

# Efecto de la fertilización con abono orgánico (A.L.O.F.A) en plantas de café (*coffea arábica*)

Effect of fertilization with organic fertilizer (A.L.O.F.A) in caffè plants (*coffea arábica* L.)

C. Montes – Rojas , M del S. Anaya – Flórez 

**Abstract**— This research was carried out in Timbio, Cauca, at 1760 masl, average temperature between 18 and 28°C, 2200 mm of annual average precipitation and 73% relative humidity in order to evaluate the effect of fertilization with A.L.O.F.A. in coffee and offer producers an economical and reliable alternative to give nutrition to their crops. The evaluation was made in coffee plants of the castle - Tambo variety, the application of the treatments was carried out from the moment of the transplant to the field and it was done during the development and growth of the crop making variations in preflowering, flowering and harvest, the effect It was evaluated on plant height, yield and quality of coffee. A randomized complete block design with 3 replications was used, 7 treatments were performed, including the control. It was found that there was no statistically significant effect on plant height, and the best results in terms of yield were obtained with the application of ALOFA at 4% and mycorrhizal inoculants plus ALOFA at 4% surpassing the control at 44.6 and 24% respectively. differences were observed in granate and first harvest.

**Index Terms**—agriculture, fertilizers, microorganisms, organic materials

**Resumen**—La investigación se realizó en Timbio, Cauca, a 1760 m.s.n.m., temperatura promedio entre 18 y 28°C, 2200 mm de precipitación promedio anual y 73% de humedad relativa con el objeto de evaluar el efecto de la fertilización con abono orgánico líquido fermentado aeróbicamente (A.L.O.F.A). en café y ofrecer a los productores una alternativa económica y confiable para dar nutrición a sus cultivos. La evaluación se hizo en plantas de café de la variedad castillo – Tambo, la aplicación de los tratamientos se realizó desde el momento del trasplante a campo y se hizo durante el desarrollo y crecimiento del cultivo haciendo variaciones en prefloración, floración y cosecha, el efecto se evaluó sobre altura de planta, rendimiento y calidad de café. Se utilizó un diseños de bloques completos al azar con 3 repeticiones, se realizaron 7 tratamientos incluido el testigo. Se encontró que no hubo efecto estadísticamente significativo en la altura de planta, y los mejores resultados en cuanto a rendimiento se

obtuvieron con la aplicación de ALOFA al 4% e inoculantes micorrizicos más ALOFA al 4% superando al testigo en 44.6 y 24% respectivamente, estas diferencias se observaron en graneeo y primera cosecha.

**Palabras claves**— agricultura, fertilizantes, materiales orgánicos, microorganismos.

## I. INTRODUCTION

El manejo tradicional del café en Colombia y en el departamento del Cauca, está basado en el uso de fertilizantes de síntesis química, con aplicaciones calendario, lo que ha llevado a tener efectos ambientales negativos y altos costos de producción. Teniendo en cuenta que la fertilización constituye cerca del 20% del costo total, y de éste alrededor del 40% es nitrógeno (N), el cual es importado y los costos de internación en Colombia son un 37% más altos que en otros países de la región como Ecuador o Perú, y casi el doble de los de Brasil, son factores importantes en los que se debe trabajar para bajar costos de producción [1].

El hecho de que el 40% de la fertilización del café sea con Nitrógeno es grave y delicado desde el punto de vista ambiental, porque la contaminación de nitratos de las aguas está muy extendida y a niveles peligrosos en el mundo. Una de las principales razones de la contaminación por fertilizantes de síntesis química es debida a la aplicación excesiva y al hecho de que los cultivos lo usan en forma ineficiente. El fertilizante que no es usado por el cultivo, termina en el medio ambiente, en las aguas de superficie o en aguas subterráneas [2]. Los nutrientes de los fertilizantes que caen en aguas de superficie pueden causar eutrofización, caracterizada inicialmente por una explosión en la población de alga fotosintética, las cuales transforman las aguas, dando un color verde brillante que impide la penetración de la luz más allá de la superficie y consecuentemente matando los organismos que viven en el

Este manuscrito fue enviado el 14 de noviembre de 2018 y aceptado el 26 de junio de 2019.

Artículo de investigación, avalado por la Universidad del Cauca; respaldado por el grupo de investigación para el desarrollo rural TULL de la Universidad del Cauca y el grupo SENNOVA del SENA.

C. Montes – Rojas, Profesora titular en la Universidad del Cauca, Calle 5 # 4 -70, Popayán, Colombia (e-mail: cmontesr@unicauca.edu.co)

M. S. Anaya – Flórez, Instructora Biotecnología en El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Carrera 9 71 – 60, Popayán, Cauca, Colombia (e-mail: manaya@misena.edu.co)

fondo. La vegetación muerta sirve de alimento a otros microorganismos acuáticos que consumen el oxígeno del agua, inhibiendo la descomposición de los residuos orgánicos que se acumulan en el fondo. Eventualmente, tal enriquecimiento de nutrientes en los ecosistemas de agua fresca, llevan a la destrucción de toda la vida animal en los sistemas acuáticos [3].

