

# APORTE DE *Tithonia diversifolia* EN ABONOS ORGÁNICOS: EFECTO EN PRODUCCIÓN Y SUELO EN CAUCA, COLOMBIA

## CONTRIBUTION OF *Tithonia diversifolia* TO ORGANIC FERTILIZERS: EFFECT ON PRODUCTION AND SOIL IN CAUCA, COLOMBIA

### *Tithonia diversifolia* CONTRIBUIÇÃO PARA FERTILIZANTE ORGÂNICO: EFEITO NA PRODUÇÃO E DO SOLO NO CAUCA, COLÔMBIA

MAAYANN LISSETH MORIONES - RUIZ<sup>1</sup>, CONSUELO MONTES - ROJAS<sup>2</sup>

#### RESUMEN

*Se evaluó El aporte de Tithonia diversifolia al compostaje de residuos de finca cafetera y el efecto en la producción de acelga y el suelo, se evaluó con el fin de mejorar calidad del abono orgánico y el aprovechamiento de los recursos de la finca. Se elaboraron 4 compostajes a partir de pulpa de café, troncho plátano, gallinaza agregando tres cantidades diferentes de T. diversifolia; se determinó composición química, análisis microbiológico y aporte de nutrientes. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 4 tratamientos variando la cantidad de botón de oro T1:50% de pulpa de café, 25% de gallinaza, 25% de troncho de plátano; T2: con 20% de Botón de oro; T3: con 33% de Botón de oro, y T4: con 50% de Botón de oro. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas y peso por planta en dos ciclos de siembra. Se determinó que el mayor aumento en rendimiento de la acelga se obtuvo en los T3 y T4 que contenían mayor cantidad de Tithonia diversifolia. Además, la aplicación de los compostajes mejoró las propiedades químicas del suelo, aumentando la CIC, pH, N, K, y Si.*

**Recibido para evaluación:** 6 de Noviembre de 2016. **Aprobado para publicación:** 17 de Mayo de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Ingeniera Agropecuaria. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural (Tull). M Sc. Profesora de planta. Popayán, Colombia.

**Correspondencia:** [cmontesr@unicauca.edu.co](mailto:cmontesr@unicauca.edu.co)

## ABSTRACT

*The contribution of Tithonia diversifolia to the composting of coffee residues and the effect on the production of chard and soil was evaluated, in order to improve the quality of the organic fertilizer and the use of the resources of the farm. 4 compostes were made from coffee pulp, banana tree trunk, gallinaza, adding 3 different amounts of T. diversifolia; Chemical composition, microbiological analysis and nutrient supply were determined. A randomized complete block design was used with three replicates and four treatments varying the amount of gold button T1: 50% coffee pulp, 25% chicken manure, 25% banana stump; T2: with 20% of Gold Button; T3: with 33% of Gold Button, and T4: with 50% of Gold Button. The evaluated variables were plant height, number of leaves and weight per plant in two cycles of planting. It was determined that the highest increase in chard yield was obtained in T3 and T4 containing more Tithonia diversifolia. In addition, the application of composting improves the soil chemical properties by increasing CIC, pH, N, K y Si.*

## RESUMO

*Foi avaliada a contribuição de Tithonia diversifolia de café compostagem de resíduos eo efeito sobre a produção de espinafre e do solo, a fim de melhorar adubo orgânico de qualidade e do uso de recursos agrícolas. 4 compostos foram preparados a partir de polpa de café, perseguir banana, adicionando esterco de galinha três valores diferentes de T. diversifolia; foi determinada composição química, análises microbiológicas e fornecimento de nutrientes. Desenho randomizado blocos completos com 3 repetições e 4 tratamentos variando a quantidade de botão de ouro T1 foi usada: 50% de polpa de café, 25% das aves, 25% do caule da banana; T2: 20% do botão de ouro; T3: 33% de ranúnculo, e T4: 50% de Buttercup. As variáveis avaliadas foram altura da planta, número de folhas e peso por planta em dois ciclos de sementeira. Foi determinado que o maior aumento em Chard desempenho foi obtido em T3 e T4 contendo uma maior quantidade de Tithonia diversifolia. Além disso, a aplicação de compostos químicos melhores propriedades do solo, aumentando CIC, pH, N, K y Si.*

## INTRODUCCIÓN

Antes de que apareciera el fertilizante químico en sus diferentes formas, la forma de proporcionar nutrientes a las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de abonos orgánicos [1]. Por esta razón, el cambio de abonos orgánicos por insumos agrícolas de síntesis química en la fertilización de cultivos, ha ayudado al agotamiento del suelo por la pérdida acelerada de materia orgánica y un desbalance nutricional, lo cual con el paso del tiempo causa pérdida de fertilidad y de capacidad productiva. Además, el uso inadecuado de insumos agrícolas de síntesis química, conduce al surgimiento de problemas del medio ecológico y al deterioro de otros recursos naturales [2] y el medio ambiente.

