la aireación (Egna y Boyd,1997).

En esta investigación se evaluaron los parámetros fisicoquímicos en unos sistemas de recirculación acuícola utilizado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en el municipio de Pitalito-Huila.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### LOCALIZACIÓN

El estudio fue desarrollado en el municipio de Pitalito (Huila) en la estación piscícola Yamboró ( $1^{\circ}52'42.50''\text{N}$ - $76^{\circ}4'40.18''\text{W}$ ). La estación se encuentra a 1 285 m.s.n.m. y presenta una temperatura promedio de  $20^{\circ}\text{C}$ . La empresa es de carácter familiar y se dedica a la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). El área de producción es de aproximadamente  $1\,539\text{ m}^2$  y presenta un espejo de agua de  $769,5\text{ m}^2$  en estanques circulares de geomembrana.

### INFRAESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de recirculación acuícola (RAS) fue conformado por un estanque de cultivo circular en geomembrana operado en invernadero para evitar la pérdida de temperatura, se utilizó un sistema de aireación conformado por un blower de 1 hp que distribuye aire por tubería de PVC y 8 mangueras de  $\frac{1}{2}$ " con parrilla difusora en el extremo para una salida total de 2". El estanque presenta un drenaje central con rebalse externo en tubería de PVC acoplado a una caja reguladora de nivel (figura 1).

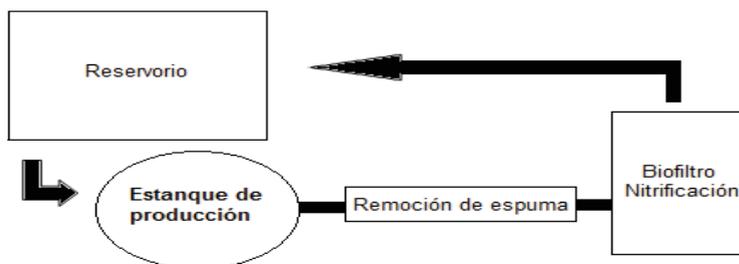
**FIGURA 1.** Esquema de un tanque de un sistema de recirculación acuícola (RAS)



Fuente: elaboración propia.

Además, se cuenta con un sistema de remoción de sólidos que comprende un fraccionador de espuma (remoción de pequeños sólidos disueltos), un sedimentador con filtros de malla (remoción de sólidos de gran tamaño) y un biofiltro para el proceso de nitrificación. El estanque central se comunica con el sistema de remoción de sólidos y el biofiltro a través de una red de tubos en PVC con diámetro de 2 pulgadas (figura 2).

**FIGURA 2.** Esquema general sistemas de recirculación acuícola (RAS)



Fuente: elaboración propia.

## EQUIPOS Y MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Para la medición de los parámetros temperatura (T), potencial de hidrogeno (pH) y oxígeno disuelto (OD) fue utilizada una sonda multiparamétrica marca Hanna referencia 98000; para los aniones amonio (N-NH<sub>3</sub>), nitritos (NO<sub>2</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO) se utilizaron kit Hanna de rango medio; por último, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) fue medida mediante agotamiento de oxígeno en incubación y electrometría. La frecuencia de medición de los parámetros fisicoquímicos fue realizada según los criterios del sistema (tabla 1).

**TABLA 1.** Parámetros monitoreados, equipos utilizados y tiempos de medición

Parámetro	Equipo utilizado	Medición
Temperatura	Sensor HI7698194-2 Multiparamétrico	Diario
Potencial de hidrogeno	Sensor HI7698194-0 Multiparamétrico	Diario
Oxígeno disuelto	Sensor HI7698194-2 Multiparamétrico	Diario
Amonio	Kit Hanna HI 38049	Semanal
Nitrato	Kit Hanna HI 3874	Semanal
Nitrito	Kit Hanna HI 3873	Semanal
DBO	Incubación y electrometría	15 días
DQO	Kit Hanna HI 93759	15 días
Fosfato	Kit Hanna HI 3833	Semanal

Fuente: elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos del monitoreo de parámetros fisicoquímicos son presentados a continuación (tabla 2); las semanas resaltadas en negrilla corresponde a recambios realizados en el sistema a causa de la alteración en algún parámetro fisicoquímico respecto a la franja de calidad de agua óptima para la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) reportada en la literatura.

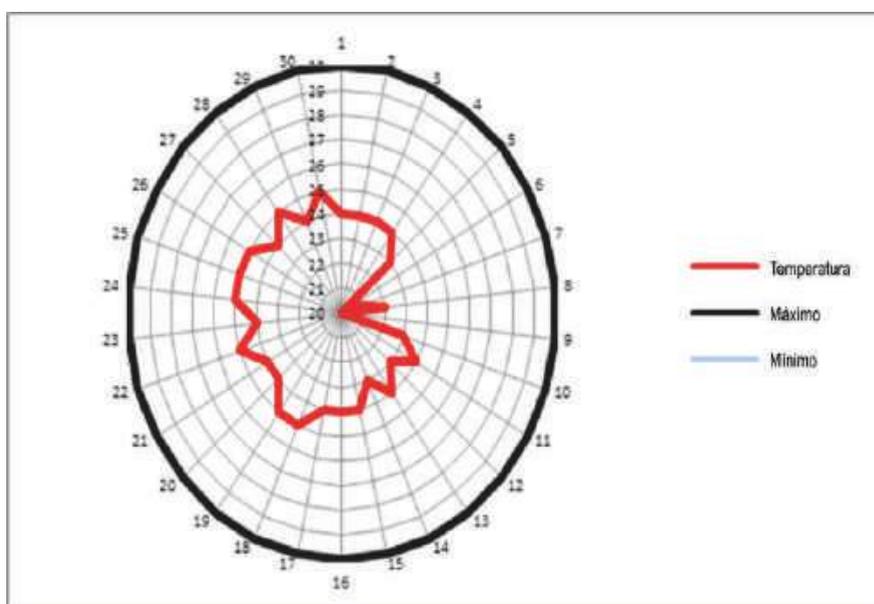
**TABLA 3.** Resultados de parámetros zootécnicos

ETAPA	N.º Sem.	T (°C)	pH	OD (mg/L)	N-NH3 (mg/L)	NO2 (mg/L)	NO3 (mg/L)	PO4 (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
PRECRÍA	1	24	7	6,4	0,15	0,02	0,46	1,5	32,4	32,4
	2	24	7,7	6,4	0,16	0,018	0,41	1,6	-	-
LEVANTE	3	24	7,5	6,3	0,16	0,02	0,45	1,8	33,2	32,8
	4	24	7	6,1	0,14	0,019	0,48	1,8	-	-
	5	23	7,8	5,9	0,15	0,018	0,47	1,8	34,2	33,9
	6	20	7,1	6	0,17	0,02	0,49	2,3	-	-
	7	21	7,2	5,7	0,2	0,019	0,46	2,5	34,5	33,7
	8	22	7,5	5,4	0,19	0,019	0,45	2,7	-	-
	9	20	7,6	5	0,24	0,02	0,47	2,9	35	30,8
	10	23	7,4	6,4	0,25	0,02	0,4	2,5	-	-
	11	24	7,1	6,3	0,21	0,022	0,45	3,4	32,7	31
CEBA	12	23	7,1	6,2	0,21	0,024	0,45	3,8	-	-
	13	24	6,9	5,8	0,2	0,023	0,44	4	32,6	32,5
	14	23	7,2	5,3	0,22	0,021	0,45	4,8	-	-
	15	24	7,3	5,1	0,22	0,021	0,44	4,7	32,5	31,7
	16	24	7,1	4,7	0,21	0,023	0,43	4,9	-	-
	17	24	7	4,6	0,24	0,024	0,47	5	32,4	32,3
	18	25	6,9	6,1	0,15	0,02	0,42	3,5	-	-
	19	25	6,7	5,5	0,17	0,024	0,43	3,9	32,5	33,8
	20	24	6,9	5,2	0,18	0,024	0,44	4,2	-	-
CEBA	21	24	7,2	5	0,24	0,024	0,47	4,5	34,7	31,7
	22	25	7,2	6	0,18	0,021	0,41	3,6	-	-
	23	24	7,2	5,8	0,22	0,021	0,42	3,8	34,5	33,9
	24	25	7,1	5,5	0,22	0,022	0,43	3,9	-	-
	25	25	7,2	4,9	0,21	0,02	0,45	4,5	34,1	33,8
	26	25	7,1	4,8	0,25	0,028	0,48	4,9	-	-
	27	24	7,2	5,5	0,22	0,021	0,41	4,4	31,5	31,5
	28	25	7,4	5,2	0,21	0,02	0,43	5,1	-	-
	29	24	7,6	4,8	0,22	0,021	0,42	5,1	34,7	34,6
	30	25	7	4,75	0,2	0,022	0,45	5,3	-	-

Fuente: elaboración propia.

Temperatura: la temperatura promedio del municipio de Pitalito para el periodo del presente estudio osciló entre 18-23°C, según la estación climatológica Sevilla instalada en Pitalito por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). El cultivo de Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) presentó mayores producciones a temperaturas cercanas o superiores a 30°C; es por esto, que, para mejorar la productividad, el sistema fue instalada bajo un invernadero de plástico que impide la salida del aire caliente permitiendo que la temperatura del agua permanezca por encima de la temperatura media del ambiente. A continuación, se presentan los datos de temperatura monitoreados en el sistema junto con la granja de temperatura máxima y mínima para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) (figura 3).

**FIGURA 3.** Fluctuación de la temperatura en las 30 semanas de estudio



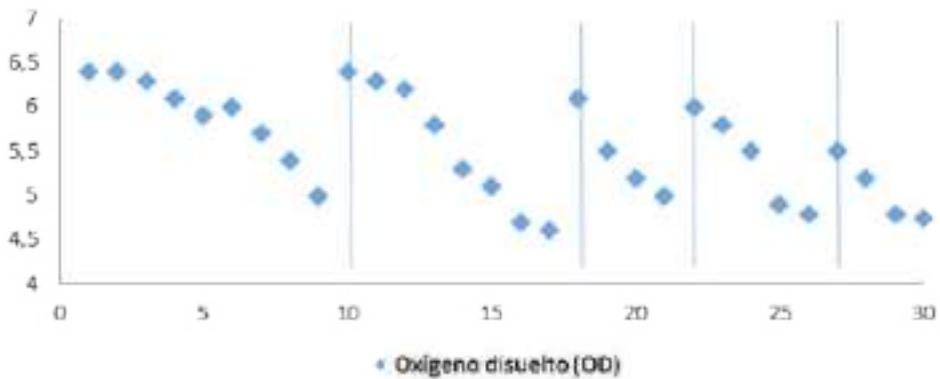
Fuente: elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la gráfica de temperatura, se presentaron problemas de bajas temperaturas entre las semanas 6 y 9; sin embargo, estas no son inferiores a la temperatura ambiente. El resto del tiempo las temperaturas permanecieron constantes entre 24 y 25 °C, demostrando que el uso de invernaderos puede significar un gran éxito si se quiere subir la temperatura del agua en uno 4 o 5°C en relación a la temperatura ambiente. Cabe destacar que, si bien el crecimiento de la especie se maximiza a temperaturas mayores, la temperatura reportada en el presente estudio es óptima para la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Potencial de hidrogeno pH: en relación a este parámetro se evidencia una ligera tendencia hacia la basicidad; sin embargo, el agua se encuentra con un pH dentro de la franja óptima para crecimiento de la especie; cabe destacar que esto se debe a que el sistema se encuentra en constante aireación, lo que favorece la desgasificación y por tanto permite un mayor control de este parámetro.

Oxígeno disuelto (OD): el OD es uno de los parámetros de mayor control en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con altas tasas de siembra; es así, como concentraciones de OD por debajo de 4 mg/L generan estrés en la especie y afectan el crecimiento de la misma. La siguiente figura presenta el comportamiento del oxígeno disuelto en las 30 semanas del ciclo productivo; las líneas representan los momentos de recambio de agua en el sistema (figura 4).

**FIGURA 4.** Comportamiento del OD en el sistema

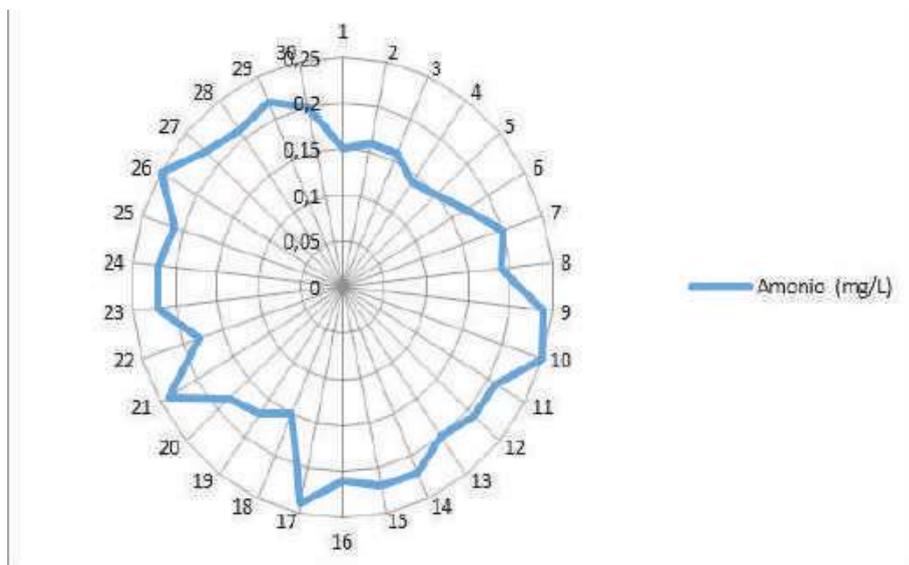


Fuente: elaboración propia.

La figura 4 nos permite evidenciar el requerimiento de oxígeno por parte del cultivo; es así como para las primeras semanas, que corresponden a la fase de precría y levante, los requerimientos son menores en relación a la fase de ceba; también se evidencia que en la medida en que el agua comienza a madurarse la disponibilidad de oxígeno es menor. Esto es contrarrestado en parte por los recambios de agua realizados ya que elevan la retención de oxígeno; sin embargo, a largo plazo puede que esta alternativa se vuelva insostenible.

Amonio N-NH<sub>3</sub>: las concentraciones óptimas de amonio para el crecimiento de tilapia roja se encuentran entre 0 a 0,1 mg/L; sin embargo, un estudio realizado por Hernández-Barraza *et al.* (2016) presentó valores máximos de amonio en el agua de 0,26 mg/L sin reportar problemas en el crecimiento de la especie. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de amonio en el estanque de producción (figura 5).

**FIGURA 5.** Resultados de monitoreo de amonio en el sistema



Fuente: elaboración propia.

Las concentraciones máximas de amonio ( $\text{N-NH}_3$ ) encontradas en los análisis fueron de 0,25 mg/L, un valor muy por encima del valor óptimo reportado en la literatura para producción de tilapia roja; sin embargo, esto puede deberse a que el sistema de nitrificación se encontraba en fase de arranque por tanto las poblaciones microbianas de *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* encargadas de transformar el amonio a nitrato no se encuentran totalmente establecidas y su eficiencia de remoción no era del 100 %.

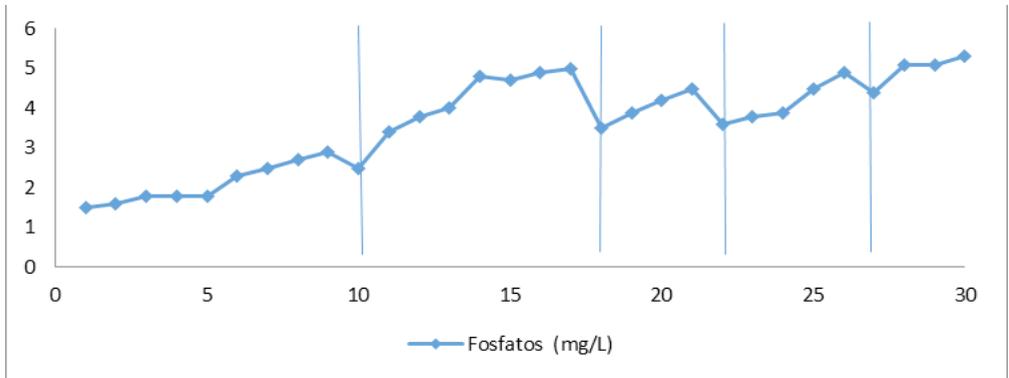
Cabe destacar que pese a los recambios realizados no se encontraron en los análisis reportes de amonio por debajo de 0,15 mg/L lo cual sugiere problemas en la toma de los análisis; esto dado que los peces no presentaron problema de crecimiento o mortalidad a causa de la concentración de amonio.

Nitrato  $\text{NO}_3$  y nitrito  $\text{NO}_2$ : las concentraciones de nitrato reportados en los análisis se encuentran entre 0,4-0,5 mg/L, los cuales son valores óptimos para la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y se encuentran muy por debajo de ser perjudiciales para los peces. En cuanto a las concentraciones reportadas de nitritos, un compuesto intermedio de la nitrificación (conversión de amonio a nitrato), se tienen valores de  $0,021 \pm 0,003$  mg/L, los cuales son óptimos para el crecimiento de la especie y están muy alejado de los valores tóxicos para la tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Al comparar las bajas concentraciones de nitrato y nitrito y las altas concentraciones de amonio, se puede afirmar que la eficiencia en la nitrificación es muy baja; esto puede deberse, como se dijo anteriormente, a que las poblaciones microbianas aún no están totalmente establecidas o a problemas en la operación de reactor nitrificante.

Fosfatos PO<sub>4</sub>: una de las formas de remoción de fosfatos en los estanques de producción acuícola es mediante el uso de algas; sin embargo, esto traería problemas de obstrucción en el sistema de tratamiento y recirculación del agua; por tanto, si se quiere garantizar una buena producción es necesario el monitoreo constante de la concentración de fosfato, para que cuando este llegue a valores críticos se realice el recambio del agua necesario. A continuación, se presenta el comportamiento del sistema del fosfato en el sistema de recirculación acuícola (figura 6).

**FIGURA 6.** Resultados del comportamiento de fosfato



Fuente: elaboración propia.

Se evidencia un incremento en la concentración de fosfato en el tiempo de operación del sistema pese a los recambios realizados (los recambios se representan con líneas azules en la gráfica); esto se debe a que el suministro de alimento, y por tanto el aporte de fosfato en los estanques, se incrementa en la medida que el alevino crece; además la única remoción de fosfato que se realiza es mediante los recambios y en menor medida la sedimentación en el reactor nitrificante y el reservorio. Respecto a los resultados obtenidos se evidencia que gracias a los recambios las concentraciones de fosfato se encuentran dentro de la franja de valores óptimos para la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO): los resultados de los análisis tanto de la DBO como de la DQO reportó concentraciones promedio entre 31-35 mg/L, las cuales no disminuyen en relación a los recambios realizados; esto sugiere que el agua de entrada al sistema está contaminada levemente.

Esta contaminación puede deberse a actividades antrópicas y asentamientos aguas arriba de la bocatoma que no cuentan con sistemas de descontaminación del agua; si bien esto puede llevar a presentar un problema para el crecimiento de la especie estudiada, se evidencia que no se presentaron problemas severos por contaminación de cargas orgánicas externas.

---

## CONCLUSIONES

Los sistemas de recirculación acuícola (RAS) son una alternativa muy eficiente para la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con altas densidades de siembra; sin embargo, los riesgos y las pérdidas económicas son grandes cuando no se tiene total control del sistema; es por esto que se debe realizar un monitoreo constante de los parámetros fisicoquímicos del agua para que estos se encuentren dentro de las franjas óptimas.

Uno de los problemas presentados en el estudio realizado sobre el sistema de recirculación acuícola es la baja conversión de amonio a nitrato; esto se debe principalmente a que el reactor nitrificante estaba en su fase de arranque o adaptabilidad microbiana, lo que genera que las eficiencias sean bajas.

Los resultados obtenidos en el estudio permiten que se alcanza una mayor concentración y disponibilidad de oxígeno a lo largo de todo el ciclo productivo cuando se realizan recambios periódicos; además estos recambios permiten la salida de fosfato del sistema y por ende la concentración de este disminuye dentro del estanque de producción.

Es importante que se realice un monitoreo constante del agua utilizada para el arranque del sistema y la utilizada en los recambios a lo largo del ciclo productivo; esto para evitar problemas de contaminación dentro del sistema de recirculación acuícola.

---

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a don Rodrigo Ordoñez y familia, propietarios de la estación piscícola Yamboró por facilitar materiales, insumos e información para el desarrollo del estudio. A la ingeniera Nelly María Méndez por liderar los procesos de investigación en la UNAD, CCAV – Pitalito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bautista, J. y Ruíz-Velazco, J. M.; (2011). Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente*, 3(8), 10-14. <https://n9.cl/kmlwx>

Bregnballe, J. (2010). *A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. Eurofish/FAO Subregional Office for Central and Eastern Europe.

Boyd, C. E. (1998). *Water quality for pond aquaculture*. AURBN.

Carvajal-Echeverri, J. P. (2014). *Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (Oreochromis sp.) en el Municipio de Puerto Triunfo* [Tesis de doctorado]. Corporación Universitaria Lasallista. <https://n9.cl/s0ov7>

Chaux, G. y Fernández, J. E. (2013). Tratamiento de efluentes piscícolas (tilapia roja) en lagunas con azolla pinnata. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 46-56.

Chen, S., Ling, J. y Blanceton, J. (2006). Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural engineering*, 34(3), 179-197. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.004>

Eding, E., Kamstra, A., Verreth, J., Huisman, E. y Klapwijk, A. (2006). Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. *Aquacultural engineering*, 34(3), 234-260. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.007>

Egna, H. S. y Boyd, C. E. (1997). *Dynamics of pond aquaculture*. CRC Press.

FAO. (1978). *Programa para la Formación de Acuicultores en el Centro Regional Latinoamericano de Acuicultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/3/l8156s/l8156s00.htm>

FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf>

Hernández-Barraza, C. A., Trejo-Martínez, A. B., Loredó-Osti, J. y Gutiérrez-Salazar, G. (2016). Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (RAS). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 869-874.

IDEAM, (2019). Reporte de información climatológica estación Sevilla – Pitalito, Geoportal.

Martínez, M. A. S. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. USAID, CIDEA, University of Hawai'i at Hilo.

Masser, M. P., Rakocy, J. y Losordo, T. M. (1999). Recirculating aquaculture tank production systems. Management of recirculating systems. *SRAC Publication*, 452, 1-6.

