

# EVALUACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS UTILIZANDO COMO INDICADORES PLANTAS DE LECHUGA Y REPOLLO EN POPAYAN, CAUCA

## EVALUATION OF ORGANIC MANURES IN LETTUCE AND CABBAGE PLANTS AT POPAYÁN, CAUCA

## AVALIAÇÃO UTILIZANDO PLANTAS ADUBO ORGÂNICO COMO INDICADORES DE ALFACE E REPOLHO EM POPAYÁN, CAUCA

JUAN MANUEL MUÑOZ C.<sup>1</sup>; JAVIER ANDRÉS MUÑOZ P.<sup>2</sup> Y CONSUELO MONTES R.<sup>2</sup>

### RESUMEN

*Este estudio tuvo por objeto de evaluar abonos orgánicos provenientes de residuos de cosecha y plazas de mercado de Popayán, utilizando plantas de repollo y lechuga. Se recolectaron residuos de fincas de café y plazas de mercados de Popayán, se elaboraron pilas de compost separadamente y se analizó cada compost para determinar contenido de nutrientes. Se aplicó compost en dos etapas de cultivo como fertilizante. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones,  $T_0$ : Testigo, sin abono;  $T_1$ : compost elaborado de pulpa de café, troncho de plátano y gallinaza y  $T_2$ : compost elaborado con residuos de plazas de mercado. Las pruebas físico-químicas del compost cumplieron la norma NTC 5167 y la diferencia radicó en que  $T_1$  es fuente de K y P y  $T_2$  de N; la aplicación del compost al suelo mejoró pH, M.O y CIC; la ganancia promedio en peso para los cultivos supero el 300%; los análisis microbiológicos cumplieron los parámetros de INVIMA de control y vigilancia de calidad de productos alimenticios. Se concluyó que los materiales utilizados para producción de compost*

**Recibido para evaluación:** 25 de junio de 2013. **Aprobado para publicación:** 25 de Febrero de 2015.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, TULL, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural. Ingenieros Agropecuarios. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, TULL, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural. M Sc Profesora de planta. Popayán, Colombia.

**Correspondencia:** cmontesr@unicauca.edu.co

*influyen en las propiedades físico-químicas del abono orgánico y los compostajes cumplieron con 15 parámetros de la norma NTC 5167.*

## ABSTRACT

*This study was realized to evaluate organic manures from residues of crop and markets at Popayán's city, using cabbage and lettuce plants. There were gathered residues of productive units of coffee and principal markets of the city, batteries of compost were elaborated for separated and every compost was analyzed to determine the content of nutrients. The Compost was applied in two stages of culture as alternative to chemical fertilization. Statistical experimental design was completely at random with three treatments and three repetitions, T0: Witness, without any credit; T1: elaborated compost of flesh of coffee, stem of banana and poultry droppings and T2: compost obtained from residues of market. The physicochemical tests met compost NTC 5167 boundaries and the difference was that T1 is a source of K and P, while T2 is N source; compost application in improved soil pH, content of MO and CIC, the average weight gain for cabbage and lettuce exceeded 300%, it not was necessary to provide pest control measures; microbiological test INVIMA met the parameters for quality control and monitoring of foodstuffs. It was concluded that the materials used for compost production influence the physicochemical properties of organic manures and composting met analyzed 15 parameters of the NTC 5167.*

## RESUMO

*Este estudo foi realizado para avaliar fertilizantes orgânicos a partir de resíduos de culturas e mercados da cidade de Popayan, utilizando como indicadores das plantas de repolho e alface. Resíduos foram coletados unidades de produção de café e praças principais nos mercados da cidade, pilhas de compostagem foram preparadas separadamente e analisados a cada composto para determinar o teor de nutrientes. Composto foi aplicado em duas fases da cultura como uma alternativa aos fertilizantes químicos. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições, T0: controle, sem adubação; T1: composto feito a partir de polpa de café, banana e talo de frango e T2: compostagem de resíduos mercados. Os testes físico-met limites composto NTC 5167 e a diferença era que T1 é uma fonte de K e P, enquanto que T2 é a fonte de azoto; aplicação do composto do pH do solo melhorado, teor de MO e CIC, o ganho de peso médio de repolho e alface ultrapassou 300%, foi necessário prever medidas de controle de pragas; análises microbiológicas INVIMA conheceu os parâmetros de controle de qualidade e controle dos gêneros. Concluiu-se que os materiais utilizados para a produção de composto influenciam as propriedades físico-químicas dos fertilizantes orgânicos e compostagem met analisados 15 parâmetros do 5167 NTC.*