Con el objeto de aportar a crear sistemas de manejo que sean más amigables con el medio ambiente, donde se provean ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y regulación de plagas a través del diseño de agroecosistemas diversificados, donde se aprovechen los recursos propios de la finca, los residuos animales y vegetales de las unidades productivas esta investigación se propone evaluar el efecto de la fertilización de café con el abono orgánico líquido mineralizado producido por el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), que tiene como base el uso de microorganismos, residuos vegetales, aporte de plantas de cerca viva, minerales y vitaminas para enriquecer su valor nutritivo.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Unidad académica y experimental La sultana, ubicada en la vereda Urubamba II, Municipio de Timbío - Cauca, a 1760 m.s.n.m., con temperaturas promedias entre 18°C y 28°C, 2200 mm de precipitación promedio anual y 73% de humedad relativa [4].

La evaluación se realizó en plantas de café que se trasplantaron a campo de la variedad castillo-Tambo, cuya distancia de siembra es de 1.4m x1.4m. Teniendo en cuenta que el lote venia de pastos, para erradicarlos se hizo aplicación de

herbicida en dos ocasiones y control manual y mecánico con guadaña. Una vez erradicados los pastos el control de arvenses se continuó con manejo mecánico y manual, dejando cubierta vegetal, con el fin de hacer manejo de conservación de suelos.

La siembra del semillero se realizó en febrero de 2015 y el trasplante a campo en noviembre de 2015 por efecto de fenómeno del niño que hizo extender el momento de trasplante a campo.

Las aplicaciones se realizaron durante el desarrollo y crecimiento del cultivo, haciendo variaciones en prefloración, floración y cosecha, como etapas fenológicas determinantes para el manejo y aprovechamiento del cultivo.

El criterio fundamental para las dosis de aplicación estuvo basado en experiencias previas con el producto a ensayar y con base en los requerimientos nutricionales del cultivo de acuerdo a su fase de crecimiento y desarrollo. Las aplicaciones se programaron cada mes y cada dos meses según el estado de crecimiento. Para los tratamientos se utilizó abono orgánico líquido fermentando aeróbicamente (A.L.O.F.A.) al 2 y 4%, comparado con el manejo convencional (testigo) y un abono orgánico comercial. Igualmente se evaluo la combinación con inoculantes micorrizicos (IM) los tratamientos se detallan en la Tabla I.

### A. Descripción del A.L.O.F.A.

El Abono Líquido Orgánico Fermentado aeróbicamente mineralizado tiene por nombre comercial AGROFERTIL; nombre común A.L.O.F.A. y es un líquido soluble en agua. Las materias primas y las cantidades utilizadas para la elaboración del abono orgánico líquido mineralizado se describen en la tabla II.

TABLA I.  
DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Etapa de crecimiento	Testigo (fertilización convencional) = T0	Dosis kg/ha
	Fertilización	
almacigo	Tierra más materia orgánica relación 3:1	330 kg/ha//670 kg suelo
Pre-siembra	Cal dolomita	200 g/planta
Pre-siembra	Compost obtenido de residuos de la finca	600-1000 g/planta
30 días después trasplante (DDT)	10-30-10	15 g/planta
120 DDT	urea	20 g/planta
210 DDT	10-30-10 más menores - relación 3:1	30 g/planta
330 DDT	10-30-10 más menores<. relación 4:1	40 g/planta
En producción - 3 veces por año: marzo, mayo, septiembre	25-4-24 más menores: relación 4:1	70 g/planta
<b>Tratamiento 1= T1</b>		
		A.L.O.F.A
15 DDT	2%: 25 ml/pl, después Aplicar 50 ml/planta cada mes hasta prefloración	
En floración	4%: 100 ml/planta cada mes hasta terminar floración	
Después de floración	8%: 200 ml/planta cada mes hasta cosecha	
Después de cosecha	10%: 200 ml/planta cada 2 meses hasta un mes antes de floración en floración aplicar cada mes hasta cosecha	
<b>Tratamiento 2 = T2</b>		
Aplicar al iniciar ensayo	Inoculantes micorrizicos coadyuvante	80 g/bomba 30 c.c. de Aplicar 50 cc/planta de la mezcla
		A.L.O.F.A.
15 DDT	2%: aplicar 25 ml/planta cada mes 50 ml/planta	
Hasta prefloración	4% 100 ml/planta, cada mes	
Hasta terminar floración	8% 200 ml/planta cada mes	
Hasta cosecha	10% 200 ml/planta cada 2 meses	
Hasta un mes antes de floración	aplicar cada mes hasta cosecha	
En floración		
<b>Tratamiento 3 = T3 (testigo comercial)</b>		
Todo el ciclo de cultivo	biofertilizante comercial BP150	5cc/litro, 2 litros/ha/cada mes
<b>Tratamiento 4=T4</b>		
Aplicar al iniciar el ensayo	Inoculantes micorrizicos coadyuvante	80 g/bomba 30 c.c. Aplicar 50 cc/planta de la mezcla
Todo el ciclo de cultivo	biofertilizante comercial BP150	5cc/litro, 2 litros/ha
<b>Tratamiento 5 = T5</b>		
		A.L.O.F.A.
15 DDT	4%: 25 ml/planta, cada mes	
Hasta prefloración	continuar cada mes 50 ml/planta	
Hasta terminar floración	8%: 100 ml/planta cada mes	
aplicar cada mes hasta cosecha	10%: 200 ml/planta cada 2 meses	
<b>Tratamiento 6 = T6</b>		
Aplicar al iniciar el ensayo	Inoculantes micorrizicos coadyuvante	80 g/bomba 30 c.c. Aplicar 50 cc/planta de la mezcla
		A.L.O.F.A.
15 DDT	4%: 25 ml/planta, cada mes	
En prefloración	continuar cada mes 50 ml/planta	
Hasta terminar floración	8%: 100 ml/planta cada mes	
aplicar cada mes hasta cosecha	10%: 200 ml/planta cada 2 meses	