Mühlhauser, H. A. y Vila, I. R. M. A. (1987) Eutrofización, impacto en un ecosistema acuático montañoso. *Arch. Biol. Med. Exp*, 20, 117-124. <https://n9.cl/2389>

Sánchez, A. I., Burbano, A., Revelo, D. M., García, R. y Guerrero, C. (2013). Eficiencia de Consorcios Microbianos para tratamiento de aguas residuales en un sistema de recirculación acuícola. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 245-254. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteologia/article/view/279/478>

Solís, M. (2003). La acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 2(3), 61-80. <https://doi.org/10.31644/IMASD.3.2013.a04>

Suhr, K. I. y Pedersen, P. B. (2010). Nitrification in moving bed and fixed bed biofilters treating effluent water from a large commercial outdoor rainbow trout RAS. *Aquacultural engineering*, 42(1), 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2009.10.001>

Timmons, M. B., Holder, J. L. y Ebeling, J. M. (2006). Application of microbead biological filters. *Aquacultural engineering*, 34(3), 332-343. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.07.003>

Timmons, M. B., Ebeling, J. M. y Piedrahita, R. H. (2009). *Acuicultura en sistemas de recirculación*. Cayuga Aqua Ventures.

## 2.3 CALIDAD DEL SUELO EN CULTIVOS DE COFFEA ARABICA L. VAR. CATURRA, EN TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL EN PITALITO, HUILA

---

Oscar Eduardo Valbuena Calderón

Ingeniero Agrónomo con Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Docente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia. Especialista en Ingeniería Ambiental. Magíster en Sistemas Sostenibles de Producción. Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Colombia

oscar.valbuena@unad.edu.co

Milton Alexander Pérez Pérez

Egresado programa de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia.

miltonalexander18@hotmail.com

Iván Rene Ortiz Molina

Egresado programa de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia.

ivanormo@hotmail.com

---

### RESUMEN

La calidad del suelo es uno de los factores determinantes en la sostenibilidad de los sistemas de producción, permitiendo identificar su vulnerabilidad o potencialidad frente a un equilibrio con enfoque de productividad; sin embargo, es un tema poco evaluado para el sector cafetero de Colombia, el cual involucra de manera directa a más de 500 mil familias. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del suelo a través del Índice de calidad de suelo aditivo (ICSA) en diferentes tratamientos de fertilización en un cultivo de café (*coffea arabica* L.) variedad Caturra en el Sur del Huila. El estudio fue realizado durante el año 2015, con un diseño de bloques al azar (DBA) de dos tratamientos, un testigo y cinco repeticiones, donde un análisis de varianza

(ANAVA) fue realizado con Infostat versión estudiantil 2014, con separación de medias mediante prueba *Least Statistical Difference* (LSD) Fisher ( $P < 0.05$ ) a cada una de las variables analizadas, para luego obtener un conjunto mínimo de datos (CMD) mediante análisis multivariado (MANOVA) de análisis de componentes principales (ACP). El ICSA fue obtenido a partir de la adición de todos los indicadores de calidad de suelo (ICS), teniendo en cuenta que a mayor valor de ICSA más alta es la calidad del suelo del sistema. Las variables seleccionadas fueron arena, arcilla, carbono orgánico (C.O.), P, Ca, Mg, bases totales (BT) y Ca/Mg, obteniendo un ICSA mayor para los tratamientos orgánico y convencional; sin embargo, no se encontraron diferencias en el nivel de valoración de calidad de suelo en los tratamientos.

*Palabras clave: índice de calidad de suelo aditivo, café, conjunto mínimo de datos.*

## ABSTRACT

Soil quality is among the determinant factors of production systems sustainability, allowing to identify its vulnerability or potentiality facing harmony focused on productivity. However, it has not been evaluated with enough effort for the coffee production sector in Colombia, which involves directly more than 500 thousand. This study aimed to establish the Additive Soil Quality Index (ASQI) in different treatments of organic and conventional fertilization on coffee (*Coffea arabica* L.) variety Caturra in a demonstration farm in Pitalito Huila. The study was conducted during 2015 with a Randomized Complete Block Design (RCBD) in two treatments, one witness and five replications, where an analysis of variance (ANOVA) was conducted using the student version of Infostat 2014; also, mean separation was performed using Least Statistical Difference (LSD) Fisher test ( $P < 0.05$ ) to both physical and chemical variables, in order to obtain a Minimum Data Set (MDS) through Multivariate Analysis (MANOVA) of Principal Components (PCA). The ASQI was obtained by adding each Soil Quality Indicator (SQI), considering that a higher value represents a better soil quality. Selected physical variables were sand, clay and chemicals, organic carbon (OC), Phosphorous, Calcium, Magnesium, total bases (TB) and Calcium/Magnesium ratio, where a higher ASQI value was found for both organic and conventional management. However, no difference was found among the soil quality range values for any of the treatments.

*Keywords: additive soil quality index, coffee, minimum data set.*

## INTRODUCCIÓN

Entre el 2008 y el 2012, el área con cafetales establecidos en Pitalito pasó de 11 725 a 15 477, marcando un aumento del 32 % y ocupando el puesto de mayor productor a nivel nacional, con tendencia a incrementar (FNC, 2013a). Este auge obedece al uso de tecnologías de producción recomendadas por la Federación Nacional de Cafeteros para la producción de café (*coffea arabica* L.), lo cual busca incrementar el rendimiento por hectárea.

Sin embargo, aunque las cifras siguen en aumento, la implementación de sistemas tecnificados con tecnologías intensivas de producción ha generado también impactos negativos, debido a que en la mayor parte de las zonas productoras se manejan cultivos sin sombra de manera frecuente, exponiendo el suelo a factores erosivos del ambiente (Sadeghian, 2010a). La tendencia a desbalancear los suelos por estas tecnologías, disminuye la calidad del suelo, puesto que afecta negativamente sus propiedades en el mediano y largo plazo (FNC, 2013a), especialmente por la fragilidad de los ecosistemas, puesto que las plantaciones de café están ubicadas en la cuenca alta del río Magdalena (Macizo Colombiano - Reserva de la Biósfera y catalogado como un Zona Estratégica del planeta).

Dentro de las principales características físicas y químicas afectadas, algunas de largo, corto y mediano plazo, se encuentran la compactación, acidificación, y pérdida de materia orgánica (Sadeghian, 2010a), originando la disminución de coloides en el suelo, baja capacidad de intercambio catiónico y baja disponibilidad de nutrientes esenciales para el aprovechamiento de las plantas; disminuyendo de esta manera el rendimiento de producción por hectárea de café, lo cual plantea un sistema productivo insostenible en el mediano plazo.

Teniendo en cuenta políticas internacionales, como garantizar la sostenibilidad ambiental (Objetivo del Milenio 7); nacionales gubernamentales, como la Locomotora Biodiversidad, y no gubernamentales (iniciativas de ONG), privadas gremiales y sectoriales, y en concordancia las políticas regionales de Huila Competitivo y locales para el municipio de Pitalito (café, impulso Laboyano), se encuentran concebidos los conceptos de sostenibilidad de los sistemas de producción del sector primario y extractivo, especialmente el recurso suelo, por su alta importancia en términos de funciones para operatividad en los sistemas de producción agrícola, en este caso el cultivo de café.

Debido a que el municipio de Pitalito es el mayor productor de café en Colombia (FNC, 2013a), en donde más de quince mil (15 000) familias dependen económicamente de manera directa de este cultivo, es imperativo realizar investigaciones que permitan garantizar la sostenibilidad de los sistemas de producción cafetalero, pues se generará un impacto positivo a nivel ambiental y económico. Al evaluar la calidad de suelo entre dos tratamientos de fertilización para cultivos de café, se dará respuesta a sectores como instituciones, academia, técnico, científico y productivo; para identificar las prácticas que puedan garantizar la sostenibilidad de los suelos.

Es así que en esta investigación el propósito fue evaluar la calidad del suelo a través del Índice de calidad de suelo aditivo (ICSA) en diferentes tratamientos de fertilización en cultivos de café (*coffea arabica* L.) variedad Caturra.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO Y DESARROLLO DE LOS TRATAMIENTOS

En un lote con cultivo café (*coffea arabica* L.) var. Caturra, se establecieron dos tratamientos de manejo dada la importancia económica de este cultivo en los últimos años en el municipio de Pitalito-Huila, ubicado en el sur de Colombia. Los tratamientos con manejo intensivo (Intensivo), referido a la implementada de forma generalizada y recomendada por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), que incluyen plantaciones con siembras intensivas (densidad superior a 5 000 árboles por/ ha) a libre exposición, con aplicaciones de fertilizantes inorgánicos con elementos mayores y menores (por lo menos tres aplicaciones al año de Urea, fosfato diamónico [DAP] y cloruro de potasio [KCl]), en estos suelos huilenses y cafeteros por excelencia, constituyen un recurso natural compuesto por minerales, órganos de plantas y animales en diferentes estados de alteración, agua, oxígeno y otros gases (FNC y Cenicafe, 2013b), son sometidos a análisis físicos y químicos para obtener indicadores de calidad de suelo que determinen un estudio para las nuevas generaciones de cafeteros en el municipio de Pitalito, primer productor de café en el país pero a la vez uno de los mayores contaminadores de este recurso.

## VARIABLES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL SUELO

En cada lote se tomó una muestra compuesta hasta una profundidad de 30 cm donde se realizaron las siguientes determinaciones químicas: pH (relación suelo: agua de 1:1), acidez, aluminio e hidrógeno intercambiable por método de titulación, materia orgánica (MO) (perdida por ignición), carbono orgánico (volumetría), fósforo asimilable (Bray II modificado), potasio, calcio y magnesio (Acetato de amonio 1N y neutro), capacidad de intercambio catiónico (acetato de amonio 1N y neutro), bases totales (Ca, Mg, Na y K) y saturación de bases intercambiables (extracción con acetato de amonio 1N y neutro), nitrógeno total (Kjeldahl), acidez intercambiable (volumetría), bases totales (espectrofotometría de absorción atómica) (IGAC, 2006).

Para las variables físicas se determinaron densidad aparente mediante el método de cilindro de volumen conocido, densidad real (picnómetro), textura (Bouyoucos), resistencia (penetrómetro de mano análogo) infiltración (anillos de infiltración) (IGAC, 2006), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), agua disponible (AD), conductividad hidráulica (CH) y punto de saturación (estimación) (Saxton y Rawls, 2004).

## ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELO ADITIVO (ICSA) Y DISEÑO ESTADÍSTICO

Se realizaron pruebas de estadística descriptiva y análisis de separación de medias mediante la prueba de LSD Fisher ( $P < 0.05$ ) a cada una de las variables de análisis con características tanto físicas, como químicas. A partir de las aquellas que presentaron diferencias ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos.

Un análisis de componentes principales (ACP) fue corrido (D'Hose *et al.*, 2013). De acuerdo con la metodología de análisis ACP, únicamente se consideraron aquellas variables con un valor de respuesta de la variación  $\geq 1$  (Chen *et al.*, 2013; Yao *et al.*, 2013) y fueron retenidas de cada componente principal (CP) para el conjunto mínimo de datos (CMD), las variables altamente ponderadas dentro del 10 % mayor o menor del valor absoluto más alto (Andrews *et al.*, 2002; Masto *et al.*, 2008).

De acuerdo con los resultados de comparación de métodos de indexación de calidad de suelos propuestos por Andrews *et al.* (2002) y Qi *et al.* (2009) se obtuvo el CMD y se realizó el análisis mediante matriz de correlación y de esta manera se eliminaron las posibles redundancias, reteniendo el mayor número de indicadores (Yao *et al.*, 2013).

Una vez identificados los indicadores se realizaron los cálculos para establecer el índice de calidad suelo aditivo por cada tratamiento (Cerde, 2008; Delgado *et al.*, 2010; Chavarría *et al.*, 2012), de acuerdo a un análisis factorial lineal (Cerde *et al.*, 2012). La combinación de esto métodos se ha utilizado para identificar relaciones con grandes cantidades de variables y facilitar la interpretación de los resultados (Andrews *et al.*, 2002).

Para el cálculo del ICS, se tomó como referencia la metodología de valoración lineal propuesta por Andrews *et al.* (2002), donde se explica que para unos indicadores un mayor valor indica una mejor calidad y que para otros un menor valor indica una mejor calidad; por ello los indicadores se clasificaron en:

- Mayor es mejor: indicadores cuyos valores altos son considerados como buenos.
- Menor es mejor: indicadores cuyos valores bajos son considerados como buenos.

Se calculó un índice de calidad de suelo (ICS) para cada indicador de cada una de las parcelas en estudio, mediante las siguientes fórmulas:

- Mayor es mejor:  $ICS = \text{valor de cada indicador} / \text{valor más alto del indicador}$ .
- Menor es mejor:  $ICS = \text{valor más bajo del indicador} / \text{valor de cada indicador}$ .

Mediante estos planteamientos se obtuvieron valores absolutos entre 0-1, para cada indicador, obteniendo los valores más altos y más bajos reportados por cada variable. Teniendo en cuenta los límites que afectan producción del cultivo (e.g. CO >5) se considera como el valor más alto reportado, que condiciona la aplicación de materia orgánica al suelo (Sadeghian, 2010b); y así finalmente calcular el ICSA para cada una de los tratamientos en estudio.

El ICSA se obtiene mediante la suma de todos los valores de los indicadores, haciendo referencia a que entre más elevado es el valor del ICSA, se cuenta con una más alta calidad del suelo (Valbuena *et al.*, 2017). La prueba de medias y ACP se realizó utilizando el software libre R versión 3.1.2. (R Development Core Team, 2014) mediante la plataforma independiente para análisis estadísticos R Commander (Fox, 2005) basado en el paquete FactoMineR (Husson *et al.*, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la tabla 1, el análisis de varianza muestra el nivel de confianza con el cual se separan las medias por cada una de las variables, de manera independiente entre los distintos tratamientos, indicando una alta variabilidad de los datos y en todos los casos sin poder establecer diferencias significativas de manera individual.

Esto es consecuente a lo reportado por Valbuena *et al.* (2017), en donde se encontró que, al realizar un análisis individual, las variables no necesariamente son indicadores de calidad del suelo o pueden aportar algún indicio de diferenciación de calidades, especialmente en la misma región geográfica o, en este caso, en el mismo lote. Sin embargo, al momento de convertirse en conglomerados de información, a través de la conformación de los indicadores e índices, estas brindan una ventaja significativa para establecer las condiciones de calidad del suelo.

Otro valor importante, según lo reportado por Qi *et al.* (2009) es la consolidación de un objetivo de calidad que permite direccionar la indicación de cada variable o del conjunto de variables, por lo cual fue necesario utilizar la tabla de calificación desarrollada por Valbuena *et al.* (2017), en donde mediante revisión bibliográfica se establecieron los ideales de producción del cultivo de café en Colombia y se relacionaron las variables que aparecían como limitante para este objetivo.

**TABLA 1A.** Promedios de los indicadores físicos y químicos de suelos

Variable	Unidad	ORGÁNICO				ORGÁNICO-MINERAL				QUÍMICO				p-value
		Media	±	E.E.	A	Media	±	E.E.	A	Media	±	E.E.	A	
<b>FÍSICAS</b>														
Arenas	(%)	38,03	±	2,66	A	41,48	±	2,98	A	38,54	±	2,66	A	0,6670
Limos	(%)	23,2	±	1,63	A	26,46	±	1,83	A	24,69	±	1,63	A	0,4397
Arcillas	(%)	38,77	±	2,75	A	32,06	±	3,08	A	36,77	±	2,75	A	0,2960
AD	(cm <sup>3</sup> agua/cm <sup>3</sup> suelo)	0,13	±	0,01	B	0,11	±	0,01	A	0,11	±	0,01	AB	0,1201
CH	(cm/hr)	0,26	±	0,05	A	0,33	±	0,05	A	0,26	±	0,05	A	0,4045
ST	(cm <sup>3</sup> agua/cm <sup>3</sup> suelo)	0,51	±	0,01	A	0,48	±	0,01	A	0,5	±	0,01	A	0,2862
CC	(cm <sup>3</sup> agua/cm <sup>3</sup> suelo)	0,34	±	0,03	A	0,29	±	0,04	A	0,35	±	0,03	A	0,4135
PM	(cm <sup>3</sup> agua/cm <sup>3</sup> suelo)	0,21	±	0,03	A	0,18	±	0,03	A	0,23	±	0,03	A	0,4413
Rpenent.	(Mpascales)	1,56	±	0,11	AB	1,47	±	0,12	A	1,85	±	0,11	B	0,0882
V. Infiltr.	(mm/h)	410,4	±	91,88	A	609	±	102,73	A	654	±	91,9	A	0,1875
DA	g/cm <sup>3</sup>	1,22	±	0,05	A	1,09	±	0,05	A	1,19	±	0,05	A	0,1855
DR	g/cm <sup>3</sup>	2,42	±	0,15	B	2,13	±	0,17	AB	1,89	±	0,15	A	0,1000

**TABLA 1B.** Promedios de los indicadores físicos y químicos de suelos

Variable	Unidad	ORGÁNICO			ORGÁNICO-MINERAL			QUÍMICO			p-value			
		Media	±	E.E.	A	Media	±	E.E.	A	Media		±	E.E.	A
<b>QUÍMICAS</b>														
pH	Und	3,74	±	0,08	A	3,98	±	0,09	A	3,98	±	0,08	A	0,1343
Aclnter	(meq/100g)	4,53	±	0,33	A	4,16	±	0,37	A	4,17	±	0,33	A	0,6714
CO	%	1,38	±	0,12	A	1,62	±	0,14	A	1,43	±	1,12	A	0,4534
MO	%	16,02	±	1,26	A	20,2	±	1,4	B	17,18	±	1,26	AB	0,1222
CIC	(meq/100g)	26,97	±	1,61	A	28,67	±	1,80	A	25,41	±	1,61	A	0,4317
P	(mg/Kg M.S)	1,77	±	0,07	A	1,66	±	0,08	A	1,69	±	0,07	A	0,5382
N	%	1,08	±	0,07	A	1,22	±	0,08	A	1,05	±	0,07	A	0,3235
Ca	(meq/100g)	0,95	±	0,21	A	0,98	±	0,23	A	1,03	±	0,21	A	0,9568
Mg	(meq/100g)	0,18	±	0,06	A	0,17	±	0,06	A	0,17	±	0,06	A	0,9813
K	(meq/100g)	0,48	±	0,09	A	0,29	±	0,10	A	0,23	±	0,09	A	0,1707
Na	(meq/100g)	0,43	±	0,45	A	0,46	±	0,50	A	0,59	±	45,0	A	0,9663
BT	(meq/100g)	29,09	±	1,98	A	30,70	±	2,22	A	27,96	±	1,98	A	0,6645
Ca/Mg	%	3,04	±	0,79	A	3,48	±	0,89	A	4,62	±	0,79	A	0,3832
Mg/K	%	0,58	±	0,18	A	0,58	±	0,20	A	0,72	±	0,18	A	0,8263
Ca/K	%	3,04	±	0,79	A	3,48	±	0,89	A	4,62	±	0,79	A	0,3832
(Ca+Mg)/K	%	3,64	±	0,97	A	4,05	±	1,08	A	5,38	±	0,97	A	0,4434
Sat. Bases	%	85,69	±	1,30	A	86,05	±	1,45	A	86,44	±	1,30	A	0,9212
Sat. Na Int	%	0,01	±	0,01	A	0,02	±	0,02	A	0,02	±	0,01	A	0,9764
Sat. Al Int	%	69,94	±	5,03	A	68,4	±	5,63	A	69,12	±	5,03	A	0,9792

PMP: punto marchitez permanente, CC: capacidad de campo, PS: punto de saturación, AD: agua disponible, CH: conductividad hidráulica, RP: resistencia a la penetración, V. Infil: Velocidad de Infiltración, DA: densidad aparente, Aclnter: acidez intercambiable, Ca: calcio, Mg: magnesio, K: Potasio, Na: Sodio, BT: bases totales, CIC: capacidad de intercambio catiónico, P: fosforo, CO: carbono orgánico, MO: materia orgánica, N: nitrógeno, Sat. Bases: saturación de bases.

**Fuente:** Valbuena *et al.* (2017).

Como se observa en la tabla 2, compuesta por la descripción de indicadores de calidad del suelo con enfoque en el objetivo de producción, las variables identificadas dentro del CMD corresponden a arena y arcilla como variables físicas, y las variables Ca, Mg y Ca/Mg dentro del ámbito químico. Estas variables en conjunto son las que mejor representan los arreglos de características de suelo que mejor permiten el desarrollo del cultivo en términos de producción y que por tanto se convierten en indicadores de calidad de suelos.

A diferencia de lo reportado por Valbuena *et al.* (2017), se incluyen las variables físicas como indicadores de calidad del suelo, al igual que la variable de relación Ca/Mg. Esto puede indicar que dependiendo del sistema productivo o de las condiciones agroecológicas del sitio en donde se desarrolle la actividad, sin contar las condiciones técnicas como la variedad establecida, pueden influir de manera directa sobre el conglomerado de variables aptas para establecer el conjunto mínimo de datos a ser proyectado como base para el cálculo del ICSA.

**TABLA 2.** Resultados de análisis de componentes principales de indicadores de calidad de suelo

INDICADOR	OBJETIVO CALIDAD DE SUELOS (PRODUCCIÓN)	T- QUÍMICO		T- ORGÁNICO		T- ORGÁNICO MINERAL	
		MEDIA	VALOR	MEDIA	VALOR	MEDIA	VALOR
<b>QUÍMICOS</b>							
C.O.	Valor máximo encontrado en suelos de la región es 5 % (Carvajal <i>et al.</i> , 2009)	16,02	1	17,18	1	20,2	1
P	El máximo es 30 ppm (Sadeghian, 2008)	1,77	0,06	1,69	0,06	1,66	0,06
Ca*	Valor máximo adecuado para café con $5 < \text{pH} \leq 5,5$ , reportado por CENICAFÉ de 3 (Sadeghian, 2008)	0,95	0,32	1,03	0,34	0,98	0,33
Mg*	Valor mínimo reportado por CENICAFÉ 0,9 meq/100 g (Sadeghian, 2008)	0,18	0,20	0,17	0,19	0,17	0,19
BT	Valor de suelos con fertilidad alta = 25	29,09	1	27,96	1	30,7	1
Ca/Mg*	Valor reportado para Pitalito por Salamanca y Sadeghian (2005) es 3,9	3,04	0,78	4,62	1	3,48	0,89
<b>FÍSICOS</b>							
Arena*	Valor reportado para Pitalito por Salamanca y Sadeghian (2005) es 31,86	30,03	0,94	38,54	1	41,48	1
Arcilla*	El valor reportado para Pitalito por Salamanca y Sadeghian (2005) es 35,62	38,77	1	36,77	1	32,06	0,90

\*Valores llevados a 1 directamente porque los valores reportados eran menores a los resultados del análisis de muestras para este estudio.

