

# EFEECTO DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DEL FIQUE EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ

## EFFECT OF ORGANIC FERTILIZER FROM FIQUE SUBPRODUCTS IN CORN PRODUCTION

## EFEITO DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS NOS SUBPRODUTOS DE FIQUE PRODUÇÃO DE MILHO

JULIÁN ACOSTA M.<sup>1</sup>, ANDRÉS HURTADO B.<sup>2</sup>, OSCAR ARANGO B.<sup>3</sup>, DAVID ALVAREZ S.,<sup>4</sup>  
CLAUDIA SALAZAR G.<sup>5</sup>

### RESUMEN

*Se evaluaron seis tratamientos de abonos orgánicos elaborados a partir de subproductos del procesamiento de fique (*Furcraea gigantea* Vent.) como alternativa para suplir los requerimientos nutricionales del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Municipio de Guaitarilla (Nariño, Colombia). Para la elaboración de los abonos se empleó la técnica Bocashi modificada, evaluando tres relaciones carbono:nitrógeno (10:1, 20:1 y 30:1) y dos fuentes de microorganismos descomponedores (microorganismos efectivos (EM) y levadura comercial). Cada tratamiento fue evaluado en campo utilizando un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial donde el factor A correspondió a los diferentes abonos orgánicos (Ta-Tf) y el factor B a las dosis de fertilización: 3, 6 y 9 t/ha, adicionalmente se valoró un testigo con fertilización química (Tq) y un testigo sin fertilización (To). Como variables de respuesta se estudiaron la altura de la planta (AP),*

**Recibido para evaluación:**19/07/2011. **Aprobado para publicación:** 17/01/2013

- 1 Ingeniero Agroindustrial. Profesor Hora cátedra. Aspirante a M.Sc. Investigador Tecnologías Emergentes en Agroindustria. Universidad de Nariño
- 2 Ingeniero Químico Ph.D. Profesor Asociado Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Director Grupo de Investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria.
- 3 Ingeniero Agroindustrial M.Sc. Profesor Asistente Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño.
- 4 Ingeniero Agrónomo. Aspirante a M.Sc. Investigador Tecnologías Emergentes en Agroindustria. Universidad de Nariño.
- 5 Ingeniera Agrónoma M.Sc. Profesora Asistente Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Nariño.

**Correspondencia:** grupotea@udenar.edu.co

rendimiento (RTO), número de granos por mazorca (GM) y peso de cien granos (PC). El mejor tratamiento fue Tb (20:1+EM), el cual superó de forma significativa ( $P \leq 0,05$ ) al testigo con fertilización química en las variables: AP, RTO y PC; se concluyó que es posible utilizar el abono orgánico de fique como alternativa de fertilización en la producción de maíz.

## ABSTRACT

Six treatments of organic fertilizers made with fique's (*Furcraea gigantea* Vent.) processing by products were evaluated as an option to supply the nutritional requirements in corn plant's (*Zea mays* L.), in the municipality of Guaitarrilla (Nariño, Colombia). To made the organic fertilizers, the Bocashi modified method was used, where three carbon:nitrogen relationship (10:1, 20:1 and 30:1) and two different decomposing microorganisms (effective microorganisms (EM) and commercial yeast) were evaluated. Each treatment was evaluated on the field using a completely randomized block design with factorial arrangement, where factor A was the different organic fertilizers (Ta-Tf) and factor B was the fertilization dosage: 3, 6, and 9 t/ha. Further a chemical fertilizer treatment (Tq) was used as a reference and a no fertilized plot (To). The response variables studied were the plant height (AP), the plant productivity (RTO), the number of grains per ear (GM) and the weight of one hundred grains (PC). The best treatment was Tb (20:1+EM), which exceeded significantly ( $P \leq 0,05$ ) the chemical fertilizer in the variables: AP, RTO and PC; it was concluded that is possible use the organic fertilizer obtained from fique's byproducts as an option to chemical fertilization in corn plants production.