TABLA II  
MATERIAS PRIMAS DEL ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO  
MINERALIZADO.

Materias primas	Cantidad	Unidad
Botón de oro ( <i>Thitonia</i> )	80	kg
Ramio ( <i>Boehmeria sp</i> )	20	kg
Ácidos húmicos y fúlvicos	4	gal
Sulfato de cobre	2	kg
Sulfato de Zinc	4	kg
Sulfato de magnesio	4	kg
Sulfato de manganeso	4	kg
Sulfato de potasio	4	kg
Sulfato de calcio	4	kg
Sulfato de Hierro	2	kg
Ácido bórico	2	kg
Miel de purga	20	kg
Oxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	4	kg
Fosforita Huila	20	kg
Levadura seca	1	kg
Vitaminas*	1200	g
Ácido ascórbico	100	g
Ácido cítrico	100	g

**Preparación.** En un recipiente de 500 litros se colocaron las plantas, las cuales fueron previamente maceradas en 200 L de agua potable; en otro recipiente que contenía 10 litros de agua se agregaron 100 ml de ácido ascórbico y de ácido cítrico, el sulfato de cobre se diluyó y la mezcla de los 3 se agregó a las plantas, se revolvió suavemente hasta uniformizar la mezcla.

Aparte se diluyeron uno a uno los demás sulfatos, siempre utilizando 10 litros de agua potable más 100 ml de ácido ascórbico y ácido cítrico. Estos se fueron agregando a la mezcla, dejando para el final el sulfato de hierro. El ácido bórico se diluyó en 10 litros de agua potable caliente (70°C – 80°C); la miel de purga y las vitaminas se diluyeron cada uno en 10 litros de agua y se fueron adicionando a la mezcla.

La levadura seca se diluyó en 10 litros de agua potable a 40 °C y se adicionaron 100 ml de miel de purga dejando reposar durante 10 minutos, una vez activada se agregó a la mezcla. Se adicionaron los ácidos húmicos y fúlvicos y la fosforita Huila y por último se adicionó el óxido de silicio diluido en 10 L agua potable, se mezcló uniformemente durante 15 minutos y se tomó el pH.

Se tapó el recipiente y se dejó fermentar aeróbicamente durante 15 días, al cabo de los cuales se retiró el material vegetal, pasando por un cernidor plástico y un filtro, se ajustó a 400 litros el volumen final y pH= 5,7.

#### B. Abono orgánico comercial

Registro de venta ICA # 6870, acondicionador de suelo orgánico mineral que puede utilizarse en mezcla con

biopreparados, microorganismos y biofertilizantes para potenciar la nutrición biológica.

#### C. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones. Acorde con la distribución de las plantas de café variedad castillo – tambo en campo, se realizó la distribución aleatoria de los tratamientos.

#### D. Montaje de los tratamientos

Los tratamientos tal y como se observan están determinados por la edad y requerimientos del cultivo; 15 días después de siembra (DDS) se inició con las fertilizaciones, con el fin de comparar y evaluar el efecto en la altura de planta, producción, calidad de grano de café y estado sanitario de las plantas de café. Las aplicaciones se realizaron planta por planta; para las aplicaciones se utilizó la bomba Royal Cóndor clásica.

#### E. Variables de respuesta

**Análisis del abono líquido orgánico mineralizado.** Se tomaron tres muestras y se enviaron al laboratorio con el fin de realizar análisis para determinar su composición nutricional y determinar la calidad microbiológica.