## PALABRAS CLAVE:

Compost, Resíduos de cosecha, Infestación, Fertilización, *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea*

## KEY WORDS:

Compost, Crop residues, Infestación, Fertilización, *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea*

## PALAVRAS CHAVE:

Compostagem, Resíduos de colheitas, Infestação, Fertilização, *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea*

## INTRODUCCIÓN

Hacia los años 50, como una solución al aumento de la población mundial se presentó la revolución verde [1], que tenía como fin incrementar la producción de alimentos por planta con el uso de alta tecnología; se crearon nuevos cultivares genéticamente superiores, los cuales producían más que aquellos cultivos tradicionales, con el inconveniente de ser dependientes del hombre y del uso de productos químicos para mantener dichos rendimientos [2].

La ampliación de la frontera urbana, sin planificación y sin ordenamiento territorial, sumado al crecimiento industrial y la modificación de patrones de consumo, han originado un incremento en la generación de residuos sólidos [3]. Sumado a esto el establecimiento de grandes áreas de monocultivos y el uso de agroquímicos para la producción con materiales mejorados, como solución a los problemas de pobreza y hambre del mundo, han causado cambios en los cultivos tradicionales pasando a cultivos mejorados, con el objetivo de obtener alta productividad. Dichos cultivos se hicieron cada vez más vulnerables al ataque de plagas, debido a que éstas desarrollaron resistencia al uso de determinados agroquímicos. [2], haciendo que los agricultores utilicen productos cada vez más tóxicos, los cuales han deteriorado el medio ambiente (contaminación de aguas, pérdida de la biodiversidad de la fauna y flora del ecosistema, de la fertilidad y estructura del suelo, entre otros).

Además bien sea por desconocimiento o por falta de orientación, los agricultores no utilizan los medios que la misma finca les brinda para producir; hoy en día se busca tener una agricultura limpia, la cual se logra mediante la utilización de productos naturales y biodegradables que no alteran el medio ambiente.

El aprovechamiento de los residuos o el denominado reciclaje, ha ganado importancia a nivel mundial [3], una forma de obtenerlos es mediante el aprovechamiento de los restos de cosecha y aquellos residuos sólidos provenientes del sector urbano, como residuos de plazas de mercado. Por esta razón **éste** estudio se propuso evaluar abonos orgánicos provenientes de residuos de cosecha y plazas de mercado de la ciudad de Popayán, utilizando como indicadores plantas de repollo y lechuga.

## MÉTODO

El trabajo se realizó en el lote experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, sede Las Guacas, al nororiente del municipio de Popayán, Vereda Lame. La zona se ubica a una altura de 1900 msnm; temperatura ambiente promedio 19°C, precipitación 2000 mm/año, humedad relativa 80%.

Los compostajes se elaboraron en dos sitios diferentes: el compost de residuos de finca cafetera se elaboró en el área de compostaje de la Facultad de Ciencias Agrarias y el compost de plazas de mercado se preparó en la planta de compostaje de la Unidad municipal de asistencia técnica agropecuaria (UMATA) Popayán.

### Recolección de residuos de unidades productivas de café y de plazas de mercado

Para el compost de residuos de cosecha, se realizó recolección de pulpa de café en la Hacienda El Troje, municipio de Timbío (Cauca), el troncho de plátano y de banano fue recolectado en la finca La Sultana de la Universidad del Cauca y la gallinaza se obtuvo en la vereda Julumito del municipio de Popayán.

Para el compost de residuos de plazas de mercado, se acudió a los principales centros de abasto de alimentos de Popayán y en coordinación con la UMATA (entidad encargada de manejar los residuos sólidos de la ciudad), se realizó una caracterización del mejor material disponible y se desechó aquel que tenía un alto grado de pudrición, vidrios, plásticos o el que presentaba algún tipo de problemas (hongos, enfermedades, etc.).

### Preparación del compost

Una vez seleccionados los materiales se elaboraron las pilas de compostaje de la siguiente manera:

#### Compost proveniente de residuos de finca cafetera

Se utilizaron 400 kg de pulpa de café, 200 kg de troncho de plátano y 200 kg de gallinaza.

Para la preparación de 800 kg de compost se utilizó una compostera de guadua de 1m<sup>3</sup>, de la siguiente manera: se colocaron 250 g de cal agrícola en la base; luego una capa de 3 cm de pasto seco para separar las capas; luego una capa de 10 cm de pulpa de café; una

capa de 10 cm de gallinaza y se humedeció el material con una mezcla de 1 kg de miel de purga con 1 litro de microorganismos efectivos obtenidos en los bosques de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, con el fin de acelerar el proceso de descomposición del material; 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 del altura.