## RESUMO

Seis tratamentos foram avaliados agronomicamente feitos com fertilizantes orgânicos de subprodutos de processamento de fique (*Furcraea gigantea* Ven.) como uma alternativa para atender as necessidades nutricionais do milho (*Zea mays* L.) no Município de Guaitarrilla (Nariño-Colombia). Para isso, foi usada a técnica modificada chamada Bocashi avaliando três relações de carbono e nitrogênio (10:1, 20:1 e 30:1) e duas fontes de microrganismos decompositores (EM e levedura comercial), cada tratamento foi avaliada no campo através de um desenho de bloco ao acaso, com arranjo fatorial, onde o fator A correspondeu a adubo orgânico diferente (Ta-Tf) e fator B correspondeu a taxas de fertilização: 3, 6 e 9 t/ha, adicionalmente foi avaliado um teste com adubação química (Tq) e um controle sem fertilização (To) os resultados determinaram que o tratamento Tb (20:1+EM) apresentou os melhores resultados ( $P \leq 0,05$ ) nas variáveis estudadas (altura da planta, produção, número de grãos por espiga, peso de cem grãos), superando o controle químico (Tq), determinando que seja possível a utilização de adubo orgânico a partir de resíduos de fique como uma alternativa para a produção do milho.

## PALABRAS CLAVE:

*Furcraea gigantea*, Fique, Bocashi, *Zea mays*, Abono.

## KEY WORDS:

*Furcraea gigantea*, Fique, Bokashi, *Zea mays*, Organic fertilization.

## PALAVRAS-CHAVE:

*Furcraea gigantea*, Fique bagaço, Bocashi, *Zea mays*, Adubação orgânica.

## INTRODUCCIÓN

*Zea mays L.*, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen y debido a sus grandes bondades y multitud de usos se ha convertido en el cultivo más importante entre los cereales a nivel mundial por su producción (795.935.000 t, en la temporada 2009-2010, superando al trigo y al arroz). En Colombia el maíz es uno de los renglones más importantes de la producción agrícola nacional y se encuentra ampliamente difundido en todas las regiones del país, dada su especial adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y socioeconómicas. En la producción tecnificada los rendimientos alcanzan 4.5 - 11 t/ha, pero los rendimientos obtenidos por los pequeños productores son solo del orden de 1,8 t/ha. Para el año 2009 la superficie sembrada fue de 542.053 ha con una producción de 1.446.879 t, mientras que las importaciones alcanzaron la cifra de 3.212.000 t [1, 2].

En el departamento de Nariño (suroccidente de Colombia) este cultivo forma parte esencial de la dieta alimenticia de los agricultores y es un alimento básico para los animales; además, de la importancia para la generación de empleo rural y la ocupación del área agrícola [3], representando en el 2009 cerca de 8.865 ha como monocultivo y 607 ha como cultivo asociado [4].

El rendimiento del cultivo de maíz que se obtiene en las zonas productoras del departamento de Nariño es bajo, debido a factores tales como el escaso potencial productivo de las variedades sembradas, el desconocimiento de las normas técnicas de manejo del cultivo y, principalmente, a una fertilización inadecuada, dado el alto costo de los fertilizantes químicos [3].

Como posible solución a lo anterior, diferentes investigadores han estudiado las ventajas que ofrecen los abonos orgánicos, los cuales influyen sobre la fertilidad de los suelos mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, ventajas que difícilmente se logran con los fertilizantes sintéticos [5,6]. El bocashi es un tipo de abono orgánico que ha ganado notoriedad a nivel mundial, debido a que se obtiene a través de un proceso de fermentación aeróbica, este abono puede ser elaborado a partir de materiales orgánicos locales de fácil consecución según la zona de estudio, destacándose la utilización de desechos vegetales generados como subproductos de la producción de diferentes cultivos, brindando una solución ambiental y económica para el agricultor [7, 8].

Actualmente en Colombia los desechos sólidos (bagazos) derivados de la industria de la fibra natural de fique (*Furcraea* spp.) no cuentan con un manejo adecuado y son arrojados sobre terrenos que rodean quebradas y ríos después del proceso de desfibrado, lo que ocasiona graves problemas de contaminación de los recursos hídricos debido a que los lixiviados de estos bagazos poseen sustancias tóxicas y una alta demanda bioquímica de oxígeno [9]. Conscientes de la necesidad de lograr un mejor aprovechamiento de la planta de fique, reduciendo el impacto ambiental de su procesamiento y generando mayor valor agregado para los productores, el grupo de investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria de la Universidad de Nariño (Pasto, Colombia) desarrolló el programa de investigación titulado "Valoración de Subproductos de la Agroindustria del Fique", dentro del cual se estudió el proceso de elaboración de abonos a partir de bagazo de fique [10].