**Altura de planta:** se evaluó la altura de planta cada 4 meses, se seleccionaron al azar 5 árboles por tratamiento y se midió la altura en cms desde la base del tallo hasta la inserción de la última hoja

**Estado sanitario de las plantas:** se evaluó incidencia e infestación de las plagas limitantes en la producción y calidad del café, con el fin de identificar, controlar y mantener los organismos nocivos por debajo del umbral de daño económico. Como la variedad es resistente a roya, se realizó monitoreo para las dos plagas limitantes mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y broca (*Hypothenemus hampei*), mensualmente desde floración hasta cosecha, aplicando las metodologías diseñadas para determinar niveles de incidencia para mancha de hierro y niveles de infestación para broca [5].

Para mancha de hierro en cada tratamiento se evaluaron 10 árboles al azar, tomando 3 ramas en cada uno, una en la parte baja, una en la parte media y una en la parte superior. En cada rama se registraron los granos totales y los granos afectados.

Para la broca del café en cada tratamiento se evaluaron 10 árboles al azar y de cada uno se tomó una rama productiva, realizando dos conteos para determinar el número total de granos y el número de granos con broca.

Para determinar los niveles de incidencia e infestación de las plagas se utilizó la fórmula sugerida por CENICAFÉ [5]:

$$NIB = \frac{(\text{total granos brocados en 10 ramas})}{\text{total granos en 10 ramas}} \times 100$$

$$NIMH = \frac{(\text{total granos con mancha de Fe en 30 ramas})}{\text{total granos en 30 ramas}} \times 100$$

Dónde:

NIB = Nivel de infestación por broca; NIMH = Nivel de incidencia de mancha de hierro

Producción por planta: se hizo recolección manual del café realizando desplazamientos a través del surco recolectando los frutos, luego se tomaron los árboles individualmente y se recorrieron en zigzag en forma descendente, el recorrido en las ramas se realizó en una sola dirección iniciando con el desprendimiento de los frutos más cercanos al tronco. Se realizó cosecha por tratamiento, contando el número total de árboles cosechados y el peso total de granos por árbol, con el fin de obtener producción por planta.

Calidad de grano (en cosecha). La calidad de grano se evaluó mediante el proceso de beneficio tradicional que incluye despulpado, clasificación por tamaño, fermentación natural, lavado y clasificación por densidad, secado, clasificación por tamaño y trilla. Se evaluó que el fruto fuera de buena calidad, estuviera sano y maduro. Durante la trilla y limpieza de grano se midió la merma, que corresponde al peso del pergamino que se separa de la almendra en la trilla, se expresó en porcentaje. Con el factor de rendimiento en trilla se valoró la calidad del café.

Rendimiento por área (en cosecha). Con la producción/planta y teniendo en cuenta el número de árboles por ha se calculó el rendimiento de cada tratamiento por ha.

#### F. Preparación del lote de siembra

Como el lote venía de siembra con pasto se realizó labranza mínima, aplicación de herbicida y apertura de huecos para trasplante con aplicación de enmienda. Inicialmente se realizó la limpieza para facilitar las labores, posteriormente se picó el suelo y se dejó airear aplicando la enmienda con cal en dosis de 200 g/planta; luego se preparó hasta dejar el suelo suelto y en buenas condiciones para el trasplante de plántulas; se elaboraron los huecos y se aplicó en cada hueco 800 g/planta de materia orgánica. Posteriormente se realizó el trasplante, seleccionando las mejores plantas del almacigo.

#### G. Prácticas culturales

Se realizaron las prácticas culturales que requiere el cultivo de café para una buena producción y manejo sanitario preventivo de plagas, que son usuales en la Unidad académica y experimental La Sultana, donde se sigue el protocolo de producción recomendado por CENICAFÉ. Adicionalmente, se

realizaron las actividades propias del manejo del cultivo del café.

### III. RESULTADOS

#### A. Análisis químico y microbiológico del A.L.O.F.A.

Según la Norma técnica colombiana 5167 [6], por la cual se evalúan los abonos orgánicos, los resultados de los análisis químicos y microbiológicos, demuestran que el abono líquido orgánico fermentado aeróbicamente y mineralizado (A.L.O.F.A.) cumple con los parámetros evaluados de calidad y sus componentes químicos están en los rangos establecidos (Tabla III).

#### B. Efecto de la fertilización con A.L.O.F.A.

La altura de planta fue homogénea en los diferentes tratamientos y el análisis de varianza detectó diferencias estadísticamente significativas ( $P=0.05$ ) entre tratamientos para algunas etapas de evaluación (tabla IV), la prueba de promedios de Duncan ( $P=0.05$ ) clasificó en dos grupos siendo las plantas más altas, los tratamientos T1, T3 y T4 (Fig. 1).