Durante los 15 días iniciales no se realizaron volteos en la pila de compost, con el fin de favorecer la actividad microbiológica para acelerar y mejorar la descomposición de la materia orgánica, luego se realizaron volteos dos veces a la semana para airear el compost durante dos meses, hasta lograr la madurez del compost.

### **Compost proveniente de los residuos de plazas de mercado**

Se preparó en las instalaciones de la UMATA. Inicialmente se hizo una clasificación de una muestra significativa del material para compostar (100 kg), de los cuales el 20% era plátano (hojas, troncho y cáscaras), 24% frutas (maracuyá, naranja, piña, limón y mora), 17% de hortalizas (pimentón, repollo, lechuga, cebolla, coliflor, brócoli, acelga, ají, habichuela, frijol, zanahoria y tomate), 16% maíz (tuzas, hojas y enteros), 12% aguacate (pepas, cáscara y enteros), 8% materiales pequeños que no se pudieron identificar y 3% de materiales no orgánicos (pilas, vidrios, plásticos, etc.).

Para la elaboración del compost, la UMATA recibe los residuos de plazas de mercado tres veces a la semana; éstos se seleccionan, pesan, dividen en partículas más pequeñas y posteriormente se hacen pilas de 2 m de altura y 2 m de diámetro, aplicándoles miel de purga y cal. Luego de tres meses se muelen y se empaquetan en bultos de 50 kg.

### **Análisis del compost**

Se tomó una muestra de 500g de cada tipo de compost para el análisis en el laboratorio, con el fin de determinar el contenido de nutrientes.

### **Análisis inicial de suelos**

Se tomaron cinco sub muestras de suelo en la parcela del ensayo, luego se homogenizaron para obtener una muestra significativa del lote y se enviaron al laboratorio de suelos.

### **Montaje de los tratamientos**

El experimento consistió en aplicar dos dosis de compost en dos etapas del cultivo de repollo y lechuga, como alternativa a la fertilización química.

Para evaluar el efecto de los tratamientos, se utilizó un diseño completamente al azar conformado por tres tratamientos ( $T_0$ ,  $T_1$  y  $T_2$ ), con tres repeticiones, donde cada tratamiento consistió en:  $T_0$  testigo, sin abono ni fertilización;  $T_1$ , aplicación de compost obtenido a partir de pulpa de café, troncho de plátano y gallinaza;  $T_2$ , aplicación de compost obtenido a partir de residuos de plazas de mercado.

Cada parcela experimental fue de 5m de largo x 0,8 m de ancho, con calles de 1 metro.

Se sembraron 32 plantas por cada parcela experimental, de las cuales se evaluaron 25. La aplicación de los abonos orgánicos se realizó en dos momentos: el primero en el trasplante cuando las plantas tuvieron el segundo par de hojas verdaderas (30 días), colocando 500 gramos del compost maduro en cada sitio de siembra en parcelas de repollo y de lechuga; la segunda a la mitad del ciclo del cultivo (45 días para la lechuga y 60 para el repollo), colocando 500 g por planta.

### **Variables a evaluar**

Utilizando plantas de repollo y lechuga como indicadores para evaluar la calidad del compost, se consideraron las siguientes variables: peso de cabeza de lechuga y repollo y calidad sanitaria para lo cual se evaluó la incidencia y severidad de las plagas que se presentaron en el cultivo, utilizando una escala de 1 a 5 propuesta por [4], donde: 1. Menos de 5% de daño; 2. del 5% al 10% de daño; 3. Del 10 al 20% de daño; 4. 20 a 30% de daño y 5. Más de 30% de daño.

### **Análisis microbiológico**

Con el fin de determinar si las plantas eran óptimas o no para el consumo, se realizaron pruebas para recuento de aerobios mesófilos (NTC 4519), de mohos (INVIMA) y levaduras (INVIMA), NMP de coliformes totales (NTC 4516) y fecales (INVIMA), e investigación de *Escherichia coli* (ISO 7251), salmonella (NTC 4574) y Shiguella NTC 4574.

## RESULTADOS

### Recolección de residuos de unidades productivas de café y producción del compost (CFC)

Al Finalizar el proceso de compostaje se obtuvo 450 kg de compost maduro, es decir que hubo una pérdida del 44%, lo cual concuerda con [5], quien afirma que el peso final está entre el 40 y 50% del inicial; estas diferencias ocurren por volatilización de materia orgánica y pérdidas de agua. El compost se almacenó en un lugar fresco y seco en bultos de 50 kg.