## PALABRAS CLAVE:

Botón de oro, Residuos vegetales, Enmienda orgánica, Propiedades químicas del suelo, Composición nutricional.

## KEYWORDS:

Golden button, Plant residues, Organic amendment, Soil chemical properties, Nutritional composition.

## PALAVRAS-CHAVE:

Buttercup, Resíduos vegetais, Adubo orgânico, Propriedades químicas do solo, Composição nutricional.

A los abonos orgánicos se atribuyen una serie de cualidades, entre las que destacan su capacidad para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, sustituir las pérdidas de materia orgánica y estimular la actividad biológica [3]. Entre los abonos orgánicos están el compost, el humus de lombriz, la ceniza, los abonos verdes, etc.

Teniendo en cuenta que los abonos orgánicos pueden ayudar a mejorar el suelo y que son susceptibles al mejoramiento de sus propiedades químicas, al abono obtenido por [4], este trabajo se propone incorporar botón de oro (*Tithonia diversifolia*) para determinar el cambio en sus propiedades químicas y mejorar su calidad nutricional por su alto contenido de fósforo, calcio y potasio; minerales necesarios para el crecimiento de las plantas [5].

## MÉTODO

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad del Cauca en Popayán (Colombia). La investigación tuvo dos ciclos de siembra de acelga con el fin de evitar efecto de clima en los resultados.

### Recolección de residuos vegetales

La recolección de pulpa de café y troncho de plátano se realizó en la Unidad Académica y Experimental La Sultana de la Universidad del Cauca y la gallinaza de un vivero de Popayán.

Se recolectaron 436 Kg de botón de oro en cercas vivas y en diferentes unidades productivas de Popayán, tomando la planta completa (tallos, hojas y flores).

### Preparación del compost

Para el compost testigo (T1) se preparó compost utilizando 223 kg de pulpa de café, 113 kg de troncho de plátano y 113 kg de gallinaza.

Se prepararon 449 kg de compost para lo cual fue necesario elaborar una pila de 1m<sup>3</sup> con los siguientes materiales: 250 g de cal agrícola en la base, luego una capa de 3 cm de pasto seco para separar, encima una capa de 10 cm de pulpa de café, otra de 10 cm de gallinaza, seguidamente se mojó el material con una mezcla de 1 kg de miel de purga con 1 L de microorganismos de montaña que se obtuvieron en

los bosques de la Facultad de Ciencias Agrarias, se adicionó una capa de 10 cm de troncho de plátano picado y se cerró la primera secuencia con una capa de pasto de 10 cm, este procedimiento se repitió hasta completar el metro de altura.

Después de 15 días se iniciaron los volteos dos veces/semana, durante el primer volteo se adicionó una mezcla de agua con microorganismos de montaña. Estas actividades se repitieron durante cuatro meses, hasta lograr su maduración.

Para preparar el compost con botón de oro, se separaron las flores de los tallos, se pesaron obteniendo 50 kg de flores y 386 de hojas y tallos, luego se pasó por la picadora el botón de oro y el troncho de plátano, posteriormente se elaboraron las 3 pilas de compostaje separadamente (T2, T3 y T4) siguiendo la metodología antes descrita con las proporciones descritas en el cuadro 1.

Para determinar si los 4 compostajes habían llegado a su etapa de madurez, se tuvo en cuenta que hubiera presencia de insectos como cucarachas, grillos, arañas entre otros; que tuviera olor a tierra húmeda; que su color fuera café oscuro o negro y que la temperatura fuera la del ambiente 18°C.

Se tomaron muestras y luego de homogenizar y procesar se enviaron al laboratorio 300 g de cada compost para evaluar la calidad de acuerdo a lo establecido por la Norma técnica colombiana (NTC 5167 de 2011 segunda actualización), adicionalmente se tomó una muestra de 300 g para análisis microbiológico con el fin de determinar la presencia de microorganismos patógenos.

**Cuadro 1.** Proporción de componentes del compost en los tratamientos.

Trat.	Proporciones en %			
	Pulpa de café	Troncho de plátano	Gallinaza	Botón de oro
T1	50	25	25	0
T2	40	20	20	20
T3	33	16,5	16,5	33
T4	25	12,5	12,5	50

T1 = Compost de finca cafetera

T2 = compost de finca cafetera más botón de oro al 20%

T3 = compost de finca cafetera más botón de oro al 33%

T4 = compost de finca cafetera más botón de oro al 50%

## Diseño experimental

Para evaluar el efecto de los tratamientos, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones. La aplicación de los abonos orgánicos se realizó en 2 momentos: el primero en el trasplante y el segundo a los 30 días después de siembra del cultivo en dosis de 315 g/sitio, como alternativa a los insumos agrícolas de síntesis química. El experimento se realizó durante dos ciclos de siembra.