En general se observa que los mejores resultados para altura de planta se obtuvieron con el T4 (IM +abono orgánico comercial) y T3 (abono orgánico comercial) superando a los testigos en 6.2 y 5.6% respectivamente, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por [7] en suelos con baja fertilidad, donde los IM tuvieron efecto benéficos en la nutrición, crecimiento y producción de granos de café y las plantas fueron en promedio 32.8% más altas que los testigos, resaltando que los inóculos con IM no son comúnmente empleados por los productores de la región. En cuanto al fertilizante orgánico el BP 150 tuvo mejor respuesta, lo cual se atribuye a su alto contenido de nitrógeno.

Otros estudios han comprobado que la aplicación de IM como biofertilizantes en diferentes plantas, generalmente tiene efecto sinérgico en la nutrición de la planta y su concomitante beneficio en el desarrollo vegetativo y reproductivo [8], lo cual concuerda con un buen desarrollo de las plantas de café y valores más altos de altura en las plantas de café inoculadas simultáneamente con IM en estos ensayos.

El café es un cultivo que de forma natural establece simbiosis con los IM, sin embargo, las cepas nativas no siempre pueden establecer una simbiosis eficiente; por ello para los cultivos que inicialmente se propagan en viveros, ésta es una fase adecuada para efectuar la inoculación con IM que sean eficientes y altamente competitivos [9].

En la tabla V se relacionan los valores promedios para incidencia por mancha de hierro, donde la primera evaluación alcanzó los valores más altos, pero con la limpieza y cosecha se fueron bajando los niveles y nunca fue necesario realizar control químico.

TABLA III  
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y QUÍMICO DEL A.L.O.F.A.

Análisis microbiológico			
Análisis	Método	Parámetro a caracterizar	
		T1 CFC	Resultado obtenido
Hongos fitopatógenos UFC/g	LBC-197	<10	NTC 5167
Nematodos fitopatógenos	LBC 200	<1	NTC 5167
Densidad a 20 °C	LBC 36	1,0522	
Conductividad eléctrica en 1:200	LBC 41	0,41 dS/m	
pH en 10%	LBC 44	5.13	
	Potenciometría		
Análisis químico			
Parámetro	Resultado	Unidades	Método analítico
Carbono oxidable total	13,7	g/L	Walkley- Black*
pH	5,76		Potenciometro
Densidad (20 °C)	1,29	dS/m	Gravimetrico *
Conductividad eléctrica (1:200)	0,46	g/L	Conductimetro
Sólidos solubles	1,01	g/L	Gravimetrico *
Nitrógeno orgánico	1,2	g/L	Micro-Kjeldhal*
Fósforo soluble	0,16	g/L	Colorimétrico *
Potasio soluble en agua	13,9	g/L	Abs. Atómica *
Calcio soluble	0,76	g/L	Abs. Atómica*
Magnesio soluble	2,95	g/L	Abs. Atómica*
Azufre soluble	12,8	g/L	Turbidimétrico*
Hierro soluble	1,8	g/L	Abs. Atómica *
Manganeso soluble	3443	p.p.m.	Abs. Atómica*
Cobre soluble	296	p.p.m.	Abs. Atómica *
Zinc soluble	5165	p.p.m.	Abs. Atómica*
Boro soluble	3302	p.p.m.	Colorimétrico*
Sodio soluble	2,99	g/L	Emisión de llama *

TABLA IV  
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA ENTRE TRATAMIENTOS A TRAVÉS DEL TIEMPO

ANOVA						
Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Sig.
altura cero DDS	Entre grupos	76,0	6	12,7	2,2	,045
	Dentro de grupos	553,7	98	5,7		
	Total	629,7	104			
Altura 120 DDS	Entre grupos	288,2	6	48,0	2,1	,063
	Dentro de grupos	2269,8	98	23,2		
	Total	2558,0	104			
Altura 240 DDS	Entre grupos	1033,8	6	172,3	3,8	,002
	Dentro de grupos	4471,6	98	45,6		
	Total	5505,4	104			
Altura 360 DDS	Entre grupos	1714,4	6	285,7	2,6	,021
	Dentro de grupos	10642,7	98	108,6		
	Total	12357,0	104			
Altura 480 DDS	Entre grupos	932,2	6	155,4	1,2	,314
	Dentro de grupos	12718,5	98	129,8		
	Total	13650,8	104			
Altura 600 DDS	Entre grupos	2077,3	6	346,2	2,8	,015
	Dentro de grupos	12140,0	98	123,9		
	Total	14217,3	104			
Altura 780DDS	Entre grupos	1704,1	6	284,0	1,8	,114
	Dentro de grupos	15780,1	98	161,0		
	Total	17484,2	104			