### Recolección de residuos de plazas de mercado (CPM)

El compost estuvo maduro a los tres meses y se obtuvieron 1.5 toneladas las cuales se empacaron en bultos de 50 kg y se almacenaron en un lugar seco y fresco con poca luz.

### Análisis del compost

Los resultados de las pruebas físico-químicas realizadas cumplieron con los límites establecidos por la norma NTC 5167, segunda actualización, que establece los requisitos que deben cumplir los compuestos orgánicos usados como abonos o fertilizantes. (Cuadro 1)

La diferencia entre el compost de finca cafetera (CFC) y el compost de plazas de mercado (CPM), radica principalmente en que el primero es fuente de potasio y fósforo, mientras que el segundo es fuente de nitrógeno, lo cual se debe a los componentes utilizados en su preparación.

El troncho de plátano y la pulpa de café son importantes fuentes de potasio; en el caso de la pulpa de café, Suarez de Castro citado por [6], encontró que 100 libras de pulpa de café seco equivalen, con base en su composición química, a 10 libras de fertilizante inorgánico 14-3-37 (N-P-K) reflejando su alto contenido de potasio y su valor como abono orgánico; el troncho de plátano aporta potasio, debido a las altas cantidades que en forma natural absorbe y transloca desde el suelo y que permanecen en los desechos, como lo afirma [7], quien trabajó con cinco sustratos orgánicos (desechos domésticos, estiércol de vacuno, residuos de banano, follaje de ornamentales y broza de café), en los cuales el mayor contenido de potasio lo encontró en los residuos de banano. El mayor con-

tenido de fósforo se debe a la gallinaza, tal y como lo afirma [8], quien encontró que cuando se incluye galli-

Cuadro 1. Análisis físico - químico de compost.

Resultados análisis de compostajes			
Parámetros	CFC	CPM	NTC 5167
Humedad (%)	10,64	10,8	Máximo 20
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,67	0,66	Máximo 0.6
Conductividad eléctrica (msm)	8,86	14,75	N.A
CRA (g/100 g abono)	136,28	136,76	Mínimo 100
Geniza (%)	57,01	38,57	N.A.
Pérdidas por calcinación (%)	42,99	38,57	N.A.
pH	7,47	7,12	>4>9
Carbonatos	2,07	4,45	N.A.
Carbono orgánico (C%)	14,31	15,79	Mínimo 15
Materia orgánica (%M.O)	24,68	27,22	Mínimo 25
C/N	15,59	13,92	N.A
CIC (meq/100g)	53,97	52,77	Mínimo 30
Nitrógeno total (%N)	0,92	1,13	N.A
Fosforo total (% P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> )	1,29	1,07	N.A
Potasio Total (% K <sup>2</sup> O)	2,31	1,92	Si >1
Calcio total (% CaO)	1,88	5,09	N.A
Magnesio total (% MgO)	1,5	1,47	N.A
Sodio total (% Na)	0,767	1,167	N.A
Datos complementarios no exigidos por la norma NTC 5167			
Extracto húmico total (%C)	1,01	1,94	.
Ácidos fúlvicos (%C)	0,32	1,9	.
Ácidos húmicos (%C)	0,05	0,04	.
C no extraíble (%C)	11,23	9,4	.
Fósforo orgánico (%P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> )	0,37	0,24	.
Fósforo inorgánico (%P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> )	0,92	0,83	.
Material superior 2 mm (%)	36,38	38,3	.

\*N.A. = no aplica

naza en la elaboración del abono orgánico, se aumenta el contenido de fósforo.

El CPM resulta ser una fuente de N, lo cual coincide con [7], quienes determinaron que los compostajes producidos con desechos domésticos y material de podas, son los que muestran los mayores valores de N, siendo el doméstico el de contenidos mayores. Además, los dos compostajes se consideran fuentes de calcio. Lo anterior demuestra que los materiales utilizados en la elaboración de compost influyen en las propiedades físico-químicas finales del abono orgánico.

### Efecto de la aplicación de compost en el suelo

Se observó efecto positivo sobre las propiedades químicas del suelo, al comparar los análisis realizados antes y después de la aplicación de los abonos orgánicos en los dos tratamientos (Cuadro 2). Se mejoró notablemente el pH, el contenido de M.O y la CIC, que son propiedades del suelo que mejoran la disponibilidad de nutrientes para los cultivos.