La parcela experimental estuvo constituida por 5 surcos de 5 m de largo x 2 m de ancho, con calles de 0,5 m entre tratamiento y 0,4 m entre plantas, para un área total de 180 m<sup>2</sup>.

Antes y después de la investigación se tomaron 10 submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm, a través de un doble w imaginaria, luego se homogenizaron las submuestras y se envió 1 kg al laboratorio para análisis.

## Preparación de semilleros y trasplante de acelga

Para la siembra en semillero se preparó una mezcla 1:10:10 de turba de coco: lombrinaza sólida y suelo. A la mezcla del sustrato para los semilleros se le realizó solarización, se sembraron 2 semillas de acelga por alveolo.

15 días antes del trasplante de las plántulas de acelga, se incorporaron 315 g de compost en cada sitio de siembra, para lo cual se hicieron hoyos de 15 cm de profundidad y se mezcló con el suelo para facilitar la absorción de agua.

Cuando las plantas cumplieron 45 días de siembra se procedió a realizar el trasplante a campo.

## Prácticas culturales

Se realizaron aporques, deshieras, riegos, y aplicación de purines fermentados (preparación en un recipiente de cerámica o madera de plantas frescas con agua que se tapan de tal manera que entre aire. Se remueve diariamente hasta que se oscurezca y cese de espumar señal de que esta listo para ser usado). Con el fin de llenar los requerimientos nutricionales de la acelga se hizo aplicación foliar de elementos menores en dosis de 3 cm<sup>3</sup>/L de agua, semanalmente. Se prepararon purines con el fin de controlar *Diabrotica balteata*, a continuación, se relacionan los purines preparados y aplicados:

**Purín para control de masticadores de hojas.** 250 g de polvo de ajo, 250 g de polvo de ají, 20 g de Jabón de coco en 10 L de agua de forma foliar.

**Purín para control de pulgones y áfidos.** 4 ajíes picantes, 1 cebolla cabeza roja, 6 dientes de ajo, 20 g de jabón de coco en 10 L de agua de forma foliar.

**Purín para control de gusano cogollero.** 3 dientes de ajo, 3 cebollas cabezonas rojas, 1 cucharadita de pimienta, 20 g de jabón de coco en 4 L de agua de manera foliar.

**Purín de Ají.** 3 cucharaditas de ají picante, 25 dientes de ajo, 8 cucharaditas de aceite, 1/4 de barra de jabón, 6 cucharadas de alcohol en 10 L de agua de manera foliar.

Fue necesario hacer una aplicación de oxiclورو de cobre en dosis de 3g/L para controlar *Cercospora beticola*.

## Variables Evaluadas

**Altura de plantas de acelga.** Se tomaron 4 hojas por planta/20 plantas, se midió la distancia del suelo a la parte más alta de cada hoja formada, se obtuvo promedio de altura.

**Peso de plantas de acelga.** Se pesaron 20 plantas con raíz al azar en el momento óptimo de cosecha.

**Número de hojas de acelga.** Se tuvo en cuenta que las hojas tuvieran una altura similar para realizar el conteo al momento de la cosecha.

**Variables agronómicas.** La evaluación para plagas se realizó por parcela durante el ciclo productivo tomando una escala de 1 a 5 (cuadro 2)[6].

**Cuadro 2.** Escala para evaluación de plagas.

Calificación	Tipos de daño	Proporción del daño en %
1	Daño bajo	0,1 – 5,5
2	Daño moderado	5,6 – 10,5
3	Daño medio	10,6 – 15,5
4	Daño severo	15,6 – 25,5
5	Daño muy severo	mayor de 25,6

Para evaluar el daño causado por plagas en el cultivo, se registró el número de plantas afectadas y la cantidad de hojas afectadas por planta para cada parcela, el % de infestación/parcela y la intensidad de la infestación/planta se obtuvo mediante las ecuaciones 1 y 2 [6]:

$$\% \text{ Infestación} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas}} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\% \text{ Intensidad de inf.} = \frac{\# \text{ de hojas afectadas}}{\text{Número total de hojas}} * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

**Producción.** La cosecha se realizó manualmente una vez las plantas alcanzaron su punto óptimo de cosecha (99 y 93 días), con altura entre 30 y 40 cm.

### Análisis de datos

Se utilizó el software estadístico SPSS 22. Se realizó análisis de varianza para determinar diferencia entre tratamientos y repeticiones y prueba de promedios de Duncan para establecer diferencias significativas entre tratamientos.