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes formulaciones de abonos orgánicos, obtenidos a partir de subproductos de fique, sobre parámetros fitométricos y productivos de un cultivo de maíz.

## MÉTODO

El presente trabajo se desarrolló en la Vereda Villanueva, municipio de Guaitarilla, (Departamento de Nariño, suroccidente de Colombia) ubicado a 1°09'39" de latitud norte y 77°32'2" de longitud oeste de Greenwich; altitud de 2.100 msnm, temperatura media de 19°C y una precipitación promedio anual de 1.100 mm. Los suelos se clasifican como Tropepts, Orthents, formados a partir de materiales ígneos, superficiales, bien drenados y de fertilidad moderada [11]; con las propiedades fisicoquímicas que se presentan en el Cuadro 1.

### Obtención y evaluación del bagazo de fique

Se obtuvo bagazo de fique de la variedad "negra común" (*Furcraea gigantea* Vent.), generado en el proceso de desfibrado de un cultivo comercial de la zona donde se desarrolló el estudio. Una vez colectado, el material fue llevado a un galpón tipo invernadero, el cual se construyó específicamente para desarrollar el proceso de compostaje, en el Centro de Beneficio de Fique perteneciente a la Asociación de Productores de Fique de Guaitarilla (APROFILLA) ubicado en la Vereda

**Cuadro 1.** Caracterización física y química del terreno experimental

Parámetro	Valor promedio
pH	4,6
Materia orgánica (%)	4,02
Textura	Arcilloso
CIC (cmolk <sup>-1</sup> )	14,30
Nitrógeno total (%)	0,9
Fosforo (mgkg <sup>-1</sup> )	8,41
Potasio (cmolk <sup>-1</sup> )	0,45
Carbono orgánico (%)	2,33

Villanueva. Se tomaron tres muestras cada una de un kilogramo para determinar en laboratorio las características fisicoquímicas del bagazo.

El bagazo de fique se dejó secar de forma natural en el galpón hasta alcanzar un valor promedio de 40% de humedad, como etapa previa necesaria para su utilización en la elaboración del abono orgánico.

### Elaboración de los abonos orgánicos

La elaboración de los abonos tipo bocashi, se realizó según la metodología descrita por Restrepo [12], con algunas modificaciones. Se evaluaron tres relaciones carbono:nitrógeno (10:1, 20:1 y 30:1) las cuales se establecieron mediante la adición de estiércol bovino a los biosólidos de fique, según balances de materia. Se evaluaron dos tipos de microorganismos promotores de descomposición así: a) microorganismos efectivos (EM, BIOL®) *Lacobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomonas palustris*; y b) levadura comercial (LC) *Saccharomyces cerevisiae*. En el Cuadro 2 se indican las cantidades utilizadas para obtener una tonelada de abono orgánico según las anteriores relaciones.

A cada uno de los tratamientos evaluados se le adicionó en su elaboración: cal agrícola 1 Kg, fosforita (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 4 Kg, melaza (miel de caña) 1L y leche ácida 1L; el período de compostaje de los abonos fue de 50 días. Se realizaron volteos diarios a los tratamientos para controlar la temperatura, oxigenación y humedad.

### Establecimiento del cultivo experimental

El ensayo se realizó en un área total de 5.000 m<sup>2</sup>, con unidades experimentales de 60 m<sup>2</sup> (6 x 10 m), utilizando una distancia de siembra entre surcos de 1m y entre plantas de 0,80 m; los surcos fueron de 10 m

de largo por 6 m de ancho y un área útil por tratamiento de 50 m<sup>2</sup> excluyendo los surcos del perímetro para disminuir el efecto borde.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, donde el factor A correspondió a los tratamientos (Ta, Tb, Tc, Td, Te y Tf) y el factor B correspondió a las dosis de fertilización: 3, 6 y 9 t/ha, adicionalmente se valoró un testigo con fertilización química (Tq) y un control sin fertilización (To); todos los tratamientos se evaluaron por triplicado.