Fuente: Valbuena *et al.* (2017).

La tabla 3, muestra cómo las variables identificadas a través del análisis multivariado de componentes principales (ACP), son convertidas a indicadores, mediante la transformación de los datos en valores absolutos, siendo 1, el valor que más beneficia el cumplimiento del objetivo de producción y 0, lo opuesto. Además de esto, se presenta la sumatoria de indicadores dando origen al índice de calidad de suelo aditivo, en donde, aunque se observa una diferencia cuantitativa entre los tres tratamientos.

**TABLA 3.** Interpretación del índice de calidad obtenido de indicadores de calidad de suelos

INDICADOR	T- QUÍMICA	T- ORGÁNICO	T- ORGÁNICO MI- NERAL
	ÍNDICE	ÍNDICE	ÍNDICE
<b>QUÍMICOS</b>			
C.O.	1	1	1
P	0,06	0,06	0,06
Ca*	0,32	0,34	0,33
Mg*	0,2	0,19	0,19
BT	1	1	1
Ca/Mg*	0,78	1	0,89
<b>FÍSICOS</b>			
Arena*	0,94	1	1
Arcilla*	1	1	0,9
ICSA	5,3	5,6	5,4

Fuente: Valbuena *et al.* (2017).

Se observó una diferencia significativa entre los indicadores físicos y químicos del suelo en función de los tratamientos de manejo identificados para este estudio, puesto que, una vez analizados los datos, tanto por técnica estadística univariada como multivariada, se encontraron valores medios distintos para cada indicador con confiabilidad del 95 %. Mediante análisis multivariado de ACP y la matriz de correlación se definió un CMD con los ocho indicadores más representativos de la calidad del suelo, en función del objetivo de producción identificado como parámetro de medición para este estudio.

Se estableció una tabla de valores con base en los umbrales, mínimos y máximos de los ocho indicadores de calidad del suelo, de manera que reflejaran aquellos limitantes de la producción en el cultivo y sirvieran como referencia para transformar los datos de variables a indicadores en escala 0-1. Los indicadores más representativos fueron BT y CO respectivamente, los cuales reflejan condiciones del potencial de fertilidad de un suelo.

Como se muestra en la tabla 4, el ICSA calculado demostró que existe diferencia significativa entre el tratamiento intensivo y tradicional con confiabilidad del 95 %, al igual se evidenció la diferencia mediante calificación por rangos de los valores obtenidos como alta calidad y muy alta Calidad respectivamente. En este estudio se propuso una tabla de interpretación de resultados del ICSA, de manera que se pueda ofrecer datos fácilmente transferibles acerca de la calidad del suelo analizado y se pueda comparar igualmente dos o más conjuntos de prácticas realizadas en un agroecosistema de café.

**TABLA 4.** Interpretación del índice de calidad obtenido de indicadores de calidad de suelos

Índice de calidad de suelo	Escala	Clase
Muy alta calidad	6,40 - 8,00	1
Alta calidad	4,80 - 6,39	2
Moderada calidad	3,20 - 4,79	3
Baja calidad	1,60 - 3,19	4
Muy baja calidad	0,00 - 1,59	5

Fuente: Valbuena *et al.* (2017).

## CONCLUSIONES

Los ocho indicadores seleccionados en el CMD corresponden al análisis MANOVA mediante ACP y matriz de correlación, asegurando con alto nivel de confianza que los datos no son redundantes y sí representativos de la calidad del suelo evaluado, soportando los ICSA calculados.

Los niveles de fertilización en cada uno de los tratamientos (T- orgánica, T- química y T- orgánico mineral) no presentaron diferencias significativas a través de la evaluación de los indicadores en función del objetivo de rendimiento (Kg CPS Ha<sup>-1</sup>), al establecer que, tanto los valores medios analizados mediante el análisis estadístico como la calificación del ICSA, fueron similares.

Los índices de calidad de suelo propuestos en el estudio presentaron un comportamiento similar a lo reportado por otros autores, realizando un análisis con la tabla CMD, en la cual se analizan ocho indicadores que son los más representativos de la calidad de suelo para el cultivo de café. Por lo tanto, se realiza la validación

de los índices de calidad con el ICSA la cual nos indica que las diferencias entre T- orgánica, T- química y T- orgánico mineral son muy pocas; ya que se encuentran dentro del mismo rango de calidad de suelo teniendo como referencia la tabla de interpretación de calidad de suelo.

Los resultados encontrados corresponden a la hipótesis del estudio en donde se planteó que los indicadores e índices en cuestión eran adecuados para la valoración de la calidad de los suelos en cultivos de *coffea arabica* L. var. Caturra, por tanto, se proponen como una metodología válida para la estimación de la calidad del suelo en la región.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews, S. S., Karlen, D. L. y Mitchel, J. P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90(1), 25-45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)

Carvajal, A., Feijoo, A., Quintero, H. y Rondón, M. (2009). Carbono Orgánico del Suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 9(3), 222 – 235.

Centro Nacional en Investigación en Café. (2014). *Informe anual 2014 CENICAFE. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*. Fondo Nacional del Café. Colombia.

Cerda, R. (2008). *Calidad de los suelos en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.), banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB) en el valle de Talamanca, Costa Rica* [Tesis de maestría]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4067>

Cerda, R., Somarriba, E., Tapia, A., Peña, W. y Crozier, J. (2012, 8-10 de noviembre). *Assessment of soil quality in agroforestry systems* [Ponencia]. VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales para a Produção Pecuária Sustentável. Belem do Pará, Brasil.

Chavarría, N., Tapia, A., Soto, G. y Virginio, E. (2012). Efecto de diferentes sistemas de manejo sobre la calidad del suelo, en fincas cafetaleras de la zona de Turrialba y Orosi. *Intersedes*, 13(26), 85-105.

Chen, Y. D., Wang, H. Y., Zhou, J. M., Xing, L., Zhu, B. S., Zhao, Y. C. y Chen, X. Q. (2013). Minimum Data Set for Assessing Soil Quality in Farmland of Northeast China. *Pedosphere*, 23(5), 564-576. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60050-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60050-8)

Delgado, E., Trejos, J., Villalobos, M., Martínez, G., Lobo, D., Rey, J. C., Rodríguez, G., Rosales, E. y Pocasangre, L. E. (2010). Determinación de un índice y salud de suelos para plantaciones bananeras en Venezuela. *Interciencia*, 35(12), 927 – 933.

D'Hose, T., Cougnon, M., De Vliegher, A., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W., Bockstaele, E. y Reheul, D. (2013). The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Applied Soil Ecology*, 75, 198-198. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.013>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC). (2013a). *Comportamiento de la industria cafetera colombiana*. Bogotá: FNC.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) y Centro Nacional en Investigación en Café (Cenicafé). (2013b). *Manual del cafetero colombiano Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. FNC-Cenicafé.

Fox, J. (2005). The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software*, 14(9),1-42. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v014.i09>

Husson, F., Josse, J., Le, S. y Mazet, J. (2012). *FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining*. <http://CRAN.R-project.org/package=FactoMineR>.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2006). *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. IGAC.

Masto, R.E., Chhonkar, P.K., Purakayastha, T.J., Patra, A.K. y Singh, D. (2008), Soil quality indices for evaluation of long-term land use and soil management practices in semi-arid sub-tropical India. *Land Degradation & Development*, 19(5), 516-529. <https://doi.org/10.1002/ldr.857>

Paz-Kagan, T., Shachak, M., Zaady, E. y Karnieli, A. (2014a). A spectral soil quality index (SSQI) for characterizing soil function in areas of changed land use. *Geoderma*, 230,171-184.

Paz-Kagan, T., Shachak, M., Zaady, E. y Karnieli, A. (2014b). Evaluation of ecosystem responses to land-use change using soil quality and primary productivity in a semi-arid area, Israel. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *193*, 9-24.

Qi, Y., Darilek, J., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W. y Gu, Z. (2009). Evaluating Soil Quality Indices in an Agricultural Region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, *149*(3-2), 325-334. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.12.015>

R Development Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>.

Sadeghian, S. (2008). *Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia*. Cenicafé.

Sadeghian, S. (2010a). Evaluación de la fertilidad del suelo para una adecuada nutrición de los cultivos. Caso café. *Suelos ecuatoriales*, *41*(1), 46-64.

Sadeghian, S. (2010b). *La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros*. Cenicafé.

Saxton, K. E. y Rawls, W. (2004). Soil texture triangle: Hydraulic properties calculator. <http://hydrolab.arsusda.gov/soilwater/Index.htm>.

Valbuena-Calderón, O. E., Rodríguez-Pérez, W.V. y Suárez-Salazar, J. C. (2017). Calidad de suelos bajo dos esquemas de manejo en fincas cafeteras del sur de Colombia. *Agromía mesoamericana*, *28*(1), 131-140.

Yao, R., Yang, J., Gao, P., Zhang, J. y Jin, W. (2013). Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area. *Soil and Tillage Research*, *128*, 137-148. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.11.007>

## 2.4 RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TAZA EN AGROECOSISTEMAS DE COFFEA ARABICA L. VARIEDAD CATURRA DE ZONA ANDINA CON DIFERENTES NIVELES DE CALIDAD DE SUELO

---

Oscar Eduardo Valbuena Calderón

Ingeniero Agrónomo con Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Docente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia. Especialista en Ingeniería Ambiental. Magíster en Sistemas Sostenibles de Producción. Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Colombia

oscar.valbuena@unad.edu.co

Nelly María Méndez Pedroza

Doctora en Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia. Líder ECAPMA ZSUR – Directora Grupo de Investigación INYUMACIZO

nelly.mendez@unad.edu.co

Paola Andrea Paladinez

Egresada del programa de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito Huila Colombia.

paolapaladinez@hotmail.com

Leydy Carolina Chilito

Egresada del programa de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia.

karo-ch@hotmail.com

---

### RESUMEN

La producción de café en términos de rendimiento es una variable considerada como de gran importancia; sin embargo, el mercado de cafés especiales se ha convertido en una tendencia mundial, planteando retos colectivos e individuales para incrementar la calidad de taza. El estudio se desarrolló en la zona cafetera del municipio de Pitalito (H), entre los 1500 y 1600 m.s.n.m., debido a la alta relevancia económica, social y

ambiental que se presenta por ser el mayor productor del grano en Colombia, lo cual tiene una relación directa sobre la oferta del producto para mantener la competitividad productiva del país, la incorporación en los mercados de cafés especiales, el sostenimiento de más de 17 000 familias y la amplia dependencia y aprovechamiento de los recursos naturales sobre la cuenca alta del río Magdalena. Se realizó un análisis univariado en el programa Infostat 2016, para comparar 3 tratamientos de fertilización, en donde se identificaron distintas calidades del suelo, analizando las variables calidad física del café (factor de rendimiento), calidad de taza (análisis sensorial) y producción de café (Kg c.p.s. ha<sup>-1</sup>). Se encontró que no existe diferencia significativa entre las 2 primeras, aunque sí tienen una alta importancia económica por su representación en la actividad comercial actual; sin embargo, existe diferencia significativa en la variable producción de café, lo cual permite inferir que la calidad física y de taza del café no dependen directamente de las condiciones de tratamiento de fertilización ni de la calidad de suelo en los lotes de estudio.

*Palabras clave: calidad de suelo, calidad de taza, producción de café, coffea arábica.*

## ABSTRACT

Coffee yield is considered a high relevant variable; however, specialty coffees market has turned into a worldwide trend, laying out both collective and individual challenges in order to increase cup quality. The study was developed in the coffee production zone in Pitalito (H), between 1 500 and 1 600 masl, due to its economic, social and environmental importance since it is the largest coffee producer in Colombia; which has a direct relationship between supply chain to keep production competitiveness, linkage to specialty coffee market, the sustenance of more than 17 000 families, and a wide reliance and damage of natural resources over the high basin of Magdalena river. A univariate analysis was conducted using Infostat 2016, in order to compare 3 production treatments with different soil quality characteristics, where the variables Physical Coffee Quality (Yield Factor), Coffee Cup Score (Sensorial analysis - Cupping) and Coffee Production (Kg c.p.s. ha<sup>-1</sup>) were analyzed. No significant differences were found in the first two, although they do represent a major economic importance due to actual trading impact; however, significant difference was found in Coffee Production, which allow to infer that both physical and cup coffee quality do not directly depend on fertilization treatments nor soil quality conditions in the evaluated plots.

*Keywords: soil quality, cup quality, coffee yield, coffea arabica.*

## INTRODUCCIÓN

Entre el 2008 y el 2012, el área de producción de café aumentó el 32 % en Pitalito-Huila, convirtiéndose en el mayor productor en Colombia, principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y al uso de tecnologías intensivas de producción (FNC, 2013). Estos sistemas tecnificados han generado impactos tanto positivos como negativos, favoreciendo la erosión del suelo (Sadeghian, 2007). Debido a esto, el desequilibrio en el balance integral del suelo es una realidad que favorece el deterioro de su calidad (Valbuena, 2014), teniendo en cuenta que se agotan las características físicas y químicas del mismo (FNC, 2011).

La compactación, aumento de acidez, y pérdida de material orgánico son notables (Sadeghian, 2007), lo cual da origen a una disminución de coloides en el suelo y por tanto baja capacidad de intercambio catiónico y disponibilidad de nutrientes necesarios para el cultivo, disminuyendo al mismo tiempo la capacidad de producción de café (c.p.s.) ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, y propone un sistema productivo no equilibrado en el mediano plazo (Qi *et al.*, 2009).

Más de 17 000 familias tienen su sustento de manera directa de este cultivo, por tanto, es necesario realizar investigaciones que permitan obtener información sobre la influencia que tienen los distintos procesos de producción y la calidad del suelo sobre factores determinantes como la calidad de taza. Al evaluar las variables aquí propuestas, en relación con los tratamientos de fertilización y de la calidad del suelo, se dará respuesta a sectores como la academia y al gremio de productores, de manera que se logre dar una identificación que conduzca a prácticas que puedan garantizar la sostenibilidad de los suelos.

Es así que se pretende evaluar el efecto de los diferentes niveles de fertilización y de calidad en suelos sobre la producción de café pergamino seco (c.p.s.) ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y la calidad de taza del café, incorporando de esta manera conceptos técnicos que permitan la toma de decisiones en los sistemas de producción de café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se implantó en la vereda Betania del municipio de Pitalito-Huila, con una topografía ondulada, altura de 1 750 m.s.n.m. coordenadas 1°48'05.62" N 76°05'20.99" O. El municipio de Pitalito cuenta con un clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando un clima templado aproximadamente entre unos 18 a 21°C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 °C.

Se utilizó un lote de 1 ha con diseño de BCA (bloques completos al azar) en donde se establecieron 3 tratamientos: T1. Orgánico con 5 repeticiones, T2. Químico con 5 repeticiones y T3. Orgánico-Mineral con 4 repeticiones, los cuales se diseñaron de estudio previo de evaluación de la calidad del suelo. Estos tratamientos son equivalentes a las 3 calidades de suelo mencionadas desde los objetivos del estudio.

Se realizaron 6 recolecciones en el periodo comprendido entre octubre del 2015 – enero del 2016, con intervalos de 3 semanas. Los datos se tomaron a partir de la recolección manual del café utilizando técnica tradicional para cosecha de producto en óptimas condiciones de maduración, según estándares de la Federación Nacional de Cafeteros. El tratamiento postcosecha fue efectuado según estándares de la misma organización, de manera que se pudiera tener un referente base para todos los tratamientos, sin que este afectara las condiciones del estudio.

En laboratorio se realizaron controles de calidad del producto mediante toma de muestras por método sensorial, a través del proceso de catación del café basados en los protocolos de la *Specialty Coffee American Association* (SCAA), y método físico a través del procedimiento para hallar el factor de rendimiento, el cual representa la relación entre el número de kg que deben maquilarse para llenar un bulto de 70 kg de café oro, es decir del café que se exporta una vez se retira el endocarpio (pergamino) del grano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra el análisis de varianza con un modelo univariado, permitiendo con la limitación de los datos obtener confiabilidad del 95 % para la diferencia entre medias, lo cual fue corroborado mediante Test LSD Fisher Alfa = 0,05. En los tres tratamientos se evidencia que no existe diferencia significativa a nivel de factor de rendimiento, debido a la escala de puntuación que se maneja en este tipo de prueba; pero es consecuente con la realidad de evaluación existente en el comercio y por tanto se analiza el resultado conforme las fórmulas que establece el mercado en estos momentos.

**TABLA 1.** ANOVA factor de rendimiento

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
FACTOR RENDIMIENTO	14	0,02	0,00	1,10

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,26	2	0,13	0,13	0,8765
TRATAMIENTO	0,26	2	0,13	0,13	0,8765
Error	10,60	11	0,96		
Total	10,86	13			

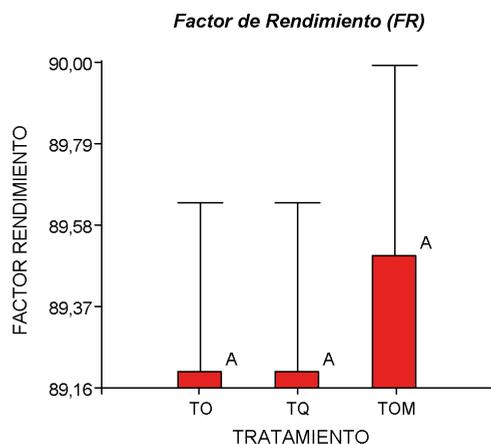
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18,70303

Error: 5,0000 gl: 1

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
TO	89,20	5	0,44 A
TQ	89,20	5	0,44 A
TOM	89,50	4	0,49 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 1.** Bloques factor de rendimiento

Fuente: elaboración propia.

La figura 1 muestra que no existe diferencia significativa entre los tres tratamientos, lo cual se ve evidenciado mediante la separación por letras del mismo literal. Aunque en la escala de barras se nota una amplia diferencia entre el TOM y los demás tratamientos, esta no es significativa a nivel comercial, debido a que las escalas que se manejan para evaluar el factor de rendimiento se dan en unidades de números enteros.

Los valores obtenidos señalan que el valor de factor de rendimiento fue independiente para cada uno de los tratamientos, obteniendo una evaluación media de 88 puntos, lo cual expresa que se requieren 88 kg de café oro (trillado) para llenar un saco de 70 kg tipo exportación.

**TABLA 2.** ANOVA calidad de taza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PUNTAJE TAZA	14	1,00	sd	0,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

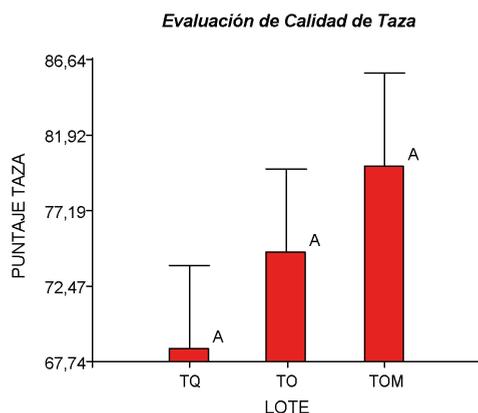
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1762,00	13	135,54	sd	sd
LOTE	1762,00	13	135,54	sd	sd
Error	0,00	0	0,00		
Total	1762,00	13			

Fuente: elaboración propia.

La tabla 2 muestra el análisis de varianza, con limitación de datos para obtener confiabilidad del 95 %; la diferencia entre promedios se realizó por Test LSD Fisher Alfa = 0,05. En los tres tratamientos se evidencia que no existe diferencia significativa en los puntajes obtenidos de calidad de taza, debido a la escala de puntuación que se maneja en este tipo de prueba; pero es consecuente con la realidad de evaluación existente en el comercio y por tanto se analiza el resultado conforme las fórmulas que establece el mercado en estos momentos.

Como se aprecia en la figura 2, la calificación de taza, realizada mediante el análisis sensorial descrito previamente y que se ajusta a la normatividad de la *Specialty Coffee American Association* (SCAA), establece, con una confiabilidad del 95 % ( $p > 0,05$ ), que no existen diferencias significativas según el Test LSD Fisher, el cual se utilizó para realizar separación entre medias e identificación mediante valores de letras. En este caso el TO obtuvo el menor puntaje con 68 puntos y el TOM el mayor con 80 puntos, siendo el TQ el tratamiento intermedio con puntaje igual a 74.

**FIGURA 2.** Bloques calidad de taza



Fuente: elaboración propia.

Lo anterior indica que, aunque existió diferencias en puntaje, no existe la representación estadística lo suficientemente fuerte como que establezca diferencias significativas entre los tratamientos, sino que los datos encontrados obedecen a una iteración aleatoria del agroecosistema. Sin embargo, se debe hacer claridad en que comercialmente cada punto tiene un valor muy alto, que es reconocido económicamente a los productores de café, por tanto, se abre un espacio para recomendaciones en el capítulo apropiado dentro de este estudio.

Cómo se muestra en la tabla 3, se realizó un análisis estadístico univariado para establecer si existen o no diferencias y su grado de significancia en cuanto a los tratamientos TO, TQ Y TOM implementados en el agroecosistema de café. En esta se muestra el total de repeticiones tomadas para cada tratamiento y la confiabilidad a través de los grados de libertad, en este caso 2, lo cual genera un límite dentro del análisis y sesgo amplio para el análisis de los datos. Sin embargo, mediante comparación de LSD Fisher ( $>0,05$ ) se pudo establecer que existen diferencias significativas entre los tratamientos de manejo productivo planteados dentro del estudio.