### RESULTADOS

Los análisis del compost (Cuadro 3) muestran que a medida que aumenta el contenido de botón de oro en la mezcla, aumenta la humedad, lo cual se atribuye a la humedad inicial del botón de oro que es alta y puede alcanzar hasta el 85,9% [7], igualmente los contenidos de M.O en los tratamientos T3 y T4 también tuvieron los mayores valores, coincidiendo con las proporciones del 33 y 50% de botón de oro.

La relación C/N obtenida en los cuatro tratamientos (cuadro 3), concuerda con los resultados obtenidos [8] en otros trabajos cuando elaboraron abonos orgánicos a partir de residuos agrícolas y hallaron que en el día 75, la relación C/N presentó valores entre 7 y 12, adicionalmente reporta que para otros investigadores una relación C/N por debajo de 20 es un indicador de madurez del compost aceptable.[8], establece que números demasiado bajos (<10:1) en el compostaje indican inestabilidad final del producto, mientras que [9] propone que un rango de C/N entre 10 y 20 es aceptable, indicando que los abonos con datos menores de 10 tienen una liberación más rápida de nutrientes en especial del N que aquellos con cifras mayores de 20. Estos datos concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

En cuanto a N, P y K todos los tratamientos superaron el 1% de la Norma Técnica Colombiana y los que contienen botón de oro resultaron ser fuentes de hierro, manganeso y sílice al ser comparado con el compost de finca cafetera CFC, que tiene mayor contenido de fósforo, calcio, magnesio y zinc.

En concordancia con lo encontrado por [7], el compost con botón de oro, presento buenos porcentajes de N, P y K lo cual indica que *Tithonia diversifolia* permitió mejorar la calidad nutricional de los abonos orgánicos provenientes de residuos de finca cafetera, además [8] reporta que el botón de oro es fuente de alta calidad orgánica en términos de liberación de nutrientes y capacidad de suministro.

**Cuadro 3.** Resultados análisis de compostajes.

Parámetro	Unidad	Parámetro a caracterizar			
		Resultado obtenido			
		T1	T2	T3	T4
Humedad	%	11,9	14	18,7	20,1
Cenizas	%	53,9	53,3	50,2	51,6
Pérdidas por Volatilización	%	34,1	32,8	31,1	28,4
Carbono Orgánico Oxidable Total	%	9,78	9,49	12,3	11,5
Materia Orgánica (Formula C*2,0)		19,56	18,98	24,6	23
pH (pasta de saturación)		8,58	8,53	8,2	8,16

Parámetro	Unidad	Parámetro a caracterizar			
		Resultado obtenido			
		T1	T2	T3	T4
Densidad (Base Seca - 20°C)	g/cm <sup>3</sup>	0,81	0,72	0,75	0,7
Conductividad Eléctrica	ds/m	10,8	11	14,2	11,8
Retención de Humedad	%	89,7	84,5	87,5	75,1
CIC	(me/100 g)	38,4	51,3	45	44,9
C/N		8	7	9	9
Nitrógeno Orgánico	%	1,18	1,34	1,32	1,3
Fósforo Total (P2O5)	%	3,94	3,67	2,66	2,24
Potasio Total (K2O)	%	2,44	2,66	2,72	2,3
Calcio Total (CaO)	%	23	13,9	9,65	8,69
Magnesio Total (MgO)	%	1,15	0,96	0,89	0,84
Azufre Total (S-SO4)	%	0,38	0,37	0,34	0,26
Hierro Total	%	0,68	1,08	0,98	1,04
Manganeso Total	p.p.m	778	858	788	820
Cobre Total	ppm	37	34	38	33
Zinc Total	ppm	423	305	289	404
Boro Total	ppm	36	27	27,7	33
Sodio Total	%	0,2	0,2	0,169	0,12
Sílice Total SiO2 (Sólido soluble en HF)	%	10,7	16,2	12,5	16,9
Residuo Insoluble en ácido	%	21,8	28,3	28,6	31,7

T1= Compost de finca cafetera

T2= compost de finca cafetera más botón de oro al 20%

T3= compost de finca cafetera más botón de oro al 33%

T4= compost de finca cafetera más botón de oro al 50%

[9] reportan a *Tithonia diversifolia* como fuente de alto contenido de N y P soluble y moderado contenido de lignina con alta biodegradabilidad, lo cual la hace apta y fuente ideal para producción de abonos orgánicos [10], manifiestan que abonos orgánicos a los cuales se ha adicionado *Tithonia diversifolia* tienen la capacidad de liberar nutrientes rápidamente, por lo que se recomiendan para cultivos de ciclo corto o anuales [7] y al comparar abonos orgánicos producidos a partir de *Tithonia diversifolia*, *Panicum maximum* y *Chromolaena odorata*, encontraron que el abono obtenido a partir de botón de oro fue significativamente más alto

en contenido de N, P y K en 28, 18 y 73% respectivamente que *Chromolaena odorata*; igualmente fue significativamente superior al obtenido a partir de *Panicum maximum* en N, K y Ca con un porcentaje de 36, 62 y 73% más alto respectivamente.