Las dosis del fertilizante químico fueron establecidas según análisis previos de suelo, con los siguientes niveles: 114 kg/ha N, 115 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 44 kg/ha K<sub>2</sub>O.

### Evaluación de las variables fitométricas en el cultivo de maíz

Para la determinación de variables de respuesta en el ensayo, se eligieron al azar 60 plantas de maíz por cada unidad experimental en las cuales se realizaron las mediciones de los siguientes descriptores:

**Altura de la planta (AP).** Longitud desde el inicio del tallo (nivel del suelo) hasta la base de la espiga, una vez alcanzada la etapa de máximo crecimiento en el 50 % de las plantas de la parcela útil [13]

**Rendimiento (RTO).** Se calculó con base en la cosecha de la parcela útil, llevando el contenido de humedad de los granos hasta un 14% mediante secado en una mufla a 40°C por 24 horas y ajustando el rendimiento por hectárea, según la siguiente fórmula (Ec. 1) [14]:

**Cuadro 2.** Cantidades de materias primas utilizadas para obtener una tonelada de abono orgánico

Tratamiento	Relación C:N	Biosólidos de fique (kg)	Estiércol bovino (kg)	Inoculo de microorganismos*
Ta	10:1	700	300	EM
Tb	20:1	800	200	EM
Tc	30:1	900	100	EM
Td	10:1	700	300	LC
Te	20:1	800	200	LC
Tf	30:1	900	100	LC

\* EM= microorganismos efectivos; LC= levadura comercial.

$$RTO = \frac{[(RP \times 10.000 \text{ m}^2 / AC \text{ m}^2)]}{[(100 - \% HM) / 86]} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

RTO = Rendimiento de maíz en Kg/ha

RP = Rendimiento por parcela

AC = Área constante

HM = Humedad de la muestra

86 = Constante

### Número de granos por mazorca (GM)

De la muestra seleccionada se realizó el conteo de granos por cada mazorca en una muestra al azar tomada del área útil.

### Peso de cien granos (PC)

Es el peso de 100 granos secos de cada parcela escogidos al azar, registrando este valor con base en una humedad de 14%.

### Análisis estadístico

Se efectuó un análisis de varianza ANDEVA y prueba de comparación de medias LSD ( $\alpha = 0,05$ ) mediante el programa estadístico INFOSAT versión 2.1 [15].

## RESULTADOS

### Análisis del bagazo de fique

El Cuadro 3 muestra los valores correspondientes a las características de composición del bagazo de fique en base húmeda; en dicho cuadro se destaca que este biosólido presentó un alto contenido de humedad (81,7%), encontrándose este parámetro dentro de los límites superiores aceptados para las materias primas frescas en la elaboración de abonos fermentados [16]. Investigaciones realizadas con residuos de "sisal" (*Agave sisalana* Perry), una planta que comparte la misma familia botánica del fique, indican que el contenido de humedad es un factor limitante para el empleo de los residuos sólidos en un proceso de fermentación aeróbica [17]. Por lo anterior, se decidió realizar volteos permanentes en los

**Cuadro 3.** Análisis bromatológico del bagazo de fique

Parámetro	Bagazo de fique
Humedad (%)	81,7
N (%)	0,24
P (%)	0,06
K (%)	0,40
C (%)	9,42
C:N	39,3
pH	4,5

primeros siete días del proceso de compostaje del bagazo. Algunos estudios indican que este tipo de materiales orgánicos no pueden almacenarse durante largos periodos antes que comience su degradación [18]; por lo cual se debe iniciar su proceso de secado, manejo y disposición final, inmediatamente se obtenga este material.

El análisis bromatológico indica que los biosólidos de fique presentaron un pH promedio de 5, el cual es adecuado para el desarrollo de hongos en ambiente aeróbico en un compostaje eficiente [19], facilitando la técnica de bocashi, la cual basa su eficiencia en la adición de microorganismos que aceleran la descomposición del material orgánico [12].

El principal factor limitante para el empleo de los residuos de fique en la elaboración de abonos orgánicos, es el bajo contenido de fósforo como elemento esencial (Cuadro 3), justificando el enriquecimiento de este elemento con la adición de fosforita comercial (P205 al 28%) según la técnica empleada [12].