**TABLA 3.** ANOVA rendimiento en producción de café

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PRODUCCIÓN	14	0,72	0,67	17,42

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	117232642,86	2	58616321,43	14,27	0,0009
TRATAMIENTO	117232642,86	2	58616321,43	14,27	0,0009
Error	45199500,00	11	4109045,45		
Total	162432142,86	13			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18,70303

Error: 5,0000 gl: 1

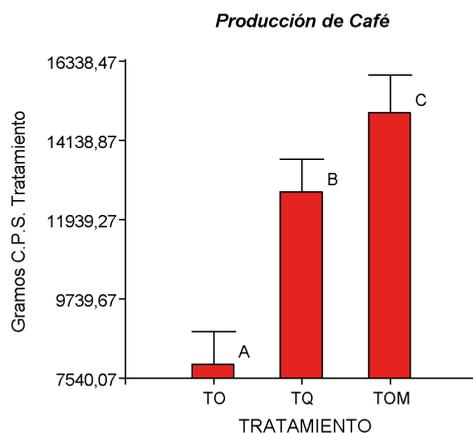
TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
TO	7940,00	5	906,54	A
TQ	12700,00	5	906,54	B
TOM	14925,00	4	1013,54	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 3, mediante la separación de la prueba de Fisher se establecen letras distintas por tratamiento, indicando que existen diferencias significativas a nivel estadístico. Para el caso del TO se obtuvo un menor valor, es decir la menor cantidad de café recolectado durante el tiempo de la cosecha que comprendió el estudio, expresado en kilogramos de café pergamino seco por hectárea ( $\text{kg c.p.s. ha}^{-1}$ ). El TQ presentó el valor medio y el TOM aparece con el mayor valor de producción encontrando una diferencia de  $6\,985 \text{ kg c.p.s. ha}^{-1}$  entre el TO y el TOM, para un valor cercano al 50 % de diferencia entre los tratamientos.

**FIGURA 3.** Bloques rendimiento producción de café



Fuente: elaboración propia.

Sadeghian (2007) afirma que la calidad de los suelos referida al objetivo de producción es el indicador más utilizado para evaluar sus características en función de una variable; debido a su alto impacto a nivel económico. Por lo que encontrar diferencias significativas sobre el rendimiento en la producción de café es de gran relevancia y permite establecer criterios claros sobre la influencia que tienen las tecnologías de producción sobre esta variable, la cual sin duda es uno de los factores principales para el sostenimiento de la población beneficiaria de este proyecto, los productores.

Es necesario anotar que el TOM incluyó fertilizantes orgánico-minerales y productos de síntesis química que son implementados en la zona y que reflejan la necesidad de mantener la calidad de suelo desde un balance nutricional, pero también son reflejo del aporte que debe existir en torno a los colides del suelo, ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelánico, entre otros, los cuales son de vital importancia para el café. También es necesario anotar que TO y TQ por sí solos no son capaces de proporcionar las condiciones necesarias para sostener la producción de café a niveles más apreciables.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se identificaron los valores de producción, factor de rendimiento y calidad de taza para cada uno de los tratamientos, en función de la calidad del suelo arrojada en cada uno de ellos, es decir a través de los tres tratamientos establecidos en un proyecto anterior. Para cada variable se indicaron tablas de medias y se realizó el análisis de diferencias entre medias para establecer significancia con nivel de confiabilidad estadísticos  $p > 0,05$ .

No se observaron diferencias significativas entre las variables factor de rendimiento calidad de taza, y los tratamientos que establecían los niveles de calidad del suelo, teniendo en cuenta que las medias según comparación de LSD Fisher no fueron significativas y por ende representadas por la misma letra; indicando así que estas dos variables son independientes de la incidencia de calidad del suelo y que surgen por procesos aleatorios en la producción de café.

Se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos de calidad del suelo y la variable producción, lo cual indica una fuerte relación entre el tipo de tecnología que se aplica en la producción y la variable más representativa para la misma, teniendo en cuenta que depende de esta en su mayoría la sostenibilidad de los sistemas que mantienen a los productores y a sus familias.

Debido a esto se establece el TOM como el tratamiento de mayor representación, capaz de brindar las mejores condiciones dentro de los límites de este estudio para garantizar una alta diferencia en términos de producción del grano, sin que las variables físicas y sensoriales del café se vean significativamente afectadas.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de calidad; sin embargo, comercialmente los puntajes obtenidos sí tienen una incidencia económica importante, por lo cual se sugiere utilizar mayor número de repeticiones para dar más confiabilidad en los datos o proponer una escala de evaluación multivariada que incluya la variable de taza en función del precio obtenido por cada punto de la evaluación.

Por otro lado, es necesario extender el estudio a una serie repetida de años, teniendo en cuenta que la producción del café en la zona tiene un comportamiento bienal, en donde un año se produce más que el otro y esto se convierte en una fuente de variación para un futuro estudio. Además, las variables del suelo a partir del efecto de los tratamientos establecidos pueden verse afectadas a partir de 1 o más años, por lo cual el tiempo tenido en cuenta para el desarrollo de este estudio es limitado y se requiere la continuidad de los mismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Federación Nacional de Cafeteros. (2011). *Comportamiento de la industria cafetera colombiana*. FNC.

Federación Nacional de Cafeteros. (2013). *Comportamiento de la industria cafetera colombiana*. FNC.

Qi, Y., Darilek, J. L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W. y Gu, Z. (2009). Evaluating Soil Quality Indices in an Agricultural Region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, **141**(3-4), 325-334. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.12.015>

Sadeghian, S., Salamanca, A. y Cardona, D. (2007). *Indicadores de la calidad del suelo en algunos agroecosistemas de la zona cafetera colombiana*. CENICAFE.

Valbuena, O. 2014. *Evaluación de la calidad del suelo en plantaciones de Coffea arabica L. var. Caturra, en tecnologías de producción intensiva y tradicional en Pitalito-Huila* [Tesis de grado]. Universidad de la Amazonía.

## 2.5 CAPACIDAD DE ADAPTABILIDAD DE SEIS BIOTIPOS DE LA ESPECIE *GUADUA ANGUSTIFOLIA* KUNTH EN BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO, EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO MAGDALENA, COLOMBIA

---

Nelly María Méndez Pedroza

Doctora en Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito Huila Colombia. Líder ECAPMA ZSUR – Directora Grupo de Investigación INYUMACIZO  
nelly.mendez@unad.edu.co

William Ignacio Montealegre Torres

Magíster en Administración de Organizaciones, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Pitalito Huila Colombia. Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Colombia  
william.montealegre@unad.edu.co

---

### RESUMEN

En la cuenca hidrográfica del río Guarapas, localizada en la parte alta del río Magdalena, hace presencia cultural y ancestral la especie natural renovable de flora silvestre no maderable *Guadua angustifolia* Kunth con sus diversos usos y manifestaciones. Sin embargo, no hace parte de la economía familiar por la falta de organización para el aprovechamiento, desconocimiento de sus servicios ambientales, sus atributos físicos y mecánicos y sus biotipos con características diferenciales. En la presente investigación se profundizó en el conocimiento de la *Guadua angustifolia* Kunth a través del estudio de sus biotipos (macana, nigra, castilla, bicolor, cebolla), considerando que la especie es una sola y su diferenciación o especialización se debe a las condiciones agroecológicas del sitio donde se desarrolla. Adicionalmente, se evaluó su adaptabilidad en vivero bajo distintas condiciones físicas y agroecológicas. Los resultados indican que de acuerdo con

las variables determinantes (crecimiento en altura y número de rebrotes), no existen diferencias significativas entre los biotipos evaluados, así como en el número de rebrotes. Esta investigación es un primer paso para continuar analizando con mayor nivel de detalle la especie, considerando que el crecimiento en altura exige primero a la planta de guadua reproducirse y generar sus rebrotes asegurando la supervivencia.

*Palabras clave: agroecología, rebrotes, reproducción, sostenibilidad.*

## ABSTRACT

In the Guarapa's river basin, located in the upper of the Magdalena's river, there are cultural and ancestral presence the natural and renewable specie of native plant life not timber *Guadua angustifolia* Kunth with its diverse uses and manifestation. However, it is not part from the familiar economy, due to lack of organization to use it, unknowing of environmental services, its physical and mechanic qualities and biotypes with its distinguishing characteristics.

This research was focused on knowing of the *Guadua angustifolia* Kunth through the study of biotypes (Macana, Nigra, Castilla, Bicolor, Cebolla) considering the specie is unique, and its distinguishing or specialization belongs to the agro-ecological place where its developed. Additionally, it was evaluated the adaptability in nursery under different physical conditions and agro-ecological.

The results showed that according to the decisive variables (growth in high and number of regrowths), it does not exist significatives differences between assessed biotypes, as well as the number of regrowths.

This research is the first step to continue analyzing in a deeper level of detailing the specie, considering the growth in high, first of all requires to the guadua's reproduction plant and generate its regrowth ensuring the survival.

*Keywords: agro-ecology, regrowth, reproduction, sustainability.*

## INTRODUCCIÓN

El grupo de investigación del macizo colombiano INYUMACIZO, ha formulado el Plan Prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la guadua para la cuenca hidrográfica del río Guarapas (INYUMACIZO, 2012), afluente del río Grande de la Magdalena parte alta, sur del departamento del Huila, desde lo local a lo global. (Montealegre-Torres *et al.*, 2016). Este ejercicio ha permitido forjar un concepto claro y estratégico del plan prospectivo en una realidad fáctica, logrando definir el escenario apuesta se ha requerido el conocimiento de los biotipos de la especie *Guadua angustifolia* Kunth presentes en el territorio, partiendo de la hipótesis que establece que la guadua es una sola y las diferencias en su estructura interna y externa se derivan de las condiciones agroecológicas del sitio donde se desarrollan.

Sus diferencias son notorias y el avanzar hacia su conocimiento, requiere de estudios cada vez más especializados por biotipo, desde su reconocimiento en campo, pasando por su reproducción y realizando los estudios de propiedades físicas y mecánicas hacia la mejor utilización de los biotipos existentes en el territorio, de acuerdo con las condiciones agroecológicas específicas.

Para la realización de este estudio, se tomó como base lo planteado por Méndez-Pedroza (2015) y Cuellar-Bahamón (2016), respecto al uso futuro de terrenos sembrados en guadua en la zona sur colombiana, donde se manifiesta que se tiene como finalidad la utilización de dichos terrenos para aprovechamientos futuros, buscando la sostenibilidad del recurso y la conservación de la base genética a partir de la protección de los bancos de germoplasma en los mismos rodales.

La *Guadua angustifolia* Kunt es el bambú endémico de América y se considera como nativo de Colombia, Venezuela y Ecuador, siendo introducida a México y varios países centroamericanos. La especie es un bambú gigante, espinoso, con culmos erectos y huecos que alcanzan alturas hasta de 25 metros, diámetros entre 10 y 25 cm y entrenudos con paredes de hasta de 2 cm de espesor (Teneche, 2007).

El bambú es una planta autosostenible, de rápido crecimiento que trabaja en red. Con el bambú se pueden solucionar los problemas ambientales, sociales y económicos que afectan a un lugar, un país o una región. Colombia en diversidad de bambúes es el segundo país de América, después de Brasil, con 18 géneros, 105 especies (Londoño, 2011). Además de prestar múltiples servicios ecosistémicos como lo mencionado por (Muñoz, *et al.*, 2017), donde los aspectos mejor valorados fueron la biodiversidad, la protección del agua y del suelo, la captura de CO<sub>2</sub> y la regulación de la temperatura mediante som-

bra; respecto a captura de Carbono, (García-Soria y Del Castillo-Torres, 2015), demostró que el contenido de C total fue de 242,66 toneladas de carbono por hectárea.

De acuerdo a información secundaria, los biotipos de la *Guadua angustifolia* Kunth son la *Guadua angustifolia* variedad bicolor; *Guadua angustifolia* nigra; *Guadua angustifolia* biotipo cebolla; *Guadua angustifolia* biotipo macana; *Guadua angustifolia* biotipo castilla; *Guadua angustifolia* biotipo cotuda (Teneche, 2007).

El proyecto consta de dos etapas, de vivero y de campo. Ha requerido de la siembra en campo de los seis biotipos de la *Guadua angustifolia* Kunth, lo que permitirá abrir el camino de la investigación de los sitios apropiados para su plantación, de acuerdo a sus características propias y a las necesidades del mercado (Méndez-Pedroza, 2015).

El objetivo del ensayo ha sido evaluar la adaptabilidad de seis biotipos de la especie *Guadua angustifolia* Kunth en el Bosque Húmedo Premontano, en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, predio Marengo, municipio de Pitalito-Huila. Para desarrollarlo, se plantearon los objetivos específicos: analizar el prendimiento de las plántulas de guadua y desarrollar un análisis descriptivo para definir diferencias significativas entre los seis biotipos de la especie *Guadua angustifolia* Kunth.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de estudio se define como exploratorio descriptivo, no experimental, con enfoque cuali-cuantitativo (Ferrer, 2010), sobre trescientas unidades de *Guadua angustifolia* Kunth en la etapa de vivero y en la etapa de campo, en diseño de bloques al azar, veinticinco plantas por parcela/biotipo, dos bloques, distancia de siembra 5 x 5 metros en cuadro; donde se tomó la información a las nueve plantas centrales para evitar el error de borde.

El tiempo establecido para esta etapa fue de tres meses, a partir del 01 de noviembre de 2016. Para uniformizar el ejercicio, se sembraron cincuenta unidades de cada uno de los biotipos de *Guadua angustifolia* Kunth. La toma de información se hizo cada quince días.

No se tuvo como opción la germinación *in vitro*, dado que con los resultados obtenidos en una previa investigación (Ramírez-Correa *et al.*, 2014) se confirma que son necesarios protocolos eficientes de micropropagación, debido a la complejidad del establecimiento en el cultivo *in vitro* de *Guadua angustifolia*.

Se procedió a la siembra directa en bolsa polietileno 18 x 23, tierra negra mezclada con arena de río en proporción 1:3 y una unidad de micorriza comercial. Riego tres veces al día con agua lluvia colectada. Una vez llenadas las bolsas se ubican en áreas de un metro de ancho y con longitud apropiada para el número de plántulas. La siembra se realiza en las bolsas de polietileno, una estaca por bolsa. Los ecotipos son separados y debidamente marcados con placas azules.

En esta etapa se realizan las mediciones de la etapa de vivero: el diámetro basal, que se toma en la base de la plántula con un pie de rey y la altura, que se toma desde la base de la plántula y hasta la yema apical con una cinta métrica. Los datos obtenidos se consignan en una planilla de campo prediseñada, índice de robustez, que, según lo expuesto por Word y Burley (1995) citados por Benavides y Mejía (2003), se calcula dividiendo la altura entre el diámetro de cada individuo; para este estudio se realiza por cada uno de los individuos seleccionados por biotipo. Se promediaron los datos para obtener el índice de robustez, procedimiento realizado para cada período.

Por otra parte, el porcentaje de sobrevivencia, según Arroyo y Ramírez (1998) citados por Benavides y Mejía (2003), es un indicador de adaptabilidad de una especie en una zona, determinado por los individuos o plantas que en su crecimiento inicial han sobrevivido o soportado las condiciones ambientales, adaptándose a los requerimientos climáticos y edáficos exigidos por la especie que le permiten un normal desarrollo vegetativo. Pero, dadas las particularidades del ensayo, en consenso entre los investigadores, se ha decidido tomar una nueva variable, como es el número de rebrotes por biotipo, que se define como el conteo de los rebrotes o nuevas plántulas que emergen del mismo nudo, por plántula sembrada.

En junio de 2017, al iniciar un periodo de lluvias, luego de meses de época seca producto del denominado fenómeno del niño, fue necesario postergar la siembra en el sitio definitivo. Una vez terminó el fenómeno del niño, emergió el fenómeno de la niña, que consiste en lluvias torrenciales, que inundan terrenos.

El predio seleccionado corresponde a la finca Marengo (figura 1) de propiedad de la Corporación Autónoma del río Magdalena (CORMAGDALENA), cedida en comodato a la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), sede administrativa de la dirección territorial sur, que comprende la jurisdicción de nueve municipios de la zona sur del Huila.

**FIGURA 1.** Distribución de las unidades de guadua en la parcela, predio Marengo, municipio de Pitalito.



Fuente: elaboración propia.

En la etapa de campo se sembraron, a distancia de cinco por cinco metros (figura 2), veinticinco plantas por parcela, por biotipo por bloque, con un bloque réplica, para un total de trescientas plantas. Se tomó la información de las nueve plantas centrales, durante doce meses, de junio de 2017 a mayo de 2018, luego de una época seca denominada fenómeno del niño y de una época húmeda denominada fenómeno de la niña.

El predio Marengo, donde se estableció la parcela, limita con la vía nacional Pitalito – Mocoa, a doscientos metros, cerca de la laguna natural Marengo. La plantación de guadua sirvió de protección y aislamiento a la laguna, la cual ya posee un proceso de reforestación con especies nativas.

Una vez seleccionado el sitio del experimento, se ha necesitado de las condiciones climáticas apropiadas, pues, debido a que en el segundo semestre de 2016 y el primer trimestre de 2017 se presentó el fenómeno del niño y de la niña, hubo que esperar a que las condiciones de humedad del suelo fueran aptas para una reforestación y no arriesgar el material vegetal por cumplir con unos tiempos – plazos.

Se realizaron procesos de alinderado, estacado y señalizado con cintas de colores respecto al biotipo a establecer y se esperó una semana de tiempo seco para iniciar las labores de hoyado y siembra.

**FIGURA 2.** Distribución de las unidades de guadua en la parcela

X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

Se diseñaron bloques al azar (figura 3), con parcelas cuadradas, de 25 por 25 metros, unidades de guadua sembradas a 5 x 5, para un total de 25 por biotipo, 150 por bloque, dos bloques, para un total de 300 unidades de los biotipos castilla, cotuda, macana, bicolor, nigra, cebolla. Las variables seleccionadas fueron crecimiento en altura y número de rebrotes. De las veinticinco unidades, se seleccionaron las nueve unidades de guadua del centro, para la toma de información y evitar errores de borde.

**FIGURA 3.** Distribución en campo de los biotipos de *Guadua angustifolia* Kunth, por bloques al azar

Castilla	Macana	Cebolla	Cotuda	Nigra	Bicolor
Macana	Nigra	Bicolor	Cebolla	Castilla	Cotuda

Fuente: elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ETAPA VIVERO

Diámetro basal, crecimiento en promedio 0,2 centímetros, con promedio inicial de 1,15 cm. Y promedio final de 1,35. El menor 0,14 y el mayor 0,27. Diferencia no significativa.

Altura: el crecimiento en promedio alcanzó alturas de 18,5 cm, el menor 28 y el mayor 32, con crecimiento promedio diario de 0,2 cm día. Diferencia no significativa.

Mortalidad – Supervivencia: Se estableció una mortalidad promedio del 11,3 %, siendo la mayor la guadua negra con 14 % y la menor la castilla con 8 %. De 300 unidades de guadua sobrevivieron a la etapa de vivero, noventa días, 266 plántulas. Diferencia no significativa.

Índice de robustez: (tabla 1) presentó un promedio inicial de 11,0 y final de 23,0; el menor con 20,9 y el mayor con 25,2. Diferencia no significativa (Méndez y Montealegre, 2017).

**TABLA 1.** Índice de robustez de los biotipos de guadua

Biotipo	Índice de robustez		Incremento robustez
	Inicial	Final	
Bicolor	10,0	23,5	13,5
Nigra	12,7	23,0	10,2
Cotuda	10,0	22,2	12,2
Cebolla	10,0	25,2	15,2
Macana	11,7	20,9	9,2
Castilla	11,8	23,4	11,5
Subtotal	66,2	138,2	71,9
Promedio	11,0	23,0	12,0

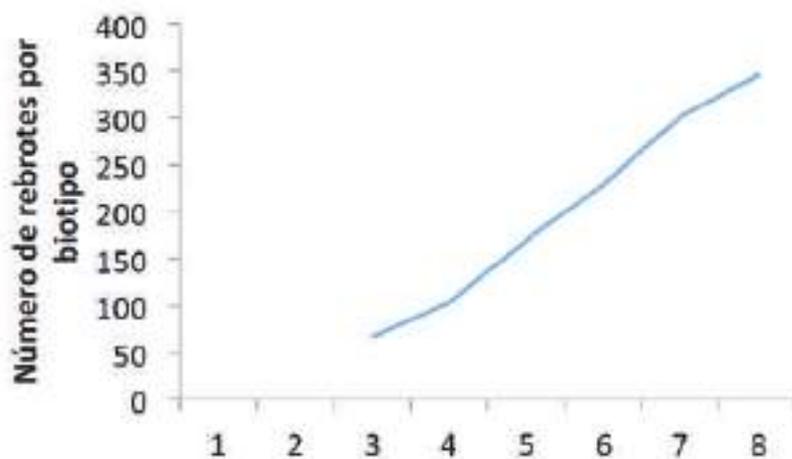
Fuente: elaboración propia.

Número de rebrotes: promedio rebrotes/biotipo con 58 plántulas, con un total de 346 unidades (tabla 2, figura 4). La menor la guadua bicolor con 30 y la mayor la guadua macana con 81.

**TABLA 2. NÚMERO DE REBROTOS DE LOS BIOTIPOS DE GUADUA**

Rebrotos									
Biotipo	Iniciales	Fecha inicio toma información	Mes I		Mes II		Mes III		Incremento
01/11/2016									
Bicolor	50		14	10	17	25	27	30	16
Nigra	50		8	11	19	28	34	39	31
Cotuda	50		6	11	17	24	35	42	36
Cebolla	50		14	19	36	47	69	75	61
Macana	50		16	31	47	52	64	81	65
Castilla	50		9	22	34	53	73	79	70
Subtotal	300		67	104	170	229	302	346	279
Promedio								58	47

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 4. Resultados rebrotos por biotipo, proyecto adaptabilidad biotipos guadua Pitalito 2017**


Fuente: elaboración propia.

## ETAPA SITIO DEFINITIVO

### Altura de rebrotes

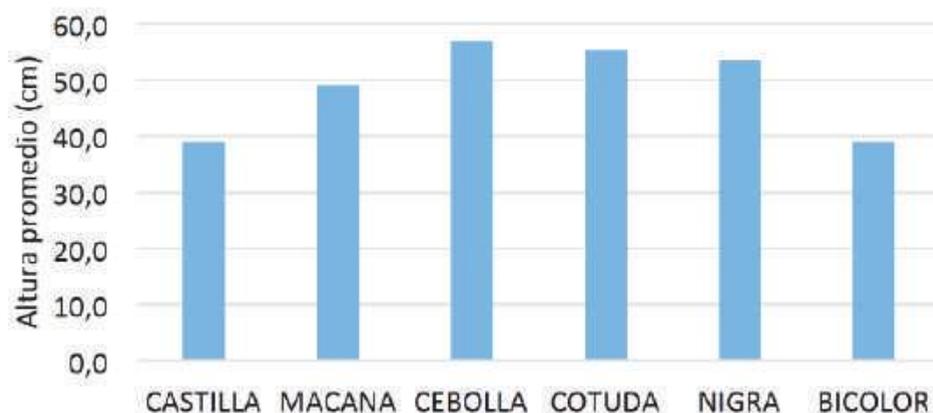
En cada parcela, definida como el área destinada para ubicar los 25 individuos de guadua, se tomaron las nueve unidades de guadua ubicadas en el centro de la parcela, para evitar el error de borde (tabla 3, figura 5). Se tomó la variable altura total, dado que en las diferencias en diámetro era deducible que no existían diferencias en su evolución.