Los compostajes con Botón de oro, presentaron valores por debajo en cuanto a Mg, debido a que el contenido de este elemento es 0,046 y 0,069% calificado como bajo [11] lo que concuerda con [7] quienes encontraron que abonos con *Tithonia diversifolia* son bajos en Mg comparado con *Panicum máximo* por lo que se

debe incorporar en el abono con una fuente de Mg para equilibrar la relación de bases con K y Ca. En cuanto al calcio sus valores varían de acuerdo a los contenidos de gallinaza por ser fuente rica con 8,8% [12].

Los tratamientos que contienen botón de oro igualmente presentaron mayor contenido de sílice, mineral que favorece a los vegetales contra el ataque de insectos y microorganismos patógenos, lo cual concuerda con lo afirmado por [13] quien dice que la sílice crea la resistencia a patógenos, insectos, moluscos y permite dar a los cultivos una resistencia a hongos. Además, tiene propiedades antibióticas que favorecen la lignificación de los tejidos, la disminución de la calidad nutricional, la palatabilidad y la digestibilidad, todo lo que genera un decremento en la preferencia de los insectos por las plantas.

### Análisis microbiológico del compostaje

En el cuadro 4 se presentan los resultados del análisis microbiológico de acuerdo a la NTC 5167, cumpliendo con todos los parámetros establecidos, demostrando que está libre de patógenos y que se puede utilizar para abono orgánico sin peligro de contaminación.

**Cuadro 4.** Análisis microbiológico del compostaje.

Análisis	Método	Parámetro a caracterizar				Parámetro
		Resultado obtenido				
		T1	T2	T3	T4	
Rec. Total de Aerobios Mesófilos UFC/g	NTC 4519	180	846	325	128	NTC 5167
Recuento de mohos UFC/g	INVIMA	176	776	256	108	NTC 5167
Recuento de levaduras UFC/g	INVIMA	<10	<10	<10	<10	NTC 5167
NMP de Coliformes Totales/g	NTC 4516	<3	9	23	240	< 1000 NMP o UFC/g o mL
NMP de Coliformes Fecales/g	INVIMA	<3	<3	<3	<3	<3
Salmonella en 25 g	NTC 4574	A	A	A	A	A
Estafilococo coagulasa positiva UFC/g	NTC 4779	<100	<100	<100	<100	—
Escherichia coli	NTC 4458	A	A	A	A	—
Shiguelia	NTC 4458	A	A	A	A	A

T1 = CFC; T2 = CFC + 20%BO; T3 = CFC + 33%BO y

T4 = CFC + 50%BO

A = ausencia

NMP = número más probable

UFC = unidades formadoras de colonias

**Cuadro 5.** Promedios de tratamientos con 4 compostajes aplicados a (*Beta vulgaris* var. cicla).

Tratamiento	Altura de planta	Número de hojas	Peso /planta (g)	Rend. Kg/Ha
1	36,35	14,6	563,05	28154,1
2	38,15	14,4	591,9	29593,7
3	40,4	15,83	679,45	33972,9
4	40,35	15,3	636,8	31841,6

1 = CFC; 2 = CFC + BO20%; T3 = CFC + BO33% y T4 = CFC + BO50%

### Producción de acelga (*Beta vulgaris*)

En el cuadro 5 se registran los promedios para las variables evaluadas durante los dos ciclos de siembra, donde se puede observar que los mejores resultados son para el tratamiento T3 y T4.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza comparación de tratamientos.

Fuentes de variación		Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Sig.
Altura de planta	Entre repeticiones	43,3	14,4	13,9	*
	Entre tratamientos	8,3	1,0		
	Total	51,7			
# de hojas	Entre repeticiones	3,6	1,2	2,4	*
	Entre tratamientos	4,0	,5		
	Total	7,6			
Peso/planta	Entre repeticiones	11598,4	3866,1	,7	,6
	Entre tratamientos	46272,7	5784,1		
	Total	57871,0			
Rend.	Entre repeticiones	92811119,2	30937039,7	44	*
	Entre tratamientos	56334843,6	7041855,5		
	Total	1,491E8			

**Cuadro 7.** Prueba de promedios de Duncan

Altura de planta		
tratamiento	Sugrupo para alfa = 0,05	
	1	2
1	36,35	
2	38,15	
4		40,35
3		44,40
Número de hojas		
2	14,4	
1	14,6	
4		15,30
3		15,83
Rendimiento		
1	28154,1	
2	29593,7	
4		31841,6
3		33972,9

1=CFC; 2= CFC+BO20%; T3= CFC+BO33% y T4= CFC+BO50%

El análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) (cuadro 6) detectó diferencias significativas entre tratamientos para altura de planta, número de hojas y rendimiento.