El análisis final de suelos muestra que la aplicación del compost afectó positivamente el pH, pasando de 5,5 a 6,15 para las parcelas con CFC y a 6,11 para parcelas con aplicación de CPM, indicando que la aplicación de abonos tiene efecto directo sobre el pH del suelo; lo cual mejora la disponibilidad de nutrientes y disminuye la necesidad de encalar; estos resultados concuerdan con los obtenidos por [9], quienes encontraron un incremento en el pH del suelo con la aplicación de abonos orgánicos en dos zonas y lo atribuyeron al contenido de cationes básicos (Ca, Mg y K) presentes en estos abonos, lo que provocó una reducción en las concentraciones de iones intercambiables (Al y H).

En los dos tratamientos se evidenció un incremento en la capacidad de intercambio catiónico, pasando de 7,47 meq/100g a 34,7 meq/100g en CFC y a 10,36 meq/100g en CPM, resultados que coinciden con [10], quienes obtuvieron una gran variación en CIC entre 25 muestras de compost, la cual cambió desde 36 a 228,6 meq/100g. [10], aseguran que el compost tiene una alta capacidad de adsorción físico química de cationes que se incrementa durante el proceso de humificación; [9], muestran el efecto de la aplicación de dos compostajes que favorecen la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE); además, los ácidos húmicos y fúlvicos incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la

**Cuadro 2.** Análisis de suelos y análisis de los abonos.

<b>Análisis de suelos antes y después de tratamiento</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Inicial</b>	<b>Suelo con aplicación de CFC</b>	<b>Suelo con aplicación de CPM después</b>
pH	5,5	6,15	6,11
N total	0,34	0,55	0,65
M.O. (%)	6,82	11	13
P (ppm)	12	12,3	17,7
Ca (meq/100 g)	4,9	7	6,47
Mg (meq/100 g)	1,2	1,5	1,3
K (meq/100 g)	0,9	2,02	1,84
Na (meq/100 g)	0,47	24,18	0,75
CICe (meq/100 g)	7,47	34,7	10,36

CFC: Compost de finca cafetera; CPM: compost de plazas de mercado.

retención de humedad [11], tal y como lo muestra el cuadro 2.

El efecto que los abonos orgánicos ejercen sobre el contenido de nitrógeno en el suelo es variable; esto puede deberse a que la disponibilidad de este elemento desde los residuos es compleja y está influenciada por diversas transformaciones químicas, físicas y biológicas. Estos procesos y transformaciones están afectados principalmente por factores como la relación carbono/nitrógeno y el contenido de nitrógeno del residuo, la humedad, temperatura y características del suelo, así como por la forma de aplicación y la cantidad de abono empleada [12]. En este caso, el nitrógeno total del suelo mejoró, pasando de 0,34% a 0,55% para el CFC y a 0,65% en CPM.

### Comparación de los dos tipos de compost utilizando como indicador plantas de repollo y lechuga

La aplicación de los abonos orgánicos tuvo efecto positivo sobre la producción de plantas de lechuga y repollo (Cuadro 3). La ganancia promedio en peso para lechuga fue del 420% y para repollo de 334% con respecto al testigo en el tratamiento CFC. Para el tratamiento CPM, la ganancia en peso para lechuga fue de 379,5% y para repollo de 364% con respecto al testigo.

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos al evaluar el peso de 25 cabezas de lechuga y 25 de repollo para los tres tratamientos. Se observa que el mayor peso para el repollo fue con el tratamiento CPM y para lechuga con el tratamiento CFC.

**Cuadro 3.** Peso promedio para lechuga y repollo.

Peso promedio (g)				
	Lechuga			
Tratamiento	1	2	3	Promedio
Testigo	65,6	67,8	37,2	56,87
CFC	271,6	226,8	219,2	239,2
CPM	208,8	217	221,8	215,87
	Repollo			
Tratamiento	1	2	3	Promedio
Testigo	364,2	800	400	521,4
CFC	1.952	1.874	1.402	1.742,67
CPM	1.828	2.236	1.632	1.898,67

Los análisis de varianza para lechuga y repollo permiten detectar diferencias significativas entre tratamientos (Cuadros 4 y 5) y la prueba de Duncan (Cuadro 6 y 7), muestra diferencias altamente significativas entre el testigo y los dos tratamientos en lechuga y entre los 3 tratamientos en repollo.

En los cuadros anteriores se muestra el efecto de la aplicación de los dos tipos de compostaje sobre el peso de plantas de lechuga y repollo; la lechuga responde mejor a la aplicación de CFC y el repollo a la aplicación de CPM, lo cual se debe a que cada compostaje aporta nutrientes diferentes y las especies tienen requerimientos nutricionales distintos.