**TABLA 3.** *Altura promedio de rebrotes en los biotipos de guadua*

Biotipo	Castilla	Macana	Cebolla	Cotuda	Nigra	Bicolor	Sumatoria	Promedio
Altura promedio (cm)	38,9	49,1	57	55,3	53,6	38,9	292,8	48,8

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 5.** *Crecimiento por biotipo de guadua en centímetros*



Fuente: elaboración propia.

La tabla 3 y la figura 5 presentan los resultados en crecimiento en sitio definitivo de los seis biotipos de *Guadua angustifolia* Kunth analizados desde junio de 2017 a mayo de 2018 (doce meses de siembra). Los resultados permiten deducir que las alturas son similares, que no existe diferencia definitiva y que los mayores resultados en alturas se muestran en los biotipos cebolla, cotuda y nigra, con alturas promedios de 57, 55,3 y 53,6 centímetros, mientras las más pequeñas son castilla y bicolor, con 38,9 centímetros de altura.

## Número de rebrotes

Una variable determinada en campo corresponde al número de rebrotes por unidad de guadua (planta), por parcela y por biotipo, encontrado en la etapa de siembra definitiva en campo.

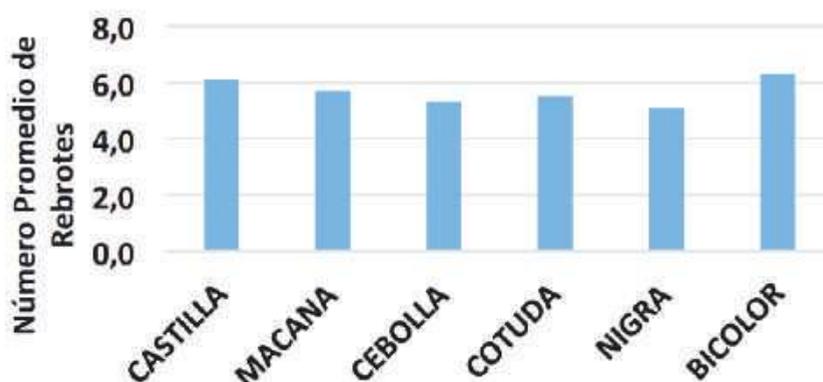
**TABLA 4.** Los resultados obtenidos por planta, parcela y biotipo en número de rebrotes

Biotipo	Castilla	Macana	Cebolla	Cotuda	Nigra	Bicolor	Sumatoria	Promedio
Promedio rebrotes (número)	6,1	5,7	5,3	5,5	5,1	6,3	34,0	5,7

Fuente: elaboración propia.

La tabla 4 y figura 6 muestran el número de rebrotes por planta, por parcela y por biotipo, en un espacio de tiempo de doce meses, desde junio de 2017 a mayo de 2018, logrando establecer los biotipos bicolor y castilla cuentan con sumatorias mayores, alcanzando rebrotes de 113 y 109 unidades en las 18 plantas, con promedio de 6,3 y 6,1 rebrotes por planta, siendo de menor número de rebrotes los biotipos nigra y cebolla, con 5,1 y 5,3 por planta, para un promedio general por biotipo de 5,7 rebrotes por planta.

**FIGURA 6.** Promedio de rebrotes por biotipo de guadua



Fuente: elaboración propia.

En desarrollo del plan prospectivo y estratégico se ha planteado el profundizar el conocimiento de la guadua, por lo que una estrategia es el estudio de sus biotipos, partiendo de la hipótesis que plantea que la *Guadua angustifolia* Kunth es una sola y su diferenciación o especialización se debe a las condiciones agroecológicas del sitio donde se desarrolla.

Para definir el estudio de biotipos se toma el referente de Londoño (2004), quien los denomina como cebolla, macana, cotuda y castilla, y manifiesta que estos biotipos o formas responden a condiciones climáticas y edáficas específicas. Por su parte Camargo (2006) manifiesta que se debe considerar la variación genética y las prácticas de manejo, que pueden ser importantes para explicar la variación en productividad y calidad de la guadua.

Para ello, se ha acudido a las organizaciones sociales que han avanzado en su conocimiento, recorrido territorios y adquirido plántulas seleccionadas en el sitio, en el eje cafetero, en Armenia, en predios que por su clasificación visual son reconocidos los biotipos, para que luego del proceso de adaptabilidad y ensayo en vivero, analizar su adaptabilidad a las condiciones físicas y agroecológicas de la parte alta del río Magdalena, bosque húmedo Premontano, 1 238 m.s.n.m.

Mediante un ensayo de adaptabilidad, a partir de estacas, siembra directa en bolsa negra de 12 x 18, sustrato tierra negra y arena en proporción 3:1, enraizador y micorriza, se presentan los resultados de la etapa de vivero, en noventa días, de los seis biotipos, con diferencias no significativas en las variables. Diámetro basal con incremento de 0,04 cm, altura con promedio de crecimiento de 18,5 centímetros, índice de robustez de 23, sobrevivencia con un 88,7 %. Además, se ha incluido la nueva variable número de rebrotes que alcanza un incremento del 93 %, lo que indica que se sembraron 300 unidades y ahora se poseen 579, lo que permite deducir que los biotipos se adaptan a las condiciones de vivero en zona húmeda Premontana.

Ya sembradas en la finca Marengo, mediante el diseño bloques al azar, una parcela por biotipo, seis parcelas por bloque, 25 unidades de guadua (planta) por parcela, distancia de siembra 5 x 5 metros, en cuadro; los datos se tomaron de las nueve plantas centrales, para evitar el error de borde. En total 300 plantas, dos bloques, que permite concluir que no hay diferencias significativas importantes en el ensayo.

Se precisa mencionar lo manifestado por Posso-Terranova (2011) sobre la diversidad genética y estructura poblacional de la guadua, donde se concluye que se forman dos grupos donde pueden diferenciarse entre biotipos de guadua y que existe una baja diversidad genética de los materiales evaluados. Así mismo, estudios moleculares han indicado que la diversidad genética al interior de esta especie no es significativa y que las variaciones observadas parecen estar influenciadas por el ambiente (Marulanda *et al.*, 2002; Marulanda *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2009).

## CONCLUSIONES

El proyecto “Ensayo de adaptabilidad de seis variedades de la especie bambú guadua en Bosque Húmedo Premontano, cuenca hidrográfica río Guarapas, predio Marengo municipio Pitalito Huila, en zona de protección de la laguna Marengo”, que ha constado de dos etapas, han concluido en el primer año de siembra en sitio definitivo. En su primera etapa, la etapa de vivero, los resultados revelan que no existen diferencias significativas entre biotipos. Al no presentar diferencias significativas, se deduce que las condiciones del vivero han sido uniformes para todos los biotipos y que sus diferencias se refieren a su grado de adaptabilidad. Puede deducirse, dados los resultados presentados como diámetro, altura, robustez, sobrevivencia, que los biotipos se adaptan a las condiciones presentadas en el vivero.

Una variable nueva, estimada como el número de rebrotes por biotipo, permite garantizar la sobrevivencia de la especie y su fácil reproducción en vivero. Un buen número de rebrotes que se acerca y seguramente superará al número de estacas sembrados en corto tiempo.

Las variables determinantes, crecimiento en altura y número de rebrotes, permiten deducir que no existen diferencias significativas entre biotipos, dada la escasa diferencia matemática entre biotipos. Pueden destacarse, en crecimiento en altura, los biotipos cebolla y cotuda con alturas de 57 y 55,3 centímetros, teniendo en cuenta que el promedio general ha sido 48,8 centímetros por planta.

Respecto a la variable número de rebrotes, se puede deducir que no existen diferencias significativas, pero sí un elemento nuevo para continuar analizando. Los biotipos de mayor número de rebrotes por planta son bicolor y castilla, con 6,3 y 6,1, donde el promedio general ha sido 5,7 rebrotes por planta.

Durante la etapa de plantación, el clima ha jugado un papel muy importante, pues dado su cambio repentino e inesperado, de acuerdo con los promedios mensuales establecidos para la zona y la cercanía a la laguna Marengo, ha influido en el desarrollo de la plantación, sin embargo, como se observa en la toma de muestras mensuales, la recuperación de las plántulas, que se daban por muertas, exige un mayor nivel de detalle y un mayor tiempo de análisis, dada esta característica de cercanía a la laguna.

Es viable suponer que el crecimiento en altura, exige primero a la planta de guadua reproducirse, generar nueva vida mediante sus rebrotes y expandir su resistencia generando su supervivencia. El menor crecimiento en altura se debe a que la planta debe generar sus rebrotes asegurando su supervivencia, lo que exige un mayor nivel de detalle en investigaciones futuras.

Para una plantación hipotética de una hectárea, con distancias de siembra de 5 x 5, para un total de 400 plantas por hectárea, puede deducirse, en un año, un número de 2280 unidades de guadua. Para un segundo año, es de suponer que ese número será superado, como el crecimiento en altura.

Una primera recomendación es continuar la investigación en campo y en lo posible replicar este ensayo con otros tipos de reproducción, otros tipos de sustratos para el llenado de las bolsas, réplica en otros sitios, siembra directa, entre otros.

Además, es necesario continuar la investigación sobre propiedades físicas y mecánicas para cada biotipo de *Guadua angustifolia* Kunth, para cada vez ampliar el conocimiento sobre sus diferencias y oportunidades en el mercado.

Dada la revisión de literatura y la poca información relevante, finalmente sería ideal llamar a un diálogo de saberes entre expertos, una vez terminada la investigación actual, para que se establezca el rango genealógico de este ejercicio académico, si se clasifica como variedad o como biotipo o forma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benavides, C y Mejía, V. (2003). *Establecimiento y evaluación inicial de un arboretum con ocho especies nativas en la Granja Botana* [Tesis de grado]. Universidad de Nariño.

Camargo, J. C. (2006). *Growth and productivity of the bamboo species Guadua angustifolia Kunth in the coffee region of Colombia* [Tesis de doctorado]. University of Göttingen.

Cuellar-Bahamón, A. (2016). Estudio prospectivo de la cadena productiva de la guadua en el sur del departamento del Huila, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(2). <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/29607>

Ferrer, J. (2010). *Tipos de investigación y diseños de investigación*. Conceptos básicos de metodología de la investigación. <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>

García-Soria, D. y Del Castillo-Torres, D. (2015). Estimación del almacenamiento de Carbono y estructura en bosques con presencia de bambú (*Guadua sarcocarpa*) de la comunidad nativa Bufeo Pozo, Ucayali, Perú. *Folia Amazónica*, 22(1-2), 105-113. <https://doi.org/10.24841/fa.v22i1-2.53>

INYUMACIZO, G. D. (2012). *Promoción, innovación y desarrollo industrial de la guadua (Guadua angustifolia Kunth), en la cuenca hidrografica del río Guarapas, departamento del Huila Colombia*. Pitalito.

Londoño, X. (2004). Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del Nuevo Mundo. En B. Ramírez-Padilla y D. Macías-Pinto (Eds.), *Memorias III Congreso Colombiano de Botánica*. Universidad del Cauca.

Londoño, X. (2011). El bambú en Colombia. *Biotecnología vegetal*, 11(3), 143-154. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/485/882>

Marulanda, M. L., Márquez, P. y Londoño, X. (2002). AFLP's analysis of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoid eae) in Colombia with emphasis in the Coffee Region. *Bamboo science & culture*, 16(1), 32-42. <https://bamboo.org/ABSJournalArchive/ABSJournal-vol16.pdf>

Marulanda, M., López, A. M. y Claroz, J. L. (2007). Analyzing the genetic diversity of *Guadua* spp. in Colombia using rice and sugarcane microsatellites. *Crop breeding and Applied Biotechnology*, 7(1), 43-51. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20073146356>

Mendez-Pedroza, N. M. (2015). *Obtenido de Diagnóstico de guaduales y propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua (Guadua angustifolia Benth), con participación comunitaria en la Cuenca hidrográfica del río Guarapas, zona sur* [Tesis doctoral]. Universidad Católica de Ávila. <http://ucav.odilotk.es/opac?id=00045859>

Méndez-Pedroza, N. M. y Montealegre-Torres, W. I. (2017, 26 de abril). Adaptabilidad de biotipos de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) etapa vivero en bosque húmedo premontano, cuenca hidrográfica río guarapas, predio marengo municipio Pitalito, Huila. *Documentos De Trabajo ECAPMA*, (1). <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.1831>

Montealegre-Torres, W. I., Cuellar-Bahamon, A. y Méndez-Pedroza, N. M. (2016). *Formulación del plan prospectivo y estratégico. Consolidación cadena productiva de la guadua angustifolia en la Cuenca hidrográfica del río Guarapas Huila Colombia*. Editorial Académica Española.

Muñoz-López, J., Camargo-García, J. C. y Romero-Ladino, C. (2017). Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la “jerarquización y calificación”. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 222-231

Posso-Terranova, A. M. (2011). *Diversidad genética y estructura poblacional de la Guadua angustifolia en el eje cafetero colombiano* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8369>

Ramírez-Correa, L. A., Granados-Moreno, J. E. y Carreño-González, N. E. (2014). Evaluación del efecto de tratamientos de desinfección con hipoclorito de sodio sobre segmentos nodales de *Guadua angustifolia* Kunth para el establecimiento del cultivo in vitro. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 105-109. <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/944/928>

Teneche, G. (2007). *Estudio 5. Guadua y Bambú Colombia (GBC)*. <http://guadua-bambu.es.tl/Estudio-5.htm>

Torres, L., López, D. C., Palacio, J. D., Duque, M. C., Pérez-Galindo, C. A., González-Vargas, A. y Cárdenas-Henao, H. (2009, septiembre). *Evaluation of the Polymorphic of Microsatellites Markers in Guadua angustifolia (Poaceae: Bambusoideae)* [Ponencia]. VIII World Bamboo Congress, Bangkok, Tailandia.

## 2.6 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE UN BOSQUE URBANO EN LA CIUDAD DE NEIVA, HUILA

---

Mauro Albeiro Bravo Gaviria

Ingeniero Agroforestal, Especialista en Biotecnología Agraria, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia  
mabrga6@gmail.com

Guillermo Edmundo Caicedo Diaz

Ingeniero Agrónomo, Especialista en Formulación y evaluación de proyectos de desarrollo social, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia  
diguillerm@gmail.com

Juan Pablo Herrera Cerquera

Ingeniero Ambiental, Especialista en Alta Gerencia, Magíster en Marketing Digital y Comercio Electrónico, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia  
jherrera1155@gmail.com

---

### RESUMEN

Esta investigación se realizó en la ciudad de Neiva, departamento del Huila, sobre un bosque urbano de tres hectáreas en la ribera del río Magdalena, sector del barrio Carlos Pizarro. El bosque se encuentra junto a la zona urbana de Neiva por lo cual presenta problemas de contaminación, degradación y deforestación, esto ha generado la necesidad de la restauración ecológica que ha sido liderada por los habitantes del barrio, sin embargo, no se cuenta con un estudio que proporcione líneas base para la selección adecuada de las especies arbóreas en la reforestación. El objetivo de esta investigación consistió en identificar la composición florística, el índice de valor de importancia (IVI) y el cociente de mezcla (CM) como indicadores de biodiversidad y de planificación. Se realizó una investigación descriptiva a través de un muestreo sistemático en 12 parcelas de 100 m<sup>2</sup>. Se muestrearon todos los individuos con diámetro a la altura de pecho (DAP)  $\geq$  1cm, se registró la familia, nombre común y nombre científico, el IVI se obtuvo a través de la suma de la abundancia relativa (Ar), frecuencia

relativa (Fr) y dominancia relativa (Dr). El CM se obtuvo al relacionar el número total de especies con el número total de individuos. Se identificaron 119 individuos pertenecientes a 17 géneros correspondientes a 12 familias desatándose la familia fabaceae. El IVI posicionó a la especie *Guazuma ulmifolia* como la de mayor peso ecológico a diferencia de *Machaerium capote* y *Trichilia trifolia* que presentaron el menor peso ecológico por lo que se recomienda la selección y siembra de estas especies como primera opción en jornadas de reforestación. Se obtuvo un CM de 1:7 posicionando este lugar como un bosque diverso.

**Palabras clave:** *bosque urbano, composición florística, índice de valor de importancia, restauración ecológica.*

## ABSTRACT

This investigation was carried out in the city of Neiva, department of Huila, on an urban forest of three hectares on the banks of the Magdalena river, sector of the Carlos Pizarro neighborhood. The forest is next to the urban area of Neiva so it presents problems of pollution, degradation and deforestation, this has generated the need for ecological restoration that has been led by the inhabitants of the neighborhood, however, there is no study that provides baselines for the appropriate selection of tree species in reforestation. The objective of this research was to identify the floristic composition, the Importance Value Index (IVI) and the Mixture Quotient (CM) as indicators of biodiversity and planning. A descriptive investigation was carried out through a systematic sampling in 12 plots of 100 m<sup>2</sup>. All individuals with chest height diameter (DAP)  $\geq$  1cm were sampled, family, common name and scientific name were recorded, IVI was obtained through the sum of relative abundance (Ar), relative frequency (Fr) and relative dominance (Dr). The CM was obtained by relating the total number of species with the total number of individuals. 119 individuals belonging to 17 genera corresponding to 12 families were identified, unleashing the fabaceae family. The IVI positioned the species *Guazuma ulmifolia* as the one with the highest ecological weight, unlike *Machaerium capote* and *Trichilia trifolia*, which presented the lowest ecological weight, so the selection and planting of these species is recommended as the first option in reforestation days. A CM of 1: 7 was obtained by positioning this place as a diverse forest.

**Keywords:** *urban fores, floristic composition, importance value index, ecological restoration.*

## INTRODUCCIÓN

Se puede definir a los bosques urbanos como redes o sistemas que comprenden todos los arbolados, grupos de árboles y árboles individuales ubicados en las áreas urbanas y periurbanas (FAO, 2018). En el 2050, el 70 % de la población mundial vivirá en las ciudades y pueblos. Por tanto, el desarrollo urbano sostenible es fundamental para garantizar la calidad de vida de la población mundial (FAO, 2016). La comprensión de sus diferentes aspectos ecológicos y estructurales, permitirá orientar de manera más eficaz el manejo exitoso de este tipo bosques (Galvis, 2009).

Neiva es la capital del departamento del Huila, tiene una población de 335 578 habitantes, de los cuales 314 806 viven en la zona urbana, es decir el 93,81 %, entre tanto, 20 772 habitantes se encuentran en la zona rural para un 6,19 %. Esta ciudad cuenta con una buena arborización como otras ciudades de Colombia (Perdomo y Díaz, 2015). En el bosque urbano de la ciudad de Neiva, se encontró un total de 18 141 árboles, de los cuales 1 917 se encuentran en la comuna uno (Alcaldía de Neiva, 2008). En estos remanentes de bosque no solo se ha perdido la composición y la estructura, sino también funciones ecológicas como la regulación hídrica, el control de erosión y la captura de biomasa, entre otros (Pizano y García, 2014). En estos, el desarrollo de la vegetación está condicionado a la presión antrópica que altera la dinámica sucesional (POT).

Frente a esta situación, la alcaldía de Neiva en su mapa de usos de suelo tiene ubicado este lugar como una zona de “Protección ronda hídrica”, adicionalmente, se ha generado la necesidad de su restauración ecológica que ha sido liderada por la misma comunidad (Bravo, 2019). Sin embargo, para el proceso de restauración ecológica faltan investigaciones que proporcionen líneas base que permitan la selección adecuada de las especies arbóreas en la reforestación.

Por lo anterior, este estudio se desarrolló en el bosque urbano del barrio Carlos Pizarro de la ciudad de Neiva con el fin de identificar la composición florística, estimar el peso ecológico a través del Índice de valor de importancia (IVI) y obtener el cociente de mezcla (CM) como indicadores de biodiversidad y de planificación. La obtención de esta información permitirá diseñar un plan de manejo y conservación del bosque.

## METODOLOGÍA

El inventario se realizó sobre un bosque urbano de tres hectáreas en la ribera del río Magdalena, sector del barrio Carlos Pizarro, coordenadas 2°57'28.8"N 75°17'57.8"W (Google, s.f.) clasificado según el sistema Holdridge como un bosque seco tropical (bs-T) (Holdridge, 1967) utilizado por (Morales y Espejo, 2019). A 470 m.s.n.m. Precipitación de 1 340 mm/año, humedad relativa 66 %, temperatura promedio de 27°C (IDEAM, 1999).

Se realizó una investigación descriptiva a través de un muestreo sistemático en parcelas de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>). Se ubicaron 12 parcelas al azar abarcando un área total de muestreo de 0,12 hectáreas, esto corresponde al 4 % del bosque. Se muestrearon todos los individuos con diámetro a la altura de pecho (DAP) ≥ 1cm. Para cada individuo se registró su familia, nombre común, nombre científico y DAP tomado a 1,3 m sobre el suelo con cinta diamétrica.

El peso ecológico de las especies se determinó a través del índice de valor de importancia (IVI) el cual fue desarrollado por Curtis y McIntosh (1951) aplicado por (Galvis, 2009) el cual se obtuvo al sumar la abundancia relativa (Ar), frecuencia relativa (Fr) y dominancia relativa (Dr).

$$IVI = Ar + Fr + Dr$$

La abundancia relativa (Ar) se obtuvo mediante la fórmula:

$$Ar \% = \left( \frac{ni}{N} \right) \times 100$$

Donde:

ni = Número de individuos de la iésima especie

N = Número de individuos totales en la muestra

La frecuencia relativa (Fr) se obtuvo mediante la fórmula:

$$Fr \% = \left( \frac{Fi}{Ft} \right) \times 100$$

Donde:

$F_i$  = Frecuencia absoluta de la  $i$ ésima especie

$F_t$  = Total de las frecuencias en el muestreo

La dominancia relativa ( $Dr$ ) se obtuvo mediante la fórmula:

$$Dr \% = \left( \frac{DaS}{DaT} \right) \times 100$$

Donde:

$DaS$  = Dominancia absoluta de una especie

$DaT$  = Dominancia absoluta de todas las especies

Al final, se calculó el cociente de mezcla ( $CM$ ) al relacionar el número total de especies con el número total de individuos.

$$CM = \left( \frac{S}{N} \right) = \left( \frac{S/S}{N/S} \right)$$

Donde:

$S$  = Número total de especies en el muestreo

$N$  = Número total de individuos en el muestreo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Composición florística:** en el inventario, se registraron 17 géneros pertenecientes a 12 familias. La familia más rica fue la fabaceae con 4 géneros, lo que concuerda con Pizano y García (2014) quienes ubican a esta familia como una de las más frecuentes en este tipo de bosque. La familia anacardiaceae se presentó con 2 géneros, las restantes solo obtuvieron un género por familia (tabla 1). Estos resultados muestran una alta riqueza en relación al área total del bosque, esto es posible ya que muchas de las especies han sido introducidas en jornadas de reforestación por los habitantes del lugar (Montenegro, comunicación personal, 15 de enero de 2019).