La prueba de promedios de Duncan ( $p < 0,05$ ) (cuadro 7) formó dos grupos para todas las variables, los mejores resultados fueron obtenidos con los tratamientos cuyo compostaje contenía botón de oro, lo cual confirma que el botón de oro mejora la calidad del compostaje y aporta indirectamente a la nutrición

de la planta, mejorando altura en la planta, mayor número de hojas y rendimiento expresado en peso.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la inclusión de Botón de oro al abono orgánico, tuvo efecto positivo sobre las variables evaluadas en plantas de acelga (*Beta vulgaris*), porque durante los dos ciclos de evaluación el aumento en altura osciló entre 4 y 13%; en número de hojas entre 4 y 6,7%, en peso de planta y rendimiento entre 2 y 22%. En general se observó que las plantas de acelga respondieron mejor a la aplicación con los abonos que contenían mayor cantidad de botón de oro que con aquel que no contenía (testigo).

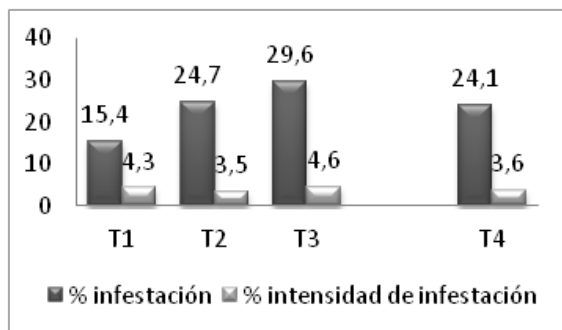
Los requerimientos de las plantas de acelga durante el ciclo de cultivo son elevados en nitrógeno y potasio según [14], debido a que la acelga tiene alto contenido nutricional en hierro, calcio, potasio, zinc, magnesio, sodio y fósforo. Los tratamientos 3 y 4 que contienen 33 y 50% de B. de oro tienen altos contenidos de estos nutrientes, lo cual ayudó al mejor desarrollo de las plantas las cuales fueron capaces de aprovechar los abonos orgánicos en función de su rendimiento.

### Estado sanitario del cultivo

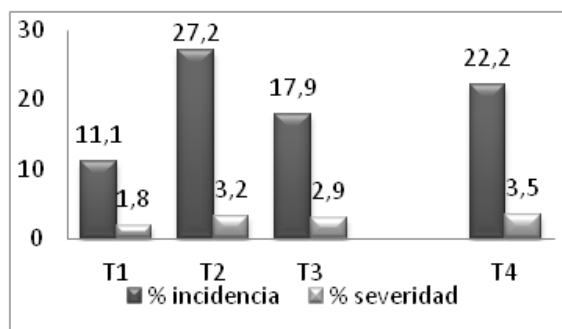
El cultivo de acelga fue afectado por *Diabrotica baltata* y *Cescospora beticola*, el daño se presentó en la lámina foliar causando perforaciones redondeadas sobre el follaje. Estos problemas fitosanitarios no tuvieron repercusión mayor en la producción de las plantas, es decir, no se consideraron de alto riesgo, porque no superó el 5% de severidad.



**Figura 1.** Comportamiento promedios de evaluación para plagas.



**Figura 2.** Comportamiento de evaluación de enfermedades.



T1=CFC; 2= CFC+B020%; T3= CFC+B033% y T4= CFC+B050%

La evaluación de los porcentajes de infestación e incidencia se observan en las figuras 1 y 2.

Teniendo en cuenta que los porcentajes de infestación y los de severidad fueron bajos en la mayoría de los tratamientos, se ejercieron medidas de control con purines preparados con ají, ajo y cebolla, especialmente para el control de insectos, para hongos se hizo 1 aplicación de sulfocálcico.

### Efecto de la aplicación de compostaje al suelo

Los compostajes aplicados mejoraron las propiedades químicas del suelo, en el cuadro 8, se observa que hubo cambio en el pH, el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico los cuales ayudan a mejorar la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo.