Los requerimientos nutricionales de lechuga y repollo son diferentes en cuanto a potasio y nitrógeno; las plantas de lechuga exigen 15% más potasio que el repollo, mientras el repollo exige 50% más de ni-

**Cuadro 4.** Análisis de varianza para peso de lechuga.

Fuentes de variación	GI	SC	CM	FC	FT (5%)
Tratamiento	2	59.070,89	29.535,44	0,18	5,1433*
Error	6	965.712,41	160.952,07		
Total	8	1.024.783,3			

**Cuadro 5.** Análisis de varianza para peso del repollo.

Fuentes de variación	GI	SC	CM	FC	FT (5%)
Tratamiento	2	3.275.525,5	1.637.762,8	0,16	5,1433*
Error	6	62.948.725	10.491.454		
Total	8	66.224.251			

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan para el peso de la lechuga (5%).

Característica	Tratamiento	Peso g/planta	
Peso promedio de lechuga	Testigo	56,87	a
	CFC	239,2	b
	CPM	215,87	b

**Cuadro 7.** Prueba de Duncan para el peso del repollo (5%).

Característica	Tratamiento	Peso g/planta	
Peso promedio de repollo	Testigo	548,07	a
	CFC	1.742,67	b
	CPM	1.898,67	c

trógeno que la lechuga por cada tonelada producida [13] y sus necesidades de nutrientes se ordenan así: N>Ca>K>Mg>P>S [14]. Además, el repollo tiene un alto contenido de calcio, lo cual hace que el cultivo sea exigente en este elemento; el CPM es fuente de nitrógeno y calcio, por lo que el repollo se desarrolló y tuvo mejor producción con este tratamiento.

La mayor CIC se obtuvo con el tratamiento CFC, lo cual mejoró la disponibilidad de nutrientes; así mismo, se mejoró el contenido de cationes básicos (Ca, Mg y K) y los hizo más accequibles a la planta; como la lechuga demanda mayor cantidad de K que el repollo, se puede inferir que por esta razón respondió mejor a este tratamiento que al CPM.

Los abonos orgánicos empleados presentaron ácidos húmicos que favorecen la actividad de la flora microbiana del suelo, con lo que aumenta la mine-

ralización, la materia orgánica y la consecuente liberación de nutrimentos a formas disponibles para las raíces de las plantas. Igualmente, estimulan el desarrollo de la raíz y a nivel foliar aumentan la permeabilidad de la membrana celular, facilitando la absorción de nutrimentos [11].

Como se observa, una de las ventajas del uso de abonos orgánicos es el aporte gradual y constante de todos los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, reponiendo la extracción por las cosechas; lo que no sucede con los fertilizantes minerales que aceleran el agotamiento de aquellos nutrientes que no son aplicados al suelo [15].

### Calidad sanitaria

Las plagas que afectaron el cultivo de lechuga fueron cochinilla (*Pseudococcus* spp), babosa (*Arion subfuscus* D.) y diabrotica (*Diabrotica* sp), mientras que la chiza (*Phyllophaga* spp) y mariposa blanca (*Pieris brassicae*) afectaron el cultivo de repollo. Tanto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) como en repollo (*Brassica oleracea*. Var. *Capitata*), las parcelas que se vieron más afectadas por las plagas fueron las testigo.

De 288 plantas de lechuga, la cochinilla afectó diez plantas, la babosa cinco y la diabrotica ocho; de 288 plantas de repollo, la chiza afectó cinco plantas y la mariposa blanca 14; teniendo en cuenta que el % de infestación fue menor al 5%, no fue necesario establecer medidas de control diferentes al control cultural.

La baja infestación de plagas se explica por la aplicación de abonos orgánicos al suelo, coincidiendo con [16], quienes afirman que la aplicación de compost al suelo tiene el potencial de promover el control biológico de enfermedades de plantas. Igualmente, [16], afirman que estos abonos pueden introducir agentes de biocontrol al suelo y proporcionar alimento para su establecimiento y actividad. [16], afirma que pueden mejorar la condición de la raíz y aportar nutrientes a la planta, lo que favorece un crecimiento adecuado del cultivo que le permite tolerar las enfermedades o escapar de la infección.

Otra práctica que favoreció la ausencia de enfermedades fue la aplicación de productos de biocontrol, en este caso se hizo aplicación preventiva de caldo sulfocálcico, con las primeras lluvias que podían favorecer el desarrollo de hongos.