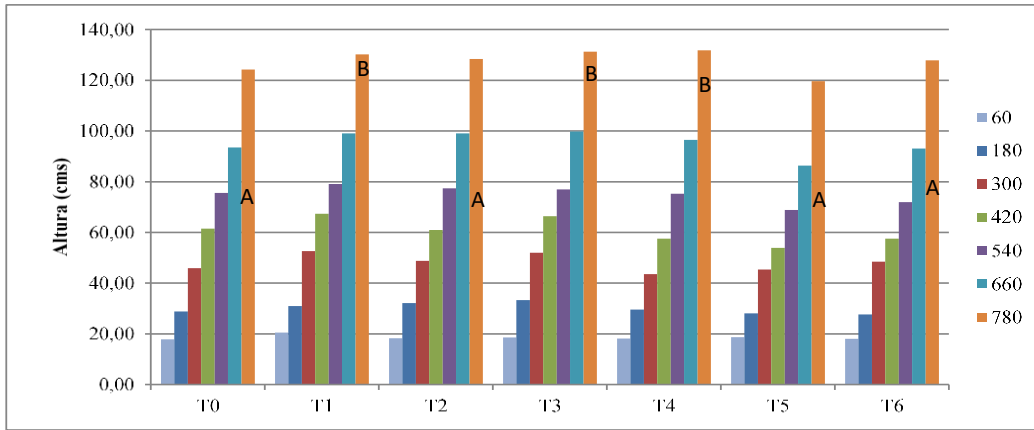


Fig 1. Comportamiento de altura de planta en café de acuerdo a los tratamientos

TABLA V  
PROMEDIOS NIVEL DE AFECTACIÓN POR BROCA (NIB) Y MANCHA DE HIERRO (NIMH).

Trat.	NIB Broca 2017						NIMH Mancha de hierro-2017					
	mes	04	05	06	10	11	12	04	05	06	10	11
T1	0	0	0	4	0	4	32	0,6	0	1	1	1
T2	0	1,2	0	1	0	0	19	0,1	0	1	1	1
T3	0	0	0	3	1	1	3,8	0,6	0	1	0	0
T4	3	0	0	2	1	0	0	0,8	0	3	1	1
T5	2	0	0	1	0	0	1	2,1	0	1	0	0
T6	0	0,7	0	1	0	0	0,6	1,9	0	2	0	0

El método de control de broca utilizado repase y recolecta (re-re), demuestra ser muy eficiente y se ha convertido en una herramienta ambientalista, adoptada por los caficultores colombianos y principal responsable de que los niveles de broca en el país estén por debajo del 2%, con la misma calidad reconocida en el mercado externo, lo cual se evidencio en esta investigación. Importante anotar que se realiza como método preventivo aplicación de *Beauveria bassiana*.

La renovación progresiva de las variedades susceptibles a la enfermedad con variedad Castillo y los adecuados niveles de nutrición en el almácigo y en el establecimiento del cultivo en la finca permiten tener plantaciones de café con muy bajos niveles de la mancha de hierro, enfermedad que ataca las hojas y los frutos [10].

En cuanto a presencia de broca se considera que la afectación fue muy baja, lo cual se explica por el manejo preventivo que se realiza.

*Producción, rendimiento y calidad de grano.* En la zona de investigación la cosecha se estabiliza en el cuarto año con promedio de 600 g/árbol en CPS (café pergamino seco), en esta investigación la cosecha corresponde al grano como comúnmente se conoce y primera cosecha.

Los tratamientos 5, 4 y 2 superan al testigo (Tabla VI) en el grano. En la primera cosecha todos los tratamientos superan al testigo, excepto el T1 y los mejores resultados se obtienen con el T5 y T6, los cuales corresponden a A.L.O.F.A al 4% y A.L.O.F.A. al 4%+IM, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Tabla VII).

TABLA VI  
PROMEDIO DE RENDIMIENTO DEL CAFÉ EN LA SULTANA.

Tratamiento	Grano mitaka 2017(sept-dic)				Primera cosecha cosecha principal año 2018		
	No de plantas	Peso grano parcela (g)	Producción (g/planta)	Rendimiento kg/ha	Peso grano/parcela	Producción (g)/planta	Rendimiento kg/ha
T0	21	553	26	134	34370	1636,7	8347
T1	21	400	19	96,9	23100	1100,0	5610
T2	21	660	31	160	39830	1896,7	9673
T3	21	457	22	111	35280	1680,0	8568
T4	21	367	44	226	42700	2033,3	10370
T5	21	850	56	284	49700	2366,7	12070
T6	21	600	29	146	42910	2043,3	10421

En el cultivo de café en sistema agroforestal los registros de evaluación y seguimiento en la finca, indican que el café alcanza una producción de 75 g/árbol de CPS en la primera cosecha, pasa en el tercer año a 150g/árbol, en el cuarto a 300g/árbol y se estabiliza en el quinto año en 600g/árbol, en esta investigación esta producción se supera en más del 100% en la primera cosecha.