El resultado de la comparación de los análisis de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 8), muestran que aumento el pH, efecto positivo que se asocia a la incorporación de cal dolomita que se realizó durante la preparación del terreno (50 kg/180 m<sup>2</sup>), la cual contiene carbonatos dobles de cal-

**Cuadro 8.** Resultados análisis de suelos antes y después de tratamiento.

parámetro	Análisis antes de trat.	Análisis después de tratamientos			
		T1	T2	T3	T4
pH (Un)	5,62	7	6,93	6,97	6,8
MO (g/Kg)	76,52	87,7	84,91	93,39	94,8
P-Brayll (mg/Kg)	15,84	357	256,4	168,57	208,2
Ca (cmol/Kg)	9,31	15,9	15,96	15,81	17,77
Mg (cmol/Kg)	1,26	3,37	2,74	2,93	3
K (cmol/Kg)	0,72	6,07	5,63	6,22	5,06
Na (cmol/Kg)	0,06	0,47	0,49	0,37	0,42
CIC (cmol/Kg)	22,95	31,7	31,3	31,9	29,5
S (mg/Kg)	37,36	82,6	81,64	69,36	68,19
B (mg/Kg)	1,36	2,42	1,99	2,38	1,79
Cu (ppm)	0,56	0,17	0,15	0,12	0,2
Zn (mg/Kg)	1,84	9,08	8,62	7,03	7,02
Mn (mg/Kg)	53,03	35,6	33,68	29,15	29,13
Fe (mg/Kg)	10,21	1,26	0,73	0,73	1,24

T1=CFC; 2= CFC+B020%; T3= CFC+B033% y T4= CFC+B050%

cio y magnesio que reaccionan elevando los valores de pH [15] y a la aplicación de los compostajes realizados como enmienda orgánica, mejorando la disponibilidad y asimilación de nutrientes por la planta. Según [15] a pH con rangos entre 6 y 8 hay mayor disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. A la aplicación de cal dolomita también se le asocia el incremento de calcio y magnesio en el suelo y a algunos residuos vegetales usados para la elaboración del compostaje.

En cuanto a la materia orgánica en el suelo, el mayor contenido se consiguió con la incorporación del T4, el cual fue mayor que el testigo y semejante al T3, lo cual se atribuye a que el T4 contiene mayor cantidad de botón de oro en su mezcla, y esa cantidad se vio reflejada en el aporte al suelo, a su vez la materia orgánica ayuda a aumentar los nutrientes en el suelo y tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC), ayudando a retener cationes en el suelo. Así mismo, se evidenció un aumento en la CIC en el suelo con la incorporación del T3, por encima del testigo. Teniendo en cuenta que la CIC es

una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub> etc.), se mejoraron las propiedades químicas del suelo, porque estos cationes aumentaron. Según [16], la CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con baja CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica.

Es importante anotar, que el compostaje de los residuos orgánicos es una apuesta decidida por la minimización y la valorización de los residuos urbano, agrícolas, forestales y constituye un procedimiento de valorización por obtención, como resultado del proceso de compostaje, de un material útil como abono a partir de una materia prima calificada como residuo, cuya utilización puede ser urbana (parques), agrícola (cultivos más ecológicos) o forestal (recuperación de espacios quemados).

El proceso de compostaje reduce el peso y el volumen de los residuos en un 50% mínimo, además, es un tratamiento alternativo de residuos que los estabiliza, minimizando el impacto ambiental, evitando los riesgos de contaminación que pueden provocar otras alternativas como la incineración y los vertederos. Es una estrategia de conservación de los suelos en la lucha contra su degradación y pérdida de fertilidad.

La utilización del compost, mejora la estructura del suelo, evita así la asfixia radicular, ayuda a desarrollar la actividad microbiana en el mismo y favorece la retención de agua en el terreno. Es un abono natural que concentra gran cantidad de nutrientes. La progresiva integración de los residuos orgánicos fermentables en los ciclos productivos agrícolas, supone un freno a la erosión del suelo, permite la recuperación de espacios degradados o quemados y el desarrollo de una agricultura más ecológica y sostenible que pueda ir prescindiendo de los enormes costos ambientales y económicos de los fertilizantes inorgánicos de síntesis[16].

## CONCLUSIONES

La adición de *Tithonia diversifolia* a los abonos orgánicos provenientes de finca cafetera mejora la calidad nutricional al aumentar los contenidos de N y K, adi-

cionalmente es una fuente de alta calidad orgánica en términos de liberación de nutrientes.

Los compostajes que contienen Botón de oro influyeron positivamente en el desarrollo de plantas de acelga porque aumentaron la altura de las plantas, número de hojas, el peso y rendimiento/ha comparado con el testigo.

Para aumentar el rendimiento comercial de acelga en 153% se debe aplicar 315 g de compostaje conteniendo 33% de botón de oro en siembra y a los 30 días después de siembra.

El compostaje que contiene botón de oro al adicionarlo al suelo mejora características químicas, como contenido de materia orgánica, pH y elementos mayores.