**TABLA 1.** Composición florística para especies con (DAP)  $\geq 1\text{cm}$  en el bosque urbano del barrio Carlos Pizarro, Neiva, Huila

Familia	Nombre común	Nombre científico
Malvaceae	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Myrtaceae	Arrayan	<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.
Rutaceae	Tachuelo	<i>Zanthoxylum rigidum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Fabaceae	Saman	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.
Anacardiaceae	Caracoli	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels
Fabaceae	Igua	<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms
Anacardiaceae	Diomate	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
Meliaceae	Neem	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.
Moraceae	Dinde	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.
Fabaceae	Payande	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.
Hypericaceae	Lacre	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.
Urticaceae	Yarumo	<i>Cecropia angustifolia</i> Trécul
Dilleniaceae	Chaparro	<i>Curatella americana</i> L.
Brunelliaceae	Brunellia	<i>Brunellia comocladifolia</i> Bonpl.
Sapindaceae	Manoncillo	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.
Fabaceae	Capote	<i>Machaerium capote</i> Triana ex Dugand
Meliaceae	Casposo	<i>Trichilia trifolia</i> L.

Fuente: elaboración propia.

**Abundancia:** la especie más abundante fue *Guazuma ulmifolia*, seguido de *Pithecellobium dulce* y *Zanthoxylum rigidum*, caso contrario, lo presentaron las especies *Machaerium capote* y *Trichilia trifolia* con la menor abundancia.

**Frecuencia:** las especies más frecuentes fueron *Guazuma ulmifolia*, seguido de *Myrcia popayanensis*, las menos frecuentes fueron el *Azadirachta indica*, *Machaerium capote* y *Trichilia trifolia*. Este resultado muestra a la especie *G ulmifolia* como la más frecuente, es decir, la que presentó una mejor distribución en el espacio, esto es posible por su rápido crecimiento en bosques secundarios, los resultados concuerdan con los registros de Pizano y García (2014) quienes la clasifican como una de las especies con las mayores frecuencias en este tipo bosques.

**Dominancia:** la especie más dominante fue *Guazuma ulmifolia*, con el 16,96 %, al contrario, las especies menos dominantes fueron *Curatella americana* y *Melicoccus bijugatus* con 0,81 % y 0,47 % respectivamente. Es claro que la especie dominante en este lugar es *G ulmifolia* por sus características de adaptación a bosques secundarios y sucesionales.

Índice de valor de importancia (IVI): las especies con mayor peso ecológico fueron *Guazuma ulmifolia* con un IVI de 45,13 seguido de *Myrcia popayanensis* con un IVI de 33,82 y *Zanthoxylum rigidum* con un IVI de 30,85. Las especies con menor peso ecológico fueron *Machaerium capote* y *Trichilia trifolia* con un IVI de 7,67 y 7,0 respectivamente (tabla 2).

**TABLA 2.** Índice de valor de importancia (IVI) para las especies encontradas en el bosque urbano del barrio Carlos Pizarro, Neiva, Huila

Nombre común	Abundancia absoluta	Ar	Frecuencia absoluta	Fr	Dominancia absoluta	Dr	IVI al 300 %
Guácimo	20	16,81	10	11,36	1,057	16,96	45,13
Arrayan	13	10,92	9	10,23	0,790	12,67	33,82
Tachuelo	14	11,76	7	7,95	0,694	11,14	30,85
Saman	8	6,72	7	7,95	0,596	9,56	24,24
Caracoli	6	5,04	5	5,68	0,644	10,33	21,05
Igua	8	6,72	6	6,82	0,305	4,89	18,43
Diomate	6	5,04	5	5,68	0,377	6,05	16,77
Neem	8	6,72	3	3,41	0,305	4,89	15,02
Dinde	4	3,36	4	4,55	0,363	5,82	13,73
Payande	4	3,36	4	4,55	0,286	4,59	12,50
Lacre	5	4,20	5	5,68	0,157	2,53	12,41
Yarumo	4	3,36	4	4,55	0,253	4,05	11,96
Chaparro	5	4,20	5	5,68	0,050	0,81	10,69
Brunellia	4	3,36	4	4,55	0,151	2,43	10,33
Manoncillo	4	3,36	4	4,55	0,029	0,47	8,38
Capote	3	2,52	3	3,41	0,108	1,74	7,67
Casposo	3	2,52	3	3,41	0,067	1,07	7,00
TOTAL	119	100,00	88,00	100,00	6,23	100,00	300,00

Fuente: elaboración propia.

En general, los resultados indican a la especie *G ulmifolia* como una de las más importantes para este bosque, esto es posible ya que esta especie se adapta bien al bosque seco tropical y bosques secundarios en estados sucesionales, esto concuerda con el estudio de Morales y Espejo (2019) quienes reportan esta especie en estados sucesionales tempranos, intermedios y tardíos para el sur del valle del Magdalena. Además, concuerdan con lo reportado por Pizano y García (2014) como una de las especies más importantes en el valle geográfico de río Magdalena y con los estudios realizados por Perdomo y Díaz (2015) quienes las identifican como especies que fortalecen la estructura ecológica de la ciudad

**Cociente de mezcla (CM):** se muestrearon 119 individuos entre los cuales se encontraron 17 especies diferentes, esto generó un cociente de mezcla de 1:7 posicionando este lugar como un bosque diverso. Este resultado se considera positivo para este bosque ya que el estudio se realizó en un bosque pequeño de tres hectáreas.

## CONCLUSIONES

Se inventariaron 119 individuos pertenecientes a 17 géneros correspondientes a 12 familias, entre las cuales se destacaron la familia fabaceae y anacardiaceae. Se obtuvo un cociente de mezcla de 1:7, posicionando a este lugar como un bosque diverso al considerar que fue un bosque pequeño de tres hectáreas. Las especies con mayor peso ecológico fueron *Guazuma ulmifolia*, *Myrcia popayanensis* y *Zanthoxylum rigidum* ya que presentaron la mayor abundancia, frecuencia y dominancia. Las especies con menor peso ecológico fueron *Machaerium capote* y *Trichilia trifolia*, por lo que se recomienda la selección y siembra de estas especies como primera opción en jornadas de reforestación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Neiva (2008). *Censo forestal Neiva*. Departamento del Huila.

Bravo, M. A. (2019). *Proyectos ciudadanos de educación ambiental - PROCEDA del Barrio Carlos Pizarro*. Neiva, Huila,

FAO. (2016). *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-i6210s.pdf>

FAO. (2018). Bosques y ciudades sostenibles. *Unasilva*, 69. <http://www.fao.org/3/i8707es/i8707ES.pdf>

Galvis, J. F. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Bioteconología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 7(1), 115 - 122. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteconologia/article/view/710>

Google. (s.f). Mapa de Neiva, Colombia en Google Maps. Neiva, Huila, Colombia. <https://n9.cl/rwwba>

IDEAM. (1999, 4 de octubre). *Información histórica. Cartas climatológicas - Medias mensuales, Aeropuerto Benito Salas*. <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/neiva/tabla.htm>

Morales, N. y Espejo, N. (2019). Variación de la diversidad taxonómica y funcional de la avifauna en un bosque seco tropical (bs-T) en diferentes estados de sucesión en el sur del Valle del Magdalena, Huila, Colombia. *Caldasia*, 41(1), 108-123. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71272>

Perdomo, A. y Diaz, W. (2015). *Diagnostico piloto y plan de manejo de arborización en la ciudad de Neiva* [Tesis de maestría]. Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2456>

Pizano, C. y García, H. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9333>

## 2.7 EVALUACIÓN DE TRES CULTIVARES DE ACHIRA (*CANNA EDULIS* KER) CON PERIODO VEGETATIVO CORTO Y ALTA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN, PARA LAS ZONAS MARGINALES DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

---

Guillermo Edmundo Caicedo Diaz

Ingeniero Agrónomo, Especialista en Formulación y Evaluación de proyectos de desarrollo social, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia  
diguillerm@gmail.com

Mauro Albeiro Bravo Gaviria

Ingeniero Agroforestal, Especialista en Biotecnología Agraria, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia  
mabrga6@gmail.com

Juan Pablo Herrera Cerquera

Ingeniero Ambiental, Especialista en Alta Gerencia, Magíster en Marketing Digital y Comercio Electrónico, Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia  
jherrera1155@gmail.com

---

### RESUMEN

La investigación se realizó en el municipio de Rivera, departamento del Huila, esta zona presenta potencial para la producción de almidón de achira, sin embargo, se desconocen las variedades con mejor comportamiento para la zona marginal cafetera. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento tres cultivares de achira consideradas de alta producción para la zona, se realizó un diseño en bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, los tratamientos fueron: T1 achira morada del municipio de San Agustín, T2 achira blanca del municipio de La Cruz (Nariño) y T3 achira nativa del municipio de Altamira. Se utilizaron nueve parcelas de 10 m<sup>2</sup>, se evaluó a los nueve meses los atributos de producción. En general, la

producción de almidón fue baja y osciló entre 620 Kg/ha y 1 800 Kg/ha, el cultivar de mejor comportamiento fue la variedad morada con un rendimiento de 1 800 Kg/ha de almidón, la cual se consideró como una alternativa para los pequeños productores ubicados en las zonas marginales bajas de café.

**Palabras clave:** *materiales de achira, sostenibilidad, alternativa de producción, pequeños productores, rentabilidad.*

---

## ABSTRACT

The research was carried out in the municipality of Rivera, department of Huila, this area has potential for the production of achira starch, however, the varieties with the best behavior for the marginal coffee zone are unknown. The objective of the work was to evaluate the behavior of three achira cultivars considered to be of high production for the area, a complete randomized block design was carried out with three treatments and three repetitions, the treatments were: T1 achira morada from the municipality of San Agustín, T2 white achira from the municipality of La Cruz (Nariño) and T3 achira native to the municipality of Altamira. Nine 10 m<sup>2</sup> plots were used, the production attributes were evaluated at nine months. In general, the starch production was low and ranged from 620 Kg / ha to 1800 Kg / ha, the best-performing cultivar was the purple variety with a yield of 1800 Kg / ha of starch, which was considered as an alternative to small producers located in the low marginal areas of coffee.

**Keywords:** *achira materials, sustainability, production alternative, small producers, profitability.*

---

## INTRODUCCIÓN

La achira es una especie originaria de la zona andina (Lobo-Arias *et al.*, 2017), en quechua el nombre achira es usado para una planta cuyas raíces sirven para sostener a los indios (Seminario, 2004). Hace parte de la familia cannaceae (Tropicos, 2019) y se cultiva en climas con altitudes inferiores a 2 700 metros sobre el nivel del mar (Ariza-León *et al.*, 2013). En Colombia se cultiva esencialmente para la extracción de almidón de sus rizomas, el cual a su vez es utilizado como una materia prima para la fabricación de los

“bizcochos de achira”, el “pan de sagu”, el “bizcochuelo” y otros productos tradicionales. El cultivo de la achira y la extracción de su almidón son actividades importantes para la economía de algunas regiones, principalmente en el oriente de Cundinamarca y en el sur de Huila, y, en forma más aislada como en algunos municipios de los departamentos de Nariño, Cauca y Tolima (Rodríguez *et al.*, 2003).

En Colombia para el año 2018 se cultivaron 644,2 ha con una producción de 1 813,4 tn/ha (Agronet, 2019). La achira se cultiva tradicionalmente en las zonas de minifundio de los departamentos de Huila, Cundinamarca y Nariño (Caicedo, *et al.*, 2000), especialmente en el Huila, tiene gran importancia social, ambiental y económica, por ser uno de los productos con mayores posibilidades de transformación, fuente generadora de mano de obra y divisas para el país (Caicedo, *et al.*, 2003). Esta especie es considerada como una alternativa de producción en la zona cafetalera y zonas marginales (Caicedo, 2004).

La achira (*Canna edulis*) con su principal derivado, el almidón, es muy apetecida y cotizada en la elaboración de productos enlatados, en las industrias farmacéutica, textil, papelería y adhesivos; y, en uso medicinal. Es una especie de gran importancia para la economía de las familias campesinas del sector sur oriental del cantón Loja Ecuador (Játiva-Reyes *et al.*, 2019).

La raíz de achira (*Canna Edulis Ker*) ha sido poco utilizada en la industria alimentaria, puesto que su mayor uso se ha dado en productos de panadería, básicamente para la elaboración del biscocho de achira típico del Huila y el Tolima (Bohorquez-Pérez *et al.*, 2017).

En el año 2018 el departamento del Huila fue el segundo productor de almidón a nivel nacional con 52 ha sembradas, 104,5 tn producidas, con un rendimiento de 2,01 tn/ha (Agronet, 2019), además este departamento tiene denominación de origen para este producto. Sin embargo, la oferta local del almidón aún es baja comparada con la demanda departamental, esto se debe principalmente a la poca siembra del cultivo como consecuencia del desconocimiento de las especies promisorias adaptadas a esta región.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio consistió en la evaluación de tres cultivos de achira considerados como de alta producción de almidón en zonas marginales productoras de café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el lote experimental del Colegio Núcleo Escolar el Gual, ubicado en el municipio de Rivera, departamento del Huila a 1 000 m.s.n.m., precipitación de 1 340 mm/año, humedad relativa 66 %, temperatura promedio de 27°C (IDEAM, 1999), coordenadas 2°47'40.0"N 75°14'24.6"W, suelos franco arcillosos, formación ecológica de bosque seco tropical (bs-T).

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar en el cual los tratamientos fueron los cultivares de: T1 Achira morada del municipio de San Agustín, T2 Achira blanca del municipio de la cruz (Nariño) y T3 Achira nativa del municipio de Altamira. Se realizaron 3 repeticiones, se evaluó la altura planta (cm), número de hojas, color de flor, número de colinos, peso de rizomas (Kg/ha), peso de almidón (Kg/ha) y el índice de conversión (rizoma/almidón). Atributos utilizados en Agrosavia para evaluaciones experimentales. La siembra de los colinos se realizó de manera manual en un área de 900 m<sup>2</sup>, en la cual se distribuyeron nueve parcelas de 10 m<sup>2</sup>; se sembraron diez colinos por parcela.

Se realizaron limpiezas en siembra, una aplicación de abono orgánico en proporción de 200gr/planta y aplicación de productos para la protección de cultivos utilizados de manera general en el cultivo. Para la toma de la información, en el momento de cosecha (nueve meses) se utilizaron dos plantas centrales por parcela. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Infostat al 95 % de confianza y Tukey para comparación de medias.

**FIGURA 1.** *Cultivares de achira utilizados en el estudio*



Morada Blanca Nativa

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS DE LAS TRES VARIEDADES EN ESTUDIO

**TABLA 1.** Información general de tres cultivares de achira en el Núcleo Escolar el Guadual, la Ulloa municipio de Rivera, Huila

	Altura Planta cm	Número de hojas	Color de flor	N.º colinos	Peso de rizomas Kg/ha	Peso de almidón Kg/ha	Índice de conversión rizoma/almidón
T2	200	9	Rojo	9	9 800a	750a	7,65 %
T3	210	7	Rojo	27	8 800a	620a	7,04 %
T1	210	7	Rojo	16	18 800b	1 800b	9,57 %

Fuente: elaboración propia.

El rendimiento varía considerablemente, de acuerdo con la duración del periodo de crecimiento, condiciones de clima y suelo. La achira es una de las plantas que produce mayor rendimiento de almidón por unidad de superficie y el rendimiento varía con la edad de los rizomas.

Según el experimento realizado en la granja del Núcleo Escolar el Guadual se presentó lo siguiente: la variedad morada presentó mejor comportamiento y vigorosidad en todo el periodo vegetativo del cultivo. Obtuvo los mejores rendimientos en almidón logrando un peso de 1 800 Kg/ha. Estos rendimientos son bajos comparados con otros estudios, pues en otros municipios se lograron en promedio 4 000 a 5 000 Kg/ha, y en evaluaciones experimentales, se lograron rendimientos de 9 000 kg/ha.

Este mismo material presentó mayor peso de rizomas 18 800 Kg/ha. Que es un peso considerado bajo según estadísticas encontradas en otras investigaciones. Y se definió como su época óptima de cosecha a los (9) meses.

En el índice de conversión rizoma/almidón, la variedad morada se caracterizó por ser la mejor con un 9,57 % que es un promedio considerado aceptable según diferentes evaluaciones, ya que se encuentran en un rango de 10 al 12 %.

Como eventos de transferencia, se realizaron demostraciones de método, en preparación de semilla, preparación del suelo, siembra, toma de información de las variables en estudio cosecha y beneficio.

La producción de almidón para todo el experimento osciló entre 620 Kg/ha y 1 800 Kg/ha, producción baja respecto a los 2 800 kg/ha del promedio nacional (Agronet, 2019) quienes registran rendimientos de almidón hasta 6 887 Kg/ha. La baja producción se debió posiblemente a que la época de cosecha coincidió con una época invernal, es decir, no se cosecho en el momento preciso para obtener excelentes rendimientos en rizomas y almidón, además, la siembra se realizó en suelos compactos y arcillosos que en su fase inicial sufrieron un stress hídrico que retrasó el desarrollo normal.

Al respecto, Caicedo *et al.* (1997) indican que la correcta selección del lote para el establecimiento del cultivo es imprescindible para obtener un buen rendimiento en rizomas y almidón y minimizar los problemas que se presentan en el desarrollo del cultivo por presencia de factores ambientales adversos como sequía, exceso de lluvias, degradación del suelo por erosión y disponibilidad de condiciones mínimas para el desarrollo de la plantación. Las lluvias provocaron que los rizomas retoñaran produciendo nuevos colinos, y por ende los tres materiales se afectaron, teniendo como resultado bajos rendimientos en rizomas y almidón.

A pesar de estos aspectos negativos, la variedad morada logró obtener 1 800 kg/ha con diferencias estadísticas significativas respecto a los materiales de achira blanca y nativa. Posiblemente el mejor comportamiento de la variedad morada se debe a que esta se adaptó mejor a las condiciones de edafoclimáticas de la zona, por lo que se puede determinar que esta variedad es una alternativa de producción rentable y sostenible para pequeños productores ubicados en zonas marginales de café en el departamento del Huila. Sin embargo, su producción aún es baja comparada con los máximos rendimientos en almidón reportados por Caicedo *et al.* en 1997, los cuales estuvieron en 4 223 kg/ha con un índice de conversión de 9,94 % para la misma variedad.

---

## CONCLUSIONES

La producción de almidón fue baja y osciló entre 620 Kg/ha y 1 800 Kg/ha. De los tres materiales estudiados, el cultivar de mejor comportamiento, mayor producción en rizomas y almidón fue la variedad morada con un rendimiento de 1 800 Kg/ha de almidón, por lo cual se consideró como una alternativa sostenible y rentable para los pequeños productores ubicados en las zonas marginales bajas de café.

Según estudios de Agrosavia realizados en el municipio de Altamira se ha demostrado que el material en estudio la nativa obtuvo muy buenos rendimientos de almidón para las condiciones ambientales de este municipio, logrando a producir más de 5 000kg/ha.

Hay un aspecto importante en el sistema productivo de achira, que es el momento óptimo de cosecha. Según el estudio se pudo determinar que la época óptima de cosecha para cultivar la morada es a los seis meses y se debe ejecutar en época de sequía. Se recomienda estudiar el comportamiento de estas variedades en correlación con épocas de lluvia y en diferentes tipos de suelo.

---

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a la Universidad Abierta y a Distancia (UNAD) por su apoyo y aportes para el desarrollo del proyecto de investigación. Expresa también el agradecimiento a los diferentes actores de la cadena productiva de achira que con su experiencia y conocimiento aportaron la información requerida durante el desarrollo de la herramienta de investigación, al Colegio Núcleo Escolar el Guadual por facilitar su granja para el desarrollo del proyecto de investigación.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agronet, (2019). *Estadísticas agrícolas: Área, producción y rendimiento nacional por cultivo* [consultado 2019 nov 15]. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

Ariza-León E., Castro-Cely, A. L. y Gómez-Cañón, J. D. (2013). Factibilidad del uso del almidón de achira como agente controlador de filtrado en lodos de perforación base agua. *Revista ION*, 26(1), 63-71.

Bohórquez-Pérez, Y., Bonilla-Garzón, M. A., Pérez-Leal, I. C., Quintero-Vásquez, S. T. y Vargas-Vargas, J. (2017). Caracterización y potencial uso de la raíz achira (*Canna Edulis Ker*). Vía *Innova*, (4), 89-97. <https://doi.org/10.23850/2422068X.1184>

Caicedo, G. E. (2004). El cultivo de achira: Alternativa de producción para el pequeño productor. En J. Seminario (Ed.), *Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos*

*andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)* (pp.149-156). Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

Caicedo G. E., Rozo, L. S., Bonilla, U. (1997). *El cultivo de achira (Canna edulis ker) oferta tecnológica para la producción en el Huila*. PRONATTA.

Caicedo, G. E., Rozo, L. S. y Bonilla, U. (2000). *La achira, su producción y beneficio*. CORPOICA. <http://hdl.handle.net/11348/4079>

Caicedo G. E., Rozo, L. S. y Rengifo, G. (2003). *La achira, alternativa agroindustrial para áreas de economía campesina*. CORPOICA. <http://hdl.handle.net/11348/4071>

IDEAM. (1999, 4 de octubre). *Información histórica. Cartas climatológicas - Medias mensuales, Aeropuerto Benito Salas*. <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/neiva/tabla.htm>

Játiva-Reyes, M. F., Paredes-Andrade, N. J., Bonilla-Bonilla, A. E. y Barrera-Amat, A. L. (2019). Determinación de los requerimientos de riego por aspersión en el cultivo de la achira (*Canna edulis*) y la influencia en sus etapas fenológicas. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 908-939.

Lobo-Arias, M., Medina-Cano, C., Grisales-Arias, J., Yepes-Agudelo, A. y Álvarez-Guzmán, J. (2017). Evaluation and morphological characterization of the Colombian collection of achira *Canna edulis* Ker Gawl. (Cannaceae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 47-73. [https://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num1\\_art:558](https://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:558)

Rodríguez, G. A., García, H. R., Camacho, J. H. y Arias, F. L. (2003). *El almidón de achira o sagú (Canna edulis Ker). Manual técnico para su elaboración*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. <http://hdl.handle.net/11348/3744>

Seminario, J. (2004). *Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

Tropicos. (2019). Missouri Botanical Garden [consultado 2019, 10 de diciembre]. <http://www.tropicos.org>.