Este bajo índice de daño por plagas en los cultivos de repollo y lechuga, se puede atribuir también a la reducción de las condiciones que favorecen el desarrollo de los enemigos naturales que ya están presentes en el suelo, debido a la adición de materia orgánica, la cual incrementa sustancialmente la actividad microbiana de los suelos porque provee una fuente de carbono, energía y nutrientes para favorecer el crecimiento, actividad y número de microorganismos [17].

Además del efecto supresor sobre las plagas, los microorganismos del suelo son de gran importancia en el reciclaje de materia orgánica ya que sus componentes nutritivos son fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas. Un suelo pobre, a menudo tiene un bajo contenido de materia orgánica y, consecuentemente, una baja población de microorganismos del suelo [17].

### Análisis microbiológico.

En el cuadro 8 se observan los resultados del análisis microbiológico del repollo, los resultados cumplen con los parámetros establecidos por el INVIMA para el control y vigilancia de la calidad de productos alimenticios, lo cual indica que es un producto libre de mi-

**Cuadro 8.** Análisis microbiológico del repollo.

ANÁLISIS	RESULTADO MICROBIOLÓGICO				
	Método	Espec.	Testigo	CFC	CPM
NPM de coliforme totales/g	NTC 4516	<150	<3	<3	<3
NPM de coliforme fecales 45 oC/g	INVIMA	<3	<3	<3	<3
Salmonella en 25 g	NTC 4574	Ausen.	Ausen.	Ausen.	Ausen.
Recuento de aerobios mesofilos	NTC 4519		104000	320000	1600
Recuento de Mohos	INVIMA		<10	<100	<10
Recuento de levaduras	INVIMA		<10	<10	<10
Invest. de <i>Escherichiae coli</i>	ISO 7251		Ausen.	Ausen.	Ausen.
Listeria monocytogenes	INVIMA		Ausen.	Ausen.	Ausen.
Shiguella	NTC 4574		Ausen.	Ausen.	Ausencia

croorganismos que puedan afectar la salud humana, es decir es un producto inocuo.

La disminución de la carga microbiana patógena del compost ocurre en dos fases: fase mesófila y fase termófila [18]. La fase mesófila tiene efecto cuando el compost es calentado a una temperatura de 38°C durante 15 días, donde hay una gran disminución del número de microorganismos patógenos; y la etapa termófila ocurre cuando la temperatura del compost supera los 53°C se pasteuriza el material y se eliminan en un 99,9% las bacterias patógenas, virus, huevos de áscaris, Shigella, Salmonella y coliformes totales, tal como lo afirman [18].

## CONCLUSIONES

Si se aplican 11520 kg/ha de abono orgánico al cultivo de lechuga se obtienen rendimientos de 5511 kg/ha con el CFC y 4797 kg/ha con el CPM; y si se aplican 23040 kg/ha de abono orgánico al cultivo de repollo se obtienen rendimientos de 40151 con CFC y 43745 kg/ha con el CPM.

La aplicación de abonos orgánicos generó un efecto positivo sobre las propiedades químicas del suelo, mejorando notablemente el pH, la CIC, que son propiedades del suelo que mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo para los cultivos.

La aplicación de compost al suelo favorece el control biológico de plagas.

Los materiales utilizados en la elaboración del compost influyen en las propiedades físico-químicas finales del abono orgánico.

El CFC cumple con 15 de los 18 parámetros de la norma NTC 5167, mientras que el CPM cumple con 16 requisitos que deben cumplir los compuestos orgánicos usados como abonos o fertilizantes.

La aplicación de los compostajes evaluados no afectó la calidad microbiológica del repollo cumpliendo con los parámetros establecidos por el INVIMA para el control y vigilancia de la calidad de productos alimenticios, lo cual indica que es un producto libre de microorganismos.

Los resultados del análisis microbiológico demuestran que los productos obtenidos en la presente investiga-

ción, poseen la inocuidad que se exige para el consumo de hortalizas y la aplicación de abonos orgánicos maduros aumenta los rendimientos, disminuye la incidencia de plagas y mejora las características, físicas, químicas y biológicas del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca por el apoyo en la realización de la investigación y al trabajo de grado de Juan Manuel Muñoz y Javier Andrés Muñoz, del cual se derivó el presente documento.