Los compostajes obtenidos cumplen con los parámetros fisicoquímicos requeridos por la NTC 5167 de 2011, lo cual indica que el proceso de compostaje es correcto, en términos de calidad.

El compostaje obtenido cumple con los rangos establecidos por la NTC 5167 en cuanto a calidad microbiológica se refiere, por lo tanto, es inocuo y libre de patógenos.

El proceso de compostaje enriquecido con B. de oro, es una alternativa viable para manejar los recursos propios de la unidad productiva, los residuos de cosecha, residuos fecales de animales productivos, evita contaminación y recupera nutrientes para nuevas cosechas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca por el apoyo en la realización de la investigación y al señor Andrés Ordoñez por su colaboración.

## REFERENCIAS

- [1] KHOMAMI, M.A. and ZADEH, M. Influence of earthworm processed Cow manure on the growth of *Ficus benjamnia*. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6(7), 2013, p. 361-363.
- [2] MOHARANA, P.C. and BISWAS, D.R. Assessment of maturity indices of rock phosphate enriched composts using variable crop residues. Biore-source technology, 222, 2016, p. 1-13.
- [3] WASSENAAR, T., DOELSCH, E., FEDER, F., GUERRIN, F., PAILLAT, J.M., THURIÉS, L. and SAINT-

- MACARY, H. Returning Organic Residues to Agricultural Land (RORAL) – Fuelling the Follow-the-Technology approach. *Agricultural Systems*, 124, 2014, p. 60–69.
- [4] MUÑOZ, J.M. y MUÑOZ, J.A. Evaluación de abonos orgánicos provenientes de residuos de cosecha y plazas de mercado de la ciudad de Popayán utilizando como indicadores plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) y repollo (*Brassica oleracea*) [Tesis Ingeniería Agropecuaria]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, 2012, 58 p.
- [5] OLWAFEMI, A.B. Comparative evaluation of NPK fertilizer and *Thitonia diversifolia* biomass in sweet pepper (*Capsicum annum*) production in Ado ekiti Nigeria. *Journal of life Sciences*, 7(3), 2013, p. 289-292.
- [6] CANELLAS, L.P., OLIVARES, F.L., AGUIAR, N.O., JONES, D.L., PIERLUIGI- MAZZEI, A.N. and PICCOLOC, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 2015, p. 15–27.
- [7] OLABODE, O.S., SOLA, O., AKANBI, W.B., ADESINA, G.O. and BABAJIDE, P.A. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl): A gray for soil improvement. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(4), 2007, p. 503-507.
- [8] LI, R., TAO, R., LING, N. and CHU G. Chemical, organic and bio-fertilizer management practices effect on soil physicochemical property and antagonistic bacteria abundance of a cotton field: Implications for soil biological quality. *Soil & Tillage Research*, 167, 2017, p. 30–38.
- [9] ZHANG, M., LI, B. and XIONG, Z.Q Effects of organic fertilizer on net global warming potential under an intensively managed vegetable field in southeastern China: A three year field study. *Atmospheric Environment*, 145, 2016, p. 92-103.
- [10] KANG, Y., HAO, Y., SHEN, M., ZHAO, Q., LI, Q. and HU, J. Impacts of supplementing chemical fertilizers with organic fertilizers manufactured using pig manure as a substrate on the spread of tetracycline resistance genes in soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 130, 2016, p. 279–288.
- [11] PÉREZ, A., MONTEJO, I., IGLESIAS, J.M., LÓPEZ, O., MARTÍN, G.J., GARCÍA, D.E., IDOLKIS, M. and HERNÁNDEZ, A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32(1), 2009, p. 1-15.
- [12] MIA, W., WUA, L., BROOKESC, P.C., LIUA, Y., ZHANGA, X. and YANGA, X. Changes in soil organic carbon fractions under integrated management systems in a low-productivity paddy soil given different organic amendments and chemical fertilizers. *Soil & Tillage Research*, 163, 2016, p. 64–70.
- [13] TAOA, R., LIANGB, Y., WAKELINC, S.A. and CHU, G. Supplementing chemical fertilizer with an organic component increases soil biological function and quality. *Applied Soil Ecology*, 96, 2015, p. 42–51.
- [14] WEIA, W., YANA, Y., CAO, J., CHRISTIEA, P., ZHANGA, F. and FANA, M. Effects of combined application of organic amendments and fertilizers on crop yield and soil organic matter: An integrated analysis of long-term experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 225, 2016, p. 86–92.
- [15] WUA, Y., ZHAO, C., JUNDE, J. and JUNDE, F. Effects of bio-organic fertilizer on pepper growth and Fusarium wilt biocontrol. *Scientia Horticulturae*, 193, 2015, p. 114–120.
- [16] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). *Propiedades Químicas: Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)* [En línea]. 2016. Disponible en web. <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>