TABLA VII  
ANÁLISIS DE VARIANZA COMPONENTES DE RENDIMIENTO

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso	Entre grupos	1285536000,000	6	214256000,000	0,936	0,500
	Dentro de grupos	3205687800,000	14	228977700,000		
	Total	4491223800,000	20			
Producción	Entre grupos	2915047,619	6	485841,270	0,936	0,500
	Dentro de grupos	7269133,333	14	519223,810		
	Total	10184180,952	20			
Rendimiento	Entre grupos	75820388,571	6	12636731,429	0,936	0,500
	Dentro de grupos	189070158,000	14	13505011,286		
	Total	264890546,571	20			

La respuesta del café a la fertilización con A.L.O.F.A foliar y al suelo, se atribuye a que el abono orgánico mineralizado contiene los elementos esenciales para el buen desarrollo del cultivo y el cumplimiento de sus funciones fisiológicas, adicionalmente el café responde bien a la asociación con micorrizas y establece naturalmente esta asociación. Además, se aprovecharon los espacios mientras cerraba el café para siembra de yuca y árboles para el sistema agroforestal, lo cual desde el punto de vista climático fue muy favorable para el cultivo por el sombrío.

Teniendo en cuenta que la rentabilidad del cultivo de café en Colombia es afectada por el costo de los fertilizantes que representan hasta el 20% de los costos de producción, las búsquedas de nuevas alternativas de fertilización deben ser tenidas en cuenta para la producción de café. Lo anterior, concuerda con [5], quien propone la búsqueda de alternativas nuevas para la nutrición del café, que permitan reducir los costos sin afectar la calidad.

De acuerdo con los reportes de [5], por cada 1.000 kg de café almendra, equivalentes a 1.250 kg de café pergamino seco, se remueven del suelo 31 kg·ha<sup>-1</sup> de N; estos requerimientos se suplen mediante la mineralización de la MO, cuyo contenido varía significativamente en las diferentes regiones cafeteras del país (normalmente entre el 5 y 25%); el restante debe suministrarse a través de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que lo contengan. Los resultados de esta investigación demuestran la respuesta positiva del café a la fertilización orgánica mineralizada tanto en forma foliar como al suelo, las cuales fueron combinadas en esta investigación y durante el fenómeno del niño de 2016, que afecto a los cafetales de la región se notó la diferencia porque los cafetales de la finca no sufrieron con la sequía.

A pesar de que la fertilización foliar no ha sido recomendada para café, los resultados demuestran que el café respondió muy bien a dicha fertilización, lo cual concuerdan con [5] quien afirma que para las condiciones de Colombia las aplicaciones foliares de N, P, K, Mg, B y Fe conllevan a la absorción de estos nutrientes. Igualmente, afirma que la fertilización con abonos químicos puede sustituirse total o parcialmente por la

fertilización orgánica sin que se afecte la producción, siempre que se suministren las cantidades adecuadas, además menciona sobre los efectos favorables en el suelo, lo cual coincide con los resultados altos de rendimiento obtenidos en este trabajo [5].

En calidad de grano se obtuvo una calidad de taza de 84%, lo cual es bueno, pero susceptible de mejorar con técnicas de recolección apropiadas, con una recolección más selectiva y mejorando las condiciones de secado de grano. Como lo afirman [11 y 12] “la calidad de café al final de proceso está determinada por la calidad de la materia prima de acuerdo con los cuidados en el cultivo, la recolección, y el control de las operaciones en la poscosecha”.

#### C. Estudio Costo/Beneficio

Los costos de fertilización e inoculación, incluyendo mano de obra e insumos, se determinaron para cada tratamiento, durante el primer año el costo total estuvo entre \$ 60250 y \$ 340550 siendo el más económico el T5 y el más costoso el T4 por la aplicación de IM. Teniendo en cuenta que en este costo solo se incurre una vez, vale la pena su aplicación por el efecto en los rendimientos, a partir del segundo año, los costos más altos son los de manejo convencional (\$ 173000). El T5 que presentó los mejores rendimientos tiene bajos costos de producción (\$ 79000), lo que se atribuye al aprovechamiento de los recursos de la finca, con manejo ambiental amigable con el medio ambiente y los menores costos de producción del A.L.O.F.A.

Ensayos realizados en pastos y forrajes [13 y 14] demuestran que la fertilización con A.L.O.F.A. reduce costos de producción y aumenta los rendimientos de los cultivos.

## IV. CONCLUSIONES

Se concluye que el abono líquido orgánico fermentado aeróbicamente y mineralizado (A.L.O.F.A.) cumple con los parámetros evaluados de calidad y sus componentes químicos están en los rangos establecidos por la NTC 5167.



La fertilización con ALOFA al 4% y A.L.O.F.A. al 4%+IM, influyeron positivamente en el rendimiento del cultivo de café y superaron al manejo convencional en 44,6 y 24,8%.