## REFERENCIAS

- [1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. La revolución verde. 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/kids/es/revolution.html> [Citado 20 Junio de 2011].
- [2] LEÓN, S. T. y RODRÍGUEZ, S.L. Ciencia, Tecnología y Ambiente en la Agricultura Colombiana. 2002. [En línea]. Disponible en: [http://www.kus.uu.se/CF/Cuaderno\\_04.pdf](http://www.kus.uu.se/CF/Cuaderno_04.pdf) [Citado 20 Junio de 2011].
- [3] CRUZ, C. E., CAN-CHULIM, A., BUGARÍN, M., PINEDA, P.J., FLORES, C.R., JUÁREZ, L.P., ALEJO, S.G. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana, 37(3), 2014, p. 289-295.
- [4] GANUZA, L. E. Disponibilidad de nutrientes en fertilizantes orgánicos e inorgánicos a corto plazo en cultivo de lechuga y espinaca [Tesis Ingeniero Agrónomo]. Navarra (España): Universidad pública de Navarra. 2014, 80 p.
- [5] GORDILLO, F., PERALTA, E., CHÁVEZ, E., CONTRERAS, V., CAMPUZANO, A. y RUIZ, O. Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar). RIA, 37(2), 2011, P. 140-149. 2011, p. 140-149.
- [6] CERVANTES, R., CASTRO, L. C.I., Cabrera, A., J. R., FERNÁNDEZ, V. D. Efecto de la pulpa de cafeto (*Coffea arabica* L.) variedad arábica sobre propiedades químicas de tres suelos del macizo montañoso Guamuhaya. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 23(3), 2014, P. 17-21.
- [7] CONTRERAS, J.L., ROJAS, J., ACEVEDO, I. y ADAMS, M. Caracterización de las propiedades

- físicas y bioquímicas del vermicompost de pergamino de café y estiércol de bovino. Revista Facultad de Agronomía, 1(1), 2014, p. 489-501.
- [8] VALERY, A., REYES, I. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L). Nota Técnica, Trujillo (Venezuela). Laboratorio de Investigación de Suelos. Departamento de Ciencias Agrarias. 2007, 36 p.
- [9] OROZCO, R. y MUÑOZ, R. Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 25(1), 2012, p. 16-31.
- [10] RAMOS, D., TERRY ALFONSO, C. E. SOTO, G. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35(4), 2014, p. 52-59.
- [11] ROMERO, F.J.C. Relación carbono nitrógeno en el proceso de lombricompostaje y su potencial nutrimental en jitomate menta. Proyecto de grado para optar por al título de maestro en ciencias. Texcoco (México): Colegio de posgraduados, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, 2013, 160 p.
- [12] PÉREZ, M.V, CABALLERO, R., ÁLVAREZ, P. Ch., CHÁVEZ, D., RODRÍGUEZ A., ALIOSKY. C. B. Determinación de niveles críticos externos de fósforo y potasio en huertos intensivos. *Centro Agrícola*, 39(2), 2012, p.13-17.
- [13] CIAMPITTI, I. y GARCIA, F. Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. *Boletín Técnico*, Buenos Aires (Argentina): International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2007, 120 p.
- [14] HERRERA, C., JARAMILLO, J., PINZON, H. y SANCHEZ, G. Taller de hortalizas, productividad y mercadeo. *Revista ventana al campo*, Bogotá (Colombia): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA- Tibaitata), 2012, 25 p.
- [15] VALVERDE, F., ALVARADO, S., TORRES, C., QUISHPE, J., y PARRA, R. Los abonos orgánicos en la productividad de papa (*Solanum tuberosum* L.). IV Congreso Ecuatoriano de la papa, Guaranda, 28 - 30 de junio del 2011. Quito (Ecuador): Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2011, 11 p.
- [16] ARTAVIA, S., URIBE, L., SABORÍO, F., ARAUZ, L.F. y CASTRO, L. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquizque (*Xanthosoma sagittifolium*). San José de Costa Rica (Costa Rica): Instituto Tecnológico de Costa Rica, Agronomía Costarricense, 2010, 34(1): p. 17-29.
- [17] MORENO, A., GARCÍA, G.L., GUTIÉRREZ, P., CANO, R. V., MARTÍNEZ, C. C., MÁRQUEZ, H. N, y RODRÍGUEZ, D. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y recursos*, 1(2), 2014, p.163-173.
- [18] ARAYA, M., TAPIA, A., MATA, R., SERRANO, E. y ACUÑA, O. Efecto de la aplicación de compost y nematocida sobre la dinámica de las poblaciones de microorganismos, nematodos fitoparásitos del suelo y la salud del sistema radical en el cultivo del banano (*Musa aaa*) sembrado en domos. *Agronomía Costarricense*, 38(2), 2014, p. 93-105