## 2.8 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA CRIOLLA VARIEDAD “YEMA DE HUEVO” (*SOLANUM PHUREJA JUZ ET BUK. ET.*) EN EL MUNICIPIO DE PURACÉ, DEPARTAMENTO DEL CAUCA

---

Mary Daniela Chilma Fernández

Estudiante de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y Distancia UNAD, la Plata Huila, Colombia  
madachifer@hotmail.com

Alejandra María Pena Beltrán

Ingeniera Agrónoma, Especialista en Pedagogía para el desarrollo del aprendizaje autónomo, Magíster en Entornos virtuales de aprendizaje, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, La Plata, Colombia.  
Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), La Plata, Colombia  
alejandra.pena@unad.edu.co

---

### RESUMEN

Esta investigación se enmarca en el sector papero de la zona oriente del Cauca, teniendo en cuenta la creciente producción del tubérculo y con ello la importancia ambiental, económica y social en la región. La creciente producción de la papa amarilla *Solanum phureja juz et buk*, en el corregimiento de Santa Leticia, Purace, Cauca, se debe a que genera una opción de mejora en la seguridad alimentaria y una oportunidad para el desarrollo agrícola a mediano y largo plazo. Se evaluó el rendimiento de papa criolla (*S. phureja*) variedad “yema de huevo”, en tres densidades de siembra, cada una con 210 plantas. Se utilizaron tres tratamientos basados en las distancias más utilizadas en el país. El tratamiento 1 se realizó a 70 cm entre surcos y a 20 cm entre plantas, el tratamiento 2 a 80 cm entre surcos y de 25 cm entre plantas y el tratamiento 3 a 90 cm entre surcos y 30 entre plantas. Las variables de rendimiento evaluadas fueron peso

total de tratamiento y peso por planta. Las densidades de siembra que permitieron obtener mayor producción de papa criolla variedad “yema de huevo” por unidad de área fueron los tratamientos 3 y 2 con un promedio de 551 gramos y 505 gramos por planta, obteniendo diferencias significativas (*P-value* <0.05); con el tratamiento 1 que se obtuvo un promedio por planta de 375 gramos por planta. Se deduce a través de esta investigación que la densidad de siembra es un factor influyente ya que a mayor distancia mejor calidad de tubérculos, ya que los tratamientos 2 y 3 demuestran valores similares en tamaño y peso, siendo más alto el peso y tamaño del tratamiento 3.

*Palabras clave: calidad, distancia, rendimiento, producción.*

---

## ABSTRACT

This research is part of the paper sector of the eastern part of the Cauca, taking into account the growing production of the tuber and with it the environmental, economic and social importance in the region. The increasing production of the yellow potato *Solanum phurejajud et buk*, in the township of Santa Leticia, Purace, Cauca is due to the fact that it generates an option to improve food security and an opportunity for agricultural development in the medium and long term. The yield of Creole potato (*S. phureja*) variety “egg yolk” was evaluated, in three planting densities each with 210 plants. 3 treatments were used based on the distances most used in the country. Treatment 1 was given 70 cm between rows and 20 cm between plants, treatment 2 was sown at 80 cm between rows and 25 cm between plants and treatment 3, was done at 90 cm between rows and 30 between plants. The performance variables evaluated were total treatment weight and weight per plant. The sowing density that allowed obtaining higher production of Creole Potato variety “egg yolk” per unit area were treatments 3 and 2 with an average of 551 grams and 505 grams per plant, obtaining significant differences (*P-value* <0.05) with treatment 1, an average per plant of 375 grams per plant was obtained. It is deduced through this research that the planting density is an influential factor since the greater the distance, the better the quality of the tubers, since treatments 2 and 3 show similar values in size and weight, the weight and size of the treatment being higher 3.

*Keywords: quality, size, distance, yield.*

## INTRODUCCIÓN

En Colombia hay 10 departamentos, 283 municipios y 100 000 familias dedicadas al cultivo de la papa en el 2017. El consumo de este producto reportó 2.751.837 toneladas. Cabe resaltar que la cadena de la papa en Colombia genera anualmente cerca de 264 mil empleos totales, de los cuales aproximadamente 75 000 son empleos directos y alrededor de 189 000 son indirectos (Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural, 2018).

Según Fedepapa (2017), “el departamento del Cauca se ha diferenciado por la amplia actividad agrícola y realiza un aporte del 2 % de la producción nacional con un área de 3 352 hectáreas para el 2017, ocupando con ello el puesto séptimo de los departamentos” (párr. 1).

En los últimos años en el municipio de Purace ha aumentado la producción de papa amarilla. Los productores del municipio de Puracé (Cauca) en especial los residentes del centro poblado de Santa Leticia presentan desconocimiento de las distancias de siembra en el cultivo de papa criolla (Chilma-Fernández, 2018) lo cual involucra riesgos fitosanitarios, de calidad que conllevan a riesgos económicos en la producción que se pueden considerar como un factor esencial a tener en cuenta en el proceso productivo de la papa (Román y Hurtado, 2002).

Por otra parte, según Cotes y Ñustez (2001):

“en lo relacionado al valor nutricional del tubérculo, este contiene el doble de fósforo y fibra, mayor cantidad de proteína, compuesta por globulinas en un 60 a 70 % y glutelinas en un 20 a 40 %, entre las enzimas que se encuentran en la papa se pueden enumerar: amilasas, tirosinasas, fosforilasas, catalasas, polifenoxidasas, fosfatasas y peroxidasas entre otras. El contenido de grasa es bajo y los ácidos grasos que la componen son: linoléico, palmítico, oleico, esteárico y mirístico” (p. 71).

Esto explicaría la creciente producción en el departamento del Cauca. Pues, según la investigación de Arias *et al.* (1996) en las altas densidades de siembra de papa “yema de huevo” se beneficia la producción de pequeños tubérculos. Por eso, ante este panorama, con el objetivo de identificar la distancia de siembra que da más rendimiento de la papa yema de huevo en la región se realiza esta investigación.

## MATERIALES

### LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se estableció en la finca Los pinos, ubicada en el corregimiento Santaleticia del municipio de Purace, Cauca, el cual presenta una topografía ondulada, a una altitud de 2 180 m.s.n.m., coordenadas 2°23'80.03" N 76°16'98.05" O.

### CONDICIONES CLIMÁTICAS

El municipio cuenta con una superficie de 707 km<sup>2</sup> de clima frío y 540 km<sup>2</sup> de clima páramo. La altura del municipio sobre el nivel del mar comprende desde los 1 650 m., hasta los 4 700 m, la altura promedio de la cabecera municipal es de 2 180 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 16°C (Consejo Municipal para la Gestión Del Riesgo de Desastres, 2012).

### MÉTODOS

A continuación, se relacionan los tratamientos implementados durante la investigación.

### TRATAMIENTOS

**TABLA 1.** *Distancias entre eras y entre plantas*

Distancias de siembra	T1	T2	T3
Distancia entre surcos	70 cm	80 cm	90 cm
Distancia entre plantas	20 cm	25 cm	30 cm

Fuente: elaboración propia.

Las unidades experimentales estaban constituidas por 4 eras de 10 metros en el T1, 5 eras de 10 metros de largo en el T2 y en el T3, 6 eras de 10 metros de largo, como se observa en la tabla 1. Con esta distribución se obtuvieron 200 plantas por tratamiento (Chilma-Fernández, 2018).

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño experimental completamente al azar ya que es flexible en el número de tratamientos y en el número de repeticiones por tratamiento; es el diseño que más grados de libertad provee para la estimación del error experimental ( $r-1$ ).

Se consideraron dos variables: peso, se manejaron 120 observaciones y réplicas, 40 por tratamiento en los tres tratamientos. En peso solo se tuvo en cuenta el valor en gramos. Se realizó análisis descriptivo para cada uno de los caracteres cuantitativos, los resultados obtenidos se analizaron con el programa estadístico SAS versión 9.0; de ANOVA ( $P>0,5$ ) y prueba de comparación de medias con DUNCAN ( $P>0,5$ ).

## RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizaron tres recolecciones, tomadas a partir de la recolección manual de la papa, usando la técnica tradicional para cosecha del producto en óptimas condiciones de recolección según estándares de la Federación Colombiana de Productores de Papa.

---

## RESULTADOS

Se hizo un análisis para cada uno de los caracteres cuantitativos, estos se sometieron a análisis de varianza teniendo en cuenta el diseño experimental completamente al azar que fue el utilizado en la investigación. Al hallar diferencias significativas en cada uno de los descriptores, se hizo una prueba de Duncan para establecer las diferencias entre los promedios de las variables evaluadas.

**TABLA 2.** Prueba de comparación de rendimiento Kg-Ha<sup>-1</sup> de la diferencia mínima significativa entre los tratamientos teniendo en cuenta la variable peso total, sobre el nivel de significancia  $P > F_{0.5}$

Número de datos procesados	Tratamiento	Peso Kg-Ha <sup>-1</sup>	Agrupamiento
40	T1	7 490	B
40	T2	10 100	A
40	T3	11 020	A

Fuente: elaboración propia.

Los tratamientos 2 y 3 no tienen diferencias significativas teniendo en cuenta la tabla 2, sin embargo, el rendimiento más alto observable es el del tratamiento 2, en el tratamiento 1 se presenta el promedio de peso más bajo en rendimiento; este tratamiento tiene unas distancias más cortas entre surco y entre planta lo que indica que no sería el más recomendado.

**TABLA 3.** Prueba de comparación significativa entre los diferentes tratamientos teniendo en cuenta el peso por planta, sobre el nivel de significancia  $Pr > F_{0.0001}$

Número de datos procesados	Tratamiento	Promedio	Agrupamiento
40	T1	375,48	B
40	T2	505,68	A
40	T3	551,05	A

Fuente: elaboración propia.

Como se nota en la tabla 3, teniendo en cuenta la prueba de Duncan, en el T3 y T2, sobre el nivel de significancia  $Pr > F_{0.0031}$ , no se observan diferencias significativas existiendo como preferentes las distancias de siembra para obtener un pesaje adecuado en los tubérculos; en el T1 se observa un bajo promedio indicando que son importante estas distancias para el cultivo, ya que son las más utilizadas en los cultivos comerciales.

**TABLA 4.** Prueba de comparación de promedios de la diferencia mínima significativa entre los tratamientos teniendo en cuenta la variable peso

Número de datos procesados	Tratamiento	Promedio	Agrupamiento
40	T1	0,250	B
40	T2	1,375	A
40	T3	1,350	A

Fuente: elaboración propia.

Existe una discrepancia significativa que se halla entre los tratamientos 2 y 3, pues se consiguieron tubérculos más pesados comparados con el tratamiento 1 con una confiabilidad del 95 % como se observa en la tabla 4. Se precisa que a mayor distancia el rendimiento es mejor comparando estos tres tratamientos.

---

## DISCUSIÓN

El peso por planta se considera como la variable más importante ya que demuestra el potencial de producción del cultivo (Santamaría-Galindo *et al.*, 2010). Por ello es importante tener en cuenta la producción de Kg-Ha<sup>-1</sup> en cada uno de los tratamientos, teniendo en cuenta que el tratamiento donde se demuestra el potencial de producción de cultivo es el tratamiento 3, con distancias de 90 cm entre surco y 30 cm entre planta. Por lo que, una distancia de 30 cm entre plantas es la mejor alternativa para el número de tubérculos por unidad de área (Cotes y Ñustez, 2001). Esto se evidencia en la cantidad de tubérculos totales que se obtuvo en el T3 que conlleva a mayor producción, pero, aun sí, con este resultado no se puede indicar mejor calidad.

---

## CONCLUSIONES

Los mejores rendimientos/ha-1 se observaron en el tratamiento 3 al lograrse 11 020 kg-ha<sup>-1</sup>, el tratamiento 2 se igualó mucho en rendimiento al tratamiento 1 sin diferencias significativamente importantes en esta variable. El rendimiento del tratamiento 1 es significativamente importante ya que fue el más bajo obteniendo solo 7 490 kg-ha<sup>-1</sup>.

Respecto a la comparación de peso promedio por planta se concluye que el tratamiento 3 dio mejores resultados de rendimiento, ya que produce un promedio de 551 g/planta; mientras que el tratamiento con bajo rendimiento es el tratamiento 1 con 375 g/planta.

Esta investigación permite conocer la distancia de siembra que mejor rendimiento y tamaño de tubérculo mediano produce en la zona, para así realizar un aporte importante tanto en el ámbito económico como ambiental evitando uso indiscriminado de agroquímicos.

Esta investigación resultará de vital implementación en las diferentes regiones para realizar mejor aprovechamiento de terreno, conociendo la influencia de las condiciones agroclimáticas con las densidades de siembra en el rendimiento del cultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, V., Bustos, P. y Núñez, C. E. (1996). Evaluación del rendimiento en papa criolla (*Solanum phureja*) variedad “Yema de huevo”, bajo diferentes densidades de siembra en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 13(2), 152-161 <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/25442>

Chilma-Fernández, M. D. (2018). *Evaluación de la influencia de la densidad de siembra en el tamaño del tubérculo y producción del cultivo de papa criolla variedad “Yema de huevo” (Solanum phureja Juz et Buk et) en el corregimiento Santa Leticia municipio de Puracé departamento del Cauca* [Proyecto de grado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21118>

Consejo Municipal para la Gestión Del Riesgo de Desastres. (2012, 23 de julio). *Plan municipal para la gestión del riesgo de desastres*. Municipio de Purace – COCONUCO. CMGRD. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/441/PMGR%20Purace.pdf?sequence=1>

Cotes, J. y Núñez, C. (2001). Evaluación de dos tipos de esquejes en la producción de semilla prebásica de papa criolla (*Solanum Phureja* Juz et. Buk) variedad “yema de huevo”. *Agronomía Colombiana*, 18(1-2), 71-77. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21709/22694>

Fedepapa. (2017, agosto). *Boletín mensual regional n.º 05*. Departamento de Sistemas de Información y Estudios Económicos- Fondo Nacional de Fomento de la Papa. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2017/01/BOLETINREGIONALCAUCA5.pdf>

Santamaría-Galindo, M., Montañéz-Gómez, J. y Sánchez-Polo, R. R. (2010). Evaluación de la producción limpia de papa criolla (*Solanum phureja*) en Madrid, Cundinamarca. *IN-VENTUM*, 5(9), 8-12. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.5.9.2010.8-12>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *La producción de papa en 2018 podría llegar 2 millones 690 mil toneladas*. <https://n9.cl/l11u2>

Román, M. y Hurtado, G. (2002). *Guía técnica cultivo de la papa*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

## 2.9 EL PLAN DE ACCIÓN INSTITUCIONAL 2020-2023, DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA (CAM), HUILA, TERRITORIO DE VIDA, SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO, ¿REALIDAD O UTOPIA?

---

William Ignacio Montealegre Torres

Magíster en Administración de Organizaciones, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Huila, Colombia. Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Pitalito, Colombia  
william.montealegre@unad.edu.co

---

### RESUMEN

La normatividad colombiana exige a las corporaciones autónomas regionales, formular su Plan de Acción Institucional (PAI) para cada nueva administración, en el que, a su vez, se desarrolle el plan de gestión ambiental Regional (PGAR), en armonía con la nueva normatividad, los convenios internacionales y los planes de desarrollo del departamento. La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) ha presentado a la sociedad su plan de acción institucional 2020 – 2023, denominado “Huila, territorio de vida, sostenibilidad y desarrollo”, que amerita un análisis desde la academia para su conocimiento, difusión, reflexión y comentarios, a la luz de la normatividad vigente, de la realidad del territorio social y de las aspiraciones de sus dirigidos. La planificación ambiental se define como un proceso dinámico de planificación del desarrollo sostenible, que permite a una región orientar de manera coordinada el manejo, administración y aprovechamiento de sus recursos naturales renovables, para contribuir a la consolidación de alternativas de desarrollo sostenible en el corto, mediano y largo plazo, acordes con las características y dinámicas biofísicas, económicas, sociales y culturales. Entonces, la pregunta sería, ¿el PAI 2020 – 2023 cumple las expectativas – objetivos y metas planteadas en el PGAR 2011-2023? El departamento del Huila en su conjunto, sociedad y territorio, debe direccionar sus esfuerzos hacia un proceso de cultura social, a partir del reconocimiento del entorno, de sus ecosistemas como fuente primaria del conocimiento de la diversidad biológica como su fuente de sosten-

to, para permitirle a esta y a las próximas generaciones el derecho fundamental a un ambiente sano. Este artículo pretende analizar, desde la academia, lo que plantea el PAI de la CAM actual, desde el contexto social y territorial, si es realidad o una utopía. Se analizan, desde el entorno, la normatividad ambiental vigente, que es extensa y variada, el PGAR, el plan de desarrollo “Huila vive” y el PAI CAM.

*Palabras clave: planificación ambiental, desarrollo sostenible, plan de acción institucional, articulación, calidad de vida, utopía.*

## ABSTRACT

Colombian regulations require Regional Autonomous Corporations to formulate their Institutional Action Plan (PAI), for each new administration, to develop the Regional Environmental Management Plan (PGAR), in harmony with the new regulations, international agreements and plans. development department. The Alto Magdalena Regional Autonomous Corporation (CAM), has presented to society its institutional action plan 2020-2023, called “Huila, territory of life, sustainability and development”, which deserves an analysis, from the academy, for its knowledge, dissemination, analysis and comments, in the light of current regulations, the reality of the social territory and the aspirations of those directed. Environmental planning is defined as a dynamic process of sustainable development planning, which allows a region to guide in a coordinated way the management, administration and use of its renewable natural resources, to contribute from the environmental point of view, to the consolidation of sustainable development alternatives. in the short, medium and long term, according to the characteristics and biophysical, economic, social and cultural dynamics. Does the PAI 2020-2023 meet the expectations - objectives and goals set out in the PGAR 2011-2023? The department of Huila as a whole, society and territory, must direct its efforts towards a process of social culture, based on the recognition of the environment, its ecosystems as a primary source of knowledge of biological diversity as its source of sustenance, to allow it to this and to the next generations the fundamental right to a healthy environment. The objective of the article is to analyze, from the academy, what the PAI of the current CAM raises, from the social and territorial context, if it is reality or a utopia. The current environmental regulations, which are extensive and varied, the PGAR, the “Huila vive” development plan and the PAI CAM are analyzed from the environment.

*Keywords: environmental planning, sustainable development, institutional action plan, articulation, quality of life, utopia.*

## INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), ha presentado a la sociedad su plan de acción institucional 2020 – 2023, denominado “Huila, territorio de vida, sostenibilidad y desarrollo”, que amerita un artículo para su conocimiento, difusión, análisis y comentarios, a la luz de la normatividad vigente, de la realidad y de las aspiraciones de sus dirigidos.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), Decreto 1200 de 2004, Art. 1, define la planificación ambiental como

“un proceso dinámico de planificación del desarrollo sostenible, que permite a una región orientar de manera coordinada el manejo, administración y aprovechamiento de sus recursos naturales renovables, para contribuir desde lo ambiental, a la consolidación de alternativas de desarrollo sostenible en el corto, mediano y largo plazo, acordes con las características y dinámicas biofísicas, económicas, sociales y culturales”.

El artículo 79 de la Constitución Nacional establece el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y a la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla. Igualmente establece para el Estado, entre otros, el deber de proteger la diversidad e integridad del ambiente. En la misma dirección, el artículo 209 establece que la función administrativa está al servicio de los intereses generales y se desarrolla con fundamento en los principios de igualdad, moralidad, eficacia, economía, celeridad, imparcialidad y publicidad; también señala que las autoridades administrativas deben coordinar sus actuaciones para el adecuado cumplimiento de los fines del Estado.

La Ley 99 de 1993 establece, en el Artículo 23, que la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) es un ente corporativo de carácter público, creado por la ley, dotado de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargado por la ley de administrar dentro del departamento del Huila el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y políticas del Ministerio de Ambiente. La misión que se ha planteado la corporación es la de

“Liderar en el departamento del Huila, una relación sociedad-naturaleza, que garantice a las presentes y futuras generaciones la base de recursos naturales necesaria para sustentar el desarrollo regional y contribuir a la supervivencia del planeta. Con este propósito se ejecuta la Política

.....  
 Ambiental bajo criterios de sostenibilidad, equidad y participación ciudadana con el fin de administrar eficientemente el medio ambiente y los recursos naturales renovables” (CAM, 2020).  
 .....

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), máxima autoridad ambiental en el departamento del Huila, ha presentado a la sociedad y al consejo directivo su plan de acción institucional 2020 – 2023, denominado “Huila, territorio de vida, sostenibilidad y desarrollo”, que para su ejecución presenta cuatro programas distribuidos en diez proyectos. Las líneas estratégicas de la autoridad ambiental para los próximos cuatro años involucran la gestión y conservación de la riqueza natural, el desarrollo sectorial productivo, el desarrollo territorial sostenible y la institucionalidad ambiental moderna.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

Expone en el PAI, el director general de la CAM, Ingeniero Agrónomo, Camilo Augusto Agudelo Perdomo: el primer eje estratégico tiene que ver con la conservación de la riqueza natural del departamento.

.....  
 “Como sociedad debemos entender que existe una estructura ecológica que tenemos que proteger. Allí están involucradas nuestras áreas protegidas, los parques naturales regionales, los distritos regionales de manejo integrado, las reservas naturales de la sociedad civil, la protección de ecosistemas importantes como los páramos, humedales y el bosque seco tropical; es decir, conservar la biodiversidad y nuestra riqueza natural” (CAM, 2020).  
 .....

El otro elemento asociado a este programa tiene que ver con el recurso hídrico como principio de la gestión ambiental para el desarrollo productivo y el consumo humano. Aquí se involucra la conservación de las cuencas hidrográficas, la ejecución de los POMCAS, los Planes de Manejo Ambiental, la recuperación de las cuencas y la protección del recurso agua en términos de calidad cantidad.

El segundo programa está relacionado con el Desarrollo Sectorial Productivo Sostenible, el cual se enfoca en que los renglones de la economía del departamento mejoran sus procesos de producción acudiendo a la sostenibilidad y a la armonía con el medio ambiente. Aquí se busca ampliar la producción sostenible con el sector cafetero, caotero, ganadero, piscicultor, minero, entre otros.

El tercer programa es el Desarrollo Territorial Sostenible y Adaptación al Cambio Climático. Este eje estratégico involucra un trabajo articulado con los municipios para lograr un modelo de ordenamiento y uso del territorio de manera planificada y ordenada, protegiendo los valores ambientales del departamento.