### Análisis de variables fitométricas en el cultivo de maíz

Hay que destacar que la presente investigación estuvo afectada por condiciones climáticas secas, las cuales influyeron en el normal desarrollo del cultivo de maíz, por tanto, se hizo necesaria la aplicación de riego de manera uniforme en el ensayo.

El análisis estadístico permitió determinar que solo existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los parámetros fitométricos y de productividad del maíz debidos al factor tratamiento, es decir, a las diferentes formulaciones de los abonos. No se encontraron diferencias significativas en la respuesta del maíz asociadas a la dosis de aplicación de los abonos. Esto último coincide con otros estudios en los que se determinó que la mejor respuesta del cultivo de

maíz a la aplicación de abonos orgánicos con características similares al abono de fique, se presenta con dosis de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> [20, 21].

### Altura de la planta (AP)

El análisis de la variable altura de la planta (AP), indica que existe una respuesta diferencial del cultivo de maíz a la aplicación de los diferentes tratamientos (formulaciones del abono), destacándose que el mayor porte de la planta se presentó con la incorporación de los tratamientos Ta (10:1+EM) y Tb (20:1+EM) (Figura 1), con alturas promedio de 213,83 y 202,50 cm respectivamente, presentando diferencias estadísticas respecto al testigo con fertilización química (165,85 cm) y al control sin fertilización (152,40 cm). El menor crecimiento observado en el testigo con fertilización química puede ser atribuido en parte a las condiciones climáticas de sequía presentes en el ensayo, puesto que el limitado suministro de agua en el suelo disminuye la asimilación de nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos de la planta especialmente cuando se aplican fuentes sintéticas [22].

Los resultados promedio de altura de la planta obtenidos concuerdan con los del estudio de Mayea [23], quien observó que el uso de compost proporcionó mayor altura a las plantas de maíz. En otro estudio donde se hizo aplicación de pulpa de café y compost en plantas de maíz, se determinó que la fertilización con abonos orgánicos suplementados con fuentes fosfóricas ejercen un efecto significativo sobre el desarrollo de las plantas de maíz [24].

No se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la altura o porte de las plantas relacionadas con el aumento en la dosis de los abonos, lo cual indica que con la dosis mínima aplicada de 3000 t/ha, el abono orgánico logró satisfacer todos los requerimientos nutricionales de la planta.

### Granos por mazorca (GM)

En esta variable de estudio sólo se pudo diferenciar estadísticamente ( $P \leq 0,05$ ) al testigo absoluto (To) frente a los demás tratamientos evaluados (Figura 2) ya que este resultado está determinado primordialmente por la información genética del material utilizado [25]. Sin embargo, es posible reconocer que la relación genotipo:ambiente (condiciones climáticas y suelo) favorece o no la cantidad y calidad de granos que una mazorca pueda llegar a tener, integrándose de forma discreta la aplicación del abono orgánico en esta variable de estudio.

Las parcelas experimentales con aplicación de fertilizante químico (Tq), no presentaron un incremento significativo para esta variable ya que posiblemente las condiciones agroclimáticas afectaron directamente el llenado de granos, similar conclusión presentó un ensayo en trigo, indicando que la falta de humedad durante el llenado de granos afecta negativamente el rendimiento de granos durante este estadio crítico del crecimiento, ya que la planta necesita mayor suministro de nutrientes los cuales sólo son asimilables al presentarse una humedad adecuada en el suelo [26].

Figura 1. Prueba L.S.D. Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) Altura de Planta (AP)

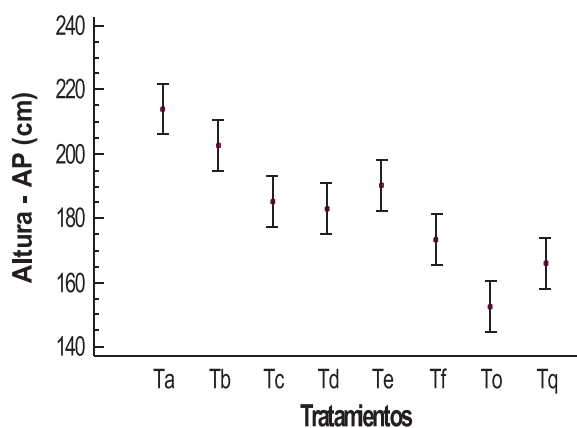
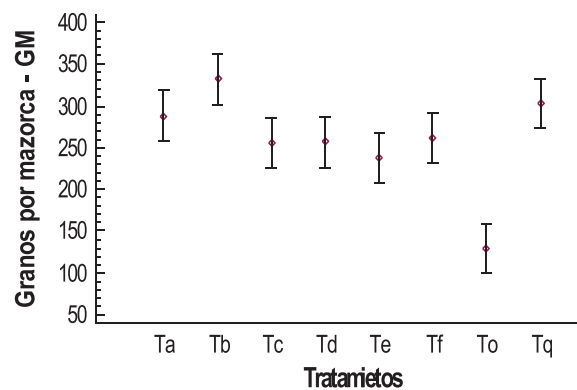