La disminución de costos de producción al fertilizar el cultivo de café con A.L.O.F.A. mineralizado a partir del segundo año es del 45% lo cual beneficia directamente a los productores y mejora la rentabilidad del cultivo.

Las buenas condiciones nutricionales del cultivo y el manejo preventivo favorecen su desarrollo y disminuyen las plagas y enfermedades.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca, al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), al Señor Andrés Ordoñez por el apoyo en la realización de esta investigación.

## REFERENCIAS

- [1]. P. Vázquez, M. Z. García, M. C. Navarro, y D. García. "Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero". Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 36, pp. 1351-1356, enero-junio, 2015.
- [2]. R. Cervantes, D. I. Ponce de León, C. C. Balmaseda, J. R. Cabrera, y L.F. Chuairey. "Efecto de la pulpa de *Coffea arábica* L., sobre suelos del macizo montañoso Guamuhaya". Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria, vol. 24(2), pp. 38-43, abril-mayo-junio, 2015.
- [3]. M. M. Machado, C.I. Nicholls, S. M. Márquez, y S. Turbay. "Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico". IDESIA, vol. 33, pp. 69-83, 2015.
- [4]. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento del Cauca*. Popayán: 2015, p. 556.
- [5]. K.S. Sadeghian. "La acidez del suelo una limitante común para el cultivo de café". Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná (Caldas). Avances técnicos Cenicafé, vol. 466, pp. 12, 2016.
- [6]. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2011). NTC 5167: Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. [Online]. Available: <http://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5167.pdf>
- [7]. J. M. Garza, F. J. Marroquín, J. N. Lerma, L. de C. Toledo, M. Martínez, V. Villalobos y J. F. Aguirre. "Biofertilizante micorrizico y fertilizante mineral en el crecimiento de *Elaeis guineensis* Jacq. En vivero". Agroproductividad, vol. 9 (2) pp. 26-33, 2016.
- [8]. R. Cervantes, D. I. Ponce De León, C.C. Balmaseda, J.R. Cabrera, y L.F. Chuairey. "Efecto de la pulpa de *Coffea arábica* L., sobre suelos del macizo montañoso Guamuhaya". Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria, vol. 24(2), pp. 38-43, abril-mayo-junio, 2015.
- [9]. A. C. W. Craparo, P. J. A. Van Asten, P.J.A., P. Läderach, L T. P. Jassogne, and GRAB, S.W. *Coffea arabica* yields decline in Tanzania due to climate change: Global implications". Agricultural and Forest Meteorology, vol. 207 pp. 1-10, 2015.
- [11]. H. Van Der Vossen, B. Bertrand and A. Charrier. "Next generation variety development for sustainable production of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.): a review". Euphytica, vol. 204(2), pp. 1-14, 2015.
- [12]. Ch. Bunn, Läderach, J. G. Pérez, Ch. Montagnon, and T. Schilling. "Multiclass Classification of Agro-Ecological Zones for Arabica Coffee: An Improved Understanding of the Impacts of Climate Change". PLoS ONE, vol.10(10), pp. 1-16, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0140490
- [13]. E. Escamilla, O. Ruiz, A. Zamarripa, A., V. A. González H., "Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México". Revista de Geografía Agrícola, vol. 55, pp. 45-55, 2015.
- [14]. M. Camayo. "Evaluación del efecto del abono orgánico. líquido mineralizado (A.L.O.F.A.) en la producción de biomasa en el cultivo de morera (*Morus alba*)". Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agropecuario, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 2018.
- [15]. J. A. Beltrán, y R. F. Guzmán. "Eficiencia del abono orgánico líquido mineralizado en la producción y composición de forrajes para pastoreo". Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agropecuario, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia, 2018.



**Consuelo Montes Rojas**, nació en Palmira, Valle, Colombia en 1961. Se graduó como Ingeniera Agrónoma en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y de MSc con énfasis en recursos fitogenéticos también en la Universidad Nacional de Colombia. Trabajo en el

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) como asistente de investigación en Fisiología de frijol hasta 1996; entre 1997 y 2000 como documentalista en la biblioteca del CIAT y entre 2001 y 2002 en la Corporación Biotec como coordinadora de la unidad de servicios de información. A partir de enero de 2003 y hasta la actualidad trabaja como profesora en la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Autora de dos libros y varios artículos científicos.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8117-9465>



**Mará del Socorro Anaya Flórez**, nació en Popayán, Cauca, Colombia en 1965. Se graduó como Licenciada en educación especialidad Biología en la Universidad del Cauca y como Especialista en Gerencia ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial en la Universidad Santiago de Cali. – USACA. Desde 1991 Trabaja en el

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, regional Cauca, en el centro agropecuario como instructora de biotecnología, donde realiza trabajos de investigación. Autora de varias cartillas de divulgación.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9208-2845>