Se incluyó una dimensión especial de cambio climático. Tenemos claro que hoy una de las principales amenazas y afectaciones que tenemos como sociedad es el cambio climático, por eso a partir de estos elementos debemos construir las capacidades de adaptación.

El cuarto eje del Plan de Acción se denomina Institución Ambiental Moderna y Generación de Capacidades. Aquí se involucra el ejercicio de autoridad ambiental, el fortalecimiento institucional para la gestión ambiental y la educación ambiental.

“El programa de modernización institucional tiene que ser suficientemente fuerte para que las otras acciones funcionen de manera adecuada. Aquí también se involucra el ejercicio de autoridad ambiental y queremos que todo lo relacionado al control y vigilancia se haga de manera efectiva” (CAM, 2020).

Obedece a la normatividad, a la Ley 99 de 1993, los decretos 1200 de 2004, 1963 de 2008, compilados en el Decreto 1076 de 2015, donde se determinan los instrumentos de planificación ambiental, entre ellos el Plan de Gestión Regional (PGAR), el Plan de Acción Institucional (PAI) y el Presupuesto Anual de Rentas y Gastos (PARG). El PGAR de largo plazo, mínimo diez años y el PAI para una administración, actualmente para cuatro años 2020-2023.

El plan de acción institucional (PAI) es el instrumento de planeación en el cual se concreta el compromiso para el logro de los objetivos y metas planteadas en el PGAR. El actual PGAR CAM 2011 – 2023 debe cumplir los compromisos adquiridos, objetivos y metas, en 2011, además de incorporar diversos elementos normativos incluidos en este periodo de tiempo, que es variada y sustantiva.

La visión PGAR CAM: en el 2023 el departamento del Huila se convertirá en un modelo de sostenibilidad ambiental, tanto a nivel nacional como internacional, con un crecimiento económico en armonía con el mantenimiento y conservación de los bienes y servicios ambientales, contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente mundial y la calidad de vida de la población. La pregunta a resolver es: ¿El PAI 2020-2023 cumple las expectativas, objetivos y metas planteadas en el PGAR 2011-2023?

El artículo 1.5: estrategias de articulación, presenta en el contexto internacional, los convenios y protocolos, convertidos en política nacional, como los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), cambio climático, ingreso de Colombia a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

El artículo 1.7: normas y políticas ambientales nacionales describe los desarrollos normativos de obligatorio acatamiento, entre ellos la Ley 1931 de 2018 sobre cambio climático, la Ley 1930 de 2018 sobre gestión integral de los páramos, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) 2010, Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) 2012, Política Nacional para Humedales Interiores, Política de Gestión del Riesgo de Usos de Sustancias Químicas 2016, Política de Gestión Ambiental Urbana 2008, Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible –Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva, (MAVDT), 2010, Política Nacional de Cambio Climático 2017, el Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2011, Plan Nacional de Restauración (restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas) (MADS) 2015, entre otras.

Otros instrumentos de política que se consideran en el PAI 2020-2023, sin que se constituya en una relación taxativa son los CONPES, entre ellos: 3762 de 2013, Planes nacionales PINES, 3870 de 2016 Planes de ordenamiento territorial modernos, 3918 de 2018 Implementación de los ODS, 3810 de 2014 Suministro agua potable y saneamiento básico zona rural, 3680 de 2010 Consolidación áreas protegidas, 3886 de 2017 Pago por servicios ambientales para construcción de la paz, 3915 de 2018 Desarrollo del macizo colombiano, 3550 de 2008 Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química, 3718 de 2012 De espacio público, 3943 de 2018 Mejoramiento de la calidad del aire, 3819 de 2014 Para consolidar el sistema de ciudades en Colombia, 3874 de 2016 Gestión integral de residuos sólidos, 3850 de 2015 Fondo Colombia en paz, 3931 de 2018 Política nacional para la reincorporación social y económica de ex-integrantes de las FARC-EP, 3934 de 2018 Política de crecimiento verde, 3700 de 2011 Estrategia de cambio climático (CAM, 2020).

Esta articulación depende de los actores sociales al entrelazar objetivos y metas con identidad en el Plan de Desarrollo Nacional Pacto Por Colombia, Pacto por la Equidad, hasta el 2022, el Plan de Desarrollo departamental “Huila Crece”, con la visión “Huila 2050”, y desarrollar o ejecutar lo faltante del Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) 2011-2023, para consolidar el liderazgo y ser modelo de sostenibilidad en el 2023.

Un análisis detallado requiere la participación de las CAR en el cumplimiento del Acuerdo Final suscrito entre el Estado Colombiano y las FARC – EP, en concordancia con los desarrollos de las otras instituciones y organizaciones, por cuanto, además de contener una reforma rural integral, en armonía con el medio ambiente y los recursos naturales renovables, se establecen metas y compromisos en materia de reconversión y restauración de áreas o zonas que han sido afectadas por la producción de cultivos ilícitos, la implementación de proyectos de productivos ambientalmente sostenibles, y las opciones de generación de ingresos e incentivos para las comunidades internas que colinden o vivan en áreas de manejo ambiental especial, de acuerdo a las restricciones ambientales y la aptitud de uso del suelo (CAM, 2020).

El departamento del Huila, creado en 1905 segregado del Tolima grande, se ubica geoestratégicamente en la zona andina, en la zona sur del país, cuenta con jurisdicción desde los 386 m.s.n.m. en el desierto de la Tatacoa a 35°C hasta los 5 365 m.s.n.m., a bajo 0 o C en el Nevado del Huila, máxima altura de la cordillera Central. En escasos cuarenta kilómetros de longitud, se ha subdividido en cuatro grandes regiones: el valle del Magdalena, el Macizo Colombiano, la Cordillera Oriental y la Cordillera Occidental; posee jurisdicción sobre cinco Parques Nacionales Naturales, Nevado del Huila, Puracé, Churumbelos Auka–Wasi, Cueva de los Guácharos y Sumapaz; y sobre la zona amortiguadora del PNN Los Picachos. Ha creado seis Parques Naturales Regionales: Corredor Biológico Guácharos – Puracé, Cerro Páramo de Miraflores, La Siberia – Ceibas, Serranía de Minas, Páramo de las Oseras y El Dorado; y cuatro Distritos Regionales de Manejo Integrado (DRMI) denominados La Tatacoa, Serranía de Peñas Blancas, Serranía de Minas y Cerro Banderas Ojo Blanco; declarados y administrados por la autoridad ambiental regional (CAM, 2020).

El Huila, gracias a su ubicación entre las Cordilleras Central y Oriental formando la cuenca alta del río Magdalena, cuenta con gran diversidad de zonas de vida y ecosistemas que ofrecen invaluable, innumerables e importantes servicios ambientales que van desde el muy seco tropical en la Ecorregión de la Tatacoa, hasta los Bosques Andino y Alto Andinos de las cordilleras central y oriental.

Confluyen 13 zonas distintas de vida de las 24 definidas por Holdrige (1967) para Colombia, es decir el 54 % del total nacional, a pesar de que solo abarca el 1,7 % de la extensión. En estas zonas de vida se encuentran 31 ecosistemas diferentes, distribuidos en 7 tipos corológicos: altiplano cundiboyacense y alrededores, Macizo de Garzón - Parte Alta y Húmeda, Macizo de Garzón - Parte Baja Vertiente Occidental, Enclave seco de la Tatacoa, Valle del Río Magdalena Alto, Cordillera Central - Páramos y bosques alto andinos, y Cordillera Central - Bosques andinos.

El área en cobertura boscosa del departamento se estima en 785 655 ha, que corresponde al 42,5 % del área total, con ecosistemas incluidos entre los de mayor biodiversidad, que sustentan el área destinada para la producción de bienes y servicios ambientales, el desarrollo regional, el bienestar y calidad de vida de la población huilense, aporte necesario e importante para la estabilidad ambiental de la cuenca del Río grande de la Magdalena, la arteria fluvial más importante de Colombia.

El departamento cuenta con dos represas, Betania y El Quimbo. El embalse de Betania es receptor de una carga de sedimentos en suspensión del orden de 17 100 000 Ton/año. En la estación hidrométrica La Angostura, donde entrega la totalidad de estas aguas al Tolima, sobre el río Magdalena, en cantidad de 638,82 m<sup>3</sup>/seg (año hidrológico medio), de los cuales 546 m<sup>3</sup>/seg, equivalentes al 85,4 % es caudal generado dentro del territorio huilense para año medio.

El departamento del Huila limita por el norte con los departamentos de Cundinamarca y Tolima, por el oriente con Caquetá y Meta, por el sur con el Cauca y por el occidente con Tolima y Cauca. Cuenta con una extensión de 19 890 km<sup>2</sup>, y está dividido en 37 municipios. Tiene una población de 1 009 548 habitantes (DANE 2019), 60 % en el área urbana y 40 % en la rural; y participa con el 2,29 % de la población total del país.

---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de síntesis, el paraíso en la tierra. Todos los climas, ubicación privilegiada, en el centro del país, con vías para cualquier región, con recursos naturales renovables y no renovables, aeropuertos, gente buena y sencilla, trabajadora, con diversidad de culturas.

Si se ha cumplido en el papel con todos los protocolos, entonces ¿por qué media Huila se inunda, huilenses desplazados, otros viviendo en el exterior? Según el Plan de desarrollo Huila Crece, 2020-2023, pobreza subjetiva del 34,8; 85,1 acueducto, 68,8 alcantarillado, recolección basuras 68,3, internet 25,9, NBI 32,6 %, con algunos municipios en 64 % de NBI, Acevedo y Colombia. El 21,80 % de la población de las zonas rurales del departamento se encuentran en la línea de pobreza o menos. En el PIB departamental, el sector administración pública y defensa es el que más peso tiene con un 18,6 %, seguido de agricultura, ganadería y pesca con 17,9 %; y en tercer lugar se encuentra el sector comercio, hoteles y reparación con una participación del 17,3 % en toda la geografía regional.

¿Por qué cerca de la mitad (48 %) del territorio departamental presenta conflicto por uso del suelo (CAM, 2020) y la tercera parte del conflicto corresponde a conflicto alto, el cual se halla asociado al cambio de uso del suelo, transformando ecosistemas naturales principalmente para ganadería y establecimiento de cultivos agrícolas? ¿Por qué a nivel local, regional, nacional, mundial, crece la población en niveles de pobreza y de miseria, las guerras, el cambio climático, las crisis económicas, las crisis sanitarias, los desequilibrios económicos, sociales, ambientales?

La crítica que se hace a estos planteamientos es que el plan se ha basado en un mal diagnóstico. En las mesas de concertación, la comunidad quiere ver que su proyecto local quede establecido en el plan. La síntesis ambiental del PAI 2020-2023 retoma los problemas ambientales del PGAR 2011 – 2023, que establece, luego de analizar la información técnica disponible, que los problemas ambientales más importantes del departamento del Huila tienen que ver con pérdida y fragmentación de ecosistemas estratégicos y de la diversidad biológica; disminución de la calidad y cantidad de los recursos hídricos superficiales; desarrollo de prácticas productivas en forma insostenible e incompatible con el ambiente y el entorno; incremento de la ocurrencia de fenómenos naturales que amenazan y ponen en riesgo a la población; afectaciones urbanas relacionadas con ruido, inadecuado uso del suelo, contaminación y asentamientos en zonas de riesgo; falta de autoridad ambiental y alta incidencia de infracciones a la normatividad ambiental. Confunden causas con efectos, con consecuencias. Ese es el principio del error.

Se requiere un debate abierto, participativo, con conocimiento de causa, argumentativo, propositivo, proactivo, sobre cómo alcanzar la sostenibilidad. Aspectos o variables de evidencia o parámetros de calidad de vida como son la salud, el agua apta para consumo humano, la vivienda digna, la educación gratuita y para todos, la alimentación adecuada y oportuna para todos, no se ven representados ni son prioritarios en la ejecución de los diversos planes de desarrollo y están subordinados a los intereses electorales. La pobreza aumenta y con ello la violencia, en un departamento que ha sido ocupado por migrantes de las diferentes épocas de la violencia.

El departamento se ha diseñado por las actuales administraciones para girar alrededor de los productos tipo exportación, con el propósito de mejorar el PIB, con base en la explotación de los recursos naturales renovables y no renovables, sin tener en cuenta el diagnóstico biofísico natural existente y los principios de la seguridad alimentaria.

La llegada de inversión extranjera y de tecnología variada, se ha convertido en una obsesión de los mandatarios, que adquieren y consumen, más y más recursos naturales renovables, agua, bosque, madera, alimentos, fauna silvestre, acciones que contaminan el aire. La

sociedad de consumo estimula a cada segundo el gasto de derivados del petróleo, hierro, aluminio, carbón, entre muchos otros, que generan residuos no biodegradables, generando contaminación ambiental de todos los órdenes, desde lo local a lo global.

Los procesos de reciclaje o reuso, son mínimos y aparecen por voluntad individual de dirigentes locales. Se ha generalizado el concepto de cambio, de estrenar, en detrimento de la mano de obra experta en la reparación o el arreglo de múltiples utensilios y herramientas; se ha popularizado lo desechable, por su presunta comodidad alterando el orden lógico de una cultura “hacia adentro”, nuestra, de cuidarnos unos a otros, prefiriendo los plásticos de todo orden y de un solo uso, el ladrillo a la madera o guadua, la moto al caballo, el pocillo a la totuma y otros elementos no biodegradables, sin medir ni diseñar la huella ambiental de su manejo posconsumo.

Existe normatividad esparcida para todas las actividades y competencias, sin un eje rector ni una autoridad que ejerza el control y seguimiento al cumplimiento de estas obligaciones, desde la casa. En 2020 terminaría la vida útil de la planta de manejo integral de residuos sólidos biorgánicos del sur, que por más de veinte años le enseñó al país la práctica útil del manejo de los residuos sólidos en la parte alta del río grande de la Magdalena, por la ausencia total de voluntad política de los dirigentes locales o su ignorancia arrogante. Quedará en el Huila una sola alternativa, el relleno sanitario Los Ángeles, en Neiva, muy cerca del DRMI Tatacoa. Sin reciclaje en la fuente, sin reuso, de empresarios foráneos.

El Huila posee dos represas generadoras de energía eléctrica para exportar, despojando de tierra fértil, desplazando agricultores y obligando a altos costos de consumo de los hogares regionales. La mayor cantidad de estos recursos se direccionan a las grandes ciudades y empresas, olvidando a las comunidades rurales dispersas o haciendo mucho más oneroso el servicio, propiciando que estas comunidades tengan que recurrir al bosque para suplir la necesidad de energía para cocinar sus alimentos, aumentando la diferencia entre el campo y la ciudad, con las consecuencias de desigualdad social, económica y de violencia.

El uso del suelo en el Huila con alto grado de conflicto, causado por el uso en ganadería y café, en lo agrícola y en piscicultura de mojarra (que es invasora y de otra región) contradice el discurso del desarrollo sostenible y del manejo integral de los recursos naturales. Se observan escenarios de poder, de una clase dirigente comprometida con estos gremios y sectores, en detrimento de los derechos de igualdad y de manejo adecuado para garantizar los derechos de las próximas generaciones, es decir de los que no han nacido.

Grandes problemas no resueltos tenemos con la generación actual. Así mismo, no se le está dando tiempo a la tierra para recuperarse de la sobreexplotación de que ha sido objeto, donde se ha cambiado el uso del suelo forestal, se han salinizado gran parte de los suelos de terrenos planos (arroz) y se avanza hacia la formación de nuevos desiertos antrópicos. El distrito de manejo integral (DRMI) la Tatacoa requiere de un programa que permita sugerir la disminución de ese fenómeno de desertificación progresiva en el centro del país.

El río grande de la Magdalena ya no resiste más vertimientos. Sus afluentes se han convertido en sitios de disposición final de residuos líquidos y sólidos, perdiendo su magnificencia, su importancia para la supervivencia, para la vida; las laderas se erosionan y empobrecen y se vuelven menos cultivables, más exigentes de fertilizantes externos; el aire que se respira es cada día más dudoso en su calidad; las especies faunísticas y florísticas, aún sin un inventario en detalle, corren el riesgo cierto de desaparecer o extinguir. Se requiere un estudio cada día más en detalle de los aportes de los llamados rastrojos o regeneración natural.

Con todas las noticias propias y externas, con todas las experiencias comprobadas en el entorno y no se aprende, es decir, no se concientiza. Se requieren acciones correctivas, mitigaciones educacionales, minimización o amortiguación para los daños ambientales que diariamente se están causando. El modelo educativo, el plan de educación ambiental regional y local, debe ser estructurado con participación directa de la comunidad, que solucione problemas de conocimiento, de apropiación social, de la gestión de ese conocimiento, a corto, mediano y largo plazo, medible y cuantificable, que integre a todos sus actores sociales.

Se siguen realizando diagnósticos, identificación de causas y efectos, planes, programas, propuestas de mejoramiento. La tarea es identificar las acciones que generen equilibrios, verdaderamente sostenibles y adecuadas. Priorizar en el tiempo su solución.

Frenar la carrera de consumismo en la que ha caído esta generación, mucho mayor que generaciones anteriores, a pesar de la deficiencia o carencia de recursos de la región. En el sector rural se observan televisores de plasma en casas con pisos en tierra. Todos quieren construir o que les construyan las vías hasta la vivienda, ya tienen moto, olvidando la generación de empleo y cultura de los arrieros, por ejemplo. A los centros urbanos de mayor población, al poseer mayor número de votantes, se adjudican los mayores presupuestos.

Por eso, la propuesta del desarrollo sostenible o sustentable, se convierte en una ilusión o distractor, que no se alcanzará si no cambian la imposición de los criterios ambientales economistas, en lo que respecta a la equidad, igualdad o equilibrio, desde lo ambiental, económico, social y cultural.

Es un buen inicio, el imaginarnos generar conciencia ambiental. Un primer debate puede ser qué es conciencia ambiental, sus características, como el propio reconocimiento argumentativo, valoración en todos sus aspectos y la interacción y dependencia de cada uno de los recursos naturales renovables, su uso y manejo adecuado, la generación in situ y ex situ de la educación ambiental aplicada y por supuesto, el reciclaje, reúso, disposición final de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, desde el hogar a lo global.

Es una utopía, en una sociedad que elige dirigencia que pregona acciones, actividades, proyectos, programas y planes ambientales, pero que auspicia, motiva, propone, construir carreteras, servicios públicos, en áreas protegidas o apoya a sectores económicos con alto grado de conflicto por uso del suelo y del agua.

---

## CONCLUSIONES

La situación del manejo ambiental en el departamento del Huila, es de manejo político. Hay acuerdo en la necesidad de la defensa del medio ambiente, pero cada uno defiende sus propios intereses.

El Huila lo tiene todo, para consolidar una región ordenada, obedeciendo sus propios intereses, idealizando la soberanía alimentaria como un eje rector, abriéndole campo al campo.

El Huila debería prepararse para un cambio cultural. Diagnosticar con precisión y priorizar los problemas, con participación comunitaria, en un amplio espacio de debate propositivo y educar para la creatividad social, ambiental, cultural, lo cual requiere del reconocimiento del territorio, de los ecosistemas, de la construcción de una cultura resiliente, adaptativa. La participación de la comunidad en estructurar su propio desarrollo, en una sociedad tan compleja y biodiversa.

La desigualdad, inequidad, subdesarrollo, se debe a una mala distribución de los recursos, no a la falta de ellos. Es la autoridad ambiental quien debe imponerse a los intereses personales mediante la reflexión y el llamado al cumplimiento de los objetivos del milenio. Demostrar su liderazgo.

Esa disyunción entre aprobar la ley, aceptarla y aplicarla, debe asumirla la academia. Desde el preescolar hasta el doctorado, pasando por el colegio, la universidad, la escuela de ciencias, la conferencia, el foro, el debate, la reunión, la asamblea.

Asumir el reto de volver una realidad individual el afán de las cumbres ambientales de jefes de Estado, mediante el debate académico, la discusión abierta sobre la educación que queremos y necesitamos.

Una mejor educación, dirigida a solucionar los problemas reales, de fondo, desde el entorno, con capacidad de liderazgo, con ejemplos prácticos. Por un mundo sin contaminación, con producción limpia, sin desastres ni riesgos, organizados comunitariamente, ocupando espacios de participación comunitaria aprobados por ley. Acompañan esta tarea magna, las tecnologías de la información y la comunicación, para disminuir distancias y acercar conocimientos, ideales, metodologías. Es posible ese mundo que soñamos y nos merecemos.

Se espera el desarrollo del cuarto componente Institución Ambiental Moderna y Generación de Capacidades. Una reestructuración administrativa interna que empodere a los funcionarios como los gestores del desarrollo desde lo ambiental y que refuerce los valores del ser humano, empezando, desde luego, con descifrar los protocolos de la solidaridad, del trabajo en equipo.

“Cambiemos nosotros, para no cambiar el clima”.

---

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), sus funcionarios y director General Camilo Augusto Agudelo, por la autorización y apoyo. A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) CCAV Pitalito, por el apoyo en la contextualización y manejo de metodologías.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Congreso de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. [Ley 99 de 1993]. DO: 41.146.

Constitución Política de Colombia (1991). República de Colombia.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). (2011). *Plan de gestión ambiental regional del departamento del Huila 2011-2023*. CAM.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). (2020). *Plan de acción institucional 2020-2023. Huila, territorio de vida, sostenibilidad y desarrollo*. CAM. **[http://cam.gov.co/images/documents/phocadownload/entidad/Planes/PRELIMINAR\\_PLAN\\_DE\\_ACCION\\_2020-2023\\_2.pdf](http://cam.gov.co/images/documents/phocadownload/entidad/Planes/PRELIMINAR_PLAN_DE_ACCION_2020-2023_2.pdf)**

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). Ficha de Caracterización DPN 2019 Huila. **[http://sirhuila.gov.co/images/sirhuila/SIR\\_2019/FICHAS\\_DE\\_CHARACTERIZACION\\_2019/1\\_Huila.pdf](http://sirhuila.gov.co/images/sirhuila/SIR_2019/FICHAS_DE_CHARACTERIZACION_2019/1_Huila.pdf)**

Gobernación del Huila. (2020). *Plan de desarrollo departamental 2020-2023 “Huila crece”*. **<https://www.huila.gov.co/documentos/1336/plan-de-desarrollo-2020-2023/>**

Holdridge, L.R. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2004, 20 de abril). Por el cual se determinan los Instrumentos de Planificación Ambiental y se adoptan otras disposiciones [Decreto 1200 de 2004]. DO: 45.526.