Figura 2. Prueba L.S.D. Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) Granos por Mazorca (GM)



Ta= 10:1+ME; Tb= 20:1+ME; Tc= 30:1+ME; Td= 10:1+LC; Te= 20:1+LC; Tf= 30:1+LC; To= testigo absoluto; Tq= testigo químico.

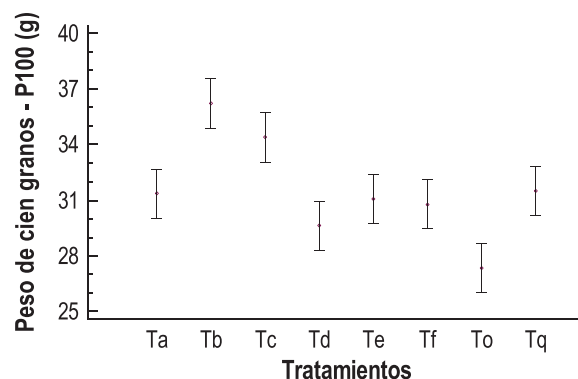
### Peso de cien granos (P100)

En la figura 3 se observa que hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento Tb (20:1+EM) presentó el mejor P100 con un promedio de 36,26 g, seguido del tratamiento Tc (30:1+EM) con 34,39 g. Se debe resaltar que estos resultados se encuentran dentro del promedio normal obtenido en la zona para cultivos con fertilización química y el mismo material de siembra [3].

El P100 obtenido para el testigo con fertilización química (Tq) fue 31,49 g, el cual es inferior al promedio reportado para la zona. La escasa humedad condiciona la respuesta del fertilizante, limitando su difusión desde la solución del suelo hacia las raíces, por lo cual el testigo con fertilización química, bajo las condiciones agroclimáticas del estudio, se encontró bajo cierta desventaja en comparación con los abonos orgánicos.

Con respecto al mayor peso obtenido en la variable P100 para los tratamientos con fertilización orgánica, se destaca que el tamaño del grano depende, entre otras causas, de su contenido de humedad [27]; el cual está directamente relacionado con una apropiada humedad edáfica. Esta humedad es mejorada con la incorporación de abonos orgánicos, ya que éstos mantienen y mejoran la estructura de suelo, incrementan la capacidad de retención de humedad y facilitan la disponibilidad de nutrientes para las plantas [5].

Figura 3. Prueba L.S.D. Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) Peso de cien granos (P100)



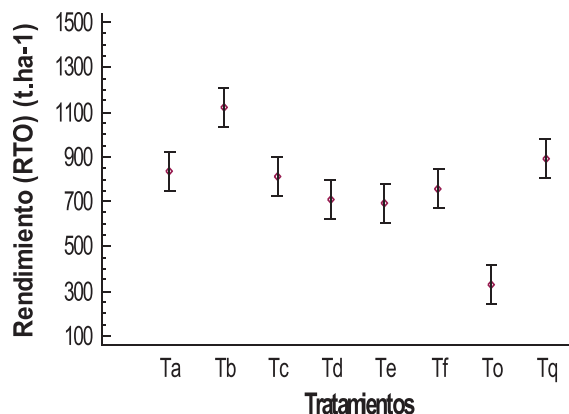
### Rendimiento (RTO)

Con el tratamiento Tb (20:1+EM) se obtuvo un rendimiento de 1,12 t/ha, el cual fue significativamente superior ( $P < 0,05$ ) al obtenido con el testigo con fertilización química y al de los demás tratamientos (Figura 4), sin embargo no igualó al rendimiento promedio reportado para la zona que es de 1,50 t/ha [4].

Los abonos orgánicos permiten una liberación lenta y progresiva de nutrientes como el nitrógeno, el cual permanece retenido y no se pierde parcialmente por lavado [28].

En los abonos orgánicos elaborados con la técnica bocashi se encuentran bacterias ácido lácticas y fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores los cuales al aplicarlos al suelo, dentro de un sistema de fertilización, incrementan la presencia de microorganismos benéficos que sintetizan diferentes tipos de sustancias estimulantes del crecimiento vegetal, además tienen la capacidad de mineralizar sustancias orgánicas en los alrededores de las raíces, haciendo disponible para la planta formas minerales asimilables como nitrógeno, azufre, fósforo aminoácidos, vitaminas, ácidos orgánicos, enzimas y sustancias antioxidantes que a su vez influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, incidiendo de esta forma en mayores rendimientos en los cultivos [17].

Figura 4. Prueba L.S.D. Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) Rendimiento (RTO)



## CONCLUSIONES

Mediante la incorporación de abonos orgánicos elaborados a partir de bagazo de fique con la técnica bocashi se obtuvo una respuesta productiva que superó a la obtenida en el control con fertilización química, por lo que tales abonos pueden considerarse como una alternativa más económica en la producción de maíz.

La mejor formulación para la elaboración del abono fue aquella en la cual se usó una relación carbono:nitrógeno de 20:1 y se inoculó con microorganismos efectivos (ME), dicha formulación superó de forma significativa a los demás tratamientos y al control con fertilización química en las variables altura de la planta, rendimiento de producción y peso de cien granos.

Es posible utilizar el abono orgánico a partir de residuos del procesamiento de la planta de fique como alternativa para manejo de maíz bajo condiciones de déficit hídrico, mejorando la respuesta del cultivo.

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de ésta investigación fue posible gracias a la financiación y al apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, la Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería Agroindustrial y la Asociación de Productores de Fique de Guaitarilla – APROFILLA.

## REFERENCIAS

- [1] COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero 2009. Bogotá, (Colombia): 2009, 296 p.
- [2] COLOMBIA. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS (FENALCE). El cultivo del maíz, historia e importancia. El Cerealista, 93. Bogotá (Colombia): 2010, p. 10.
- [3] ORTEGA, C., ORTEGA, F., TORRES, F. y LAGOS T. Comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz amarillo *Zea mays* L. bajo condiciones de clima medio en el Departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 26(1), 2010, p. 18–26.
- [4] ORDOÑEZ, J. Consolidado agropecuario del Departamento de Nariño 2009. Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño. Pasto (Colombia): 2010, p. 50-52.
- [5] JULCA, A., MENESES, L., BLAS, R. y BELLO, S. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. Idesia, 24 (1), 2006, p. 49 -61.
- [6] CARTER, M., J. SANDERSON and J. MACLEOD. Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of a fine sandy loam throughout the cycle of a potato rotation. J. Soil Sci., 84, 2003, p. 211-218.
- [7] LEBLANC, H., CERRATO, A., MIRANDA, M. y VALLE, A. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. Tierra Tropical, 3, 2007, p. 97-107.
- [8] DE LUNA, V. y VÁZQUEZ, A. Elaboración de abonos orgánicos. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Guadalajara (México): Universidad de Guadalajara, 2009, p. 4-12.
- [9] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT), SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA (SAC) Y FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE FIQUE (FEDEFIQUE). Guía Ambiental para el Subsector Fiquero. Bogotá (Colombia): 2002, 63 p.
- [10] ACOSTA, J. y BOLAÑOS, D. Estudio de factibilidad para el montaje de una planta procesadora de abonos orgánicos a partir de subproductos del fique en el Departamento de Nariño [Tesis de Pregrado Ingeniería Agroindustrial]. Pasto (Colombia): Universidad de Nariño, 2009, 236 p.
- [11] COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Diccionario Geográfico de Colombia. 2ed. Bogotá (Colombia): 1993.
- [12] RESTREPO, J. Abonos orgánicos fermentados. San José (Costa Rica): editorial Cedeco, 1994, 50 p.
- [13] INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER (CIMMYT–IBPGR). Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center, México. International Board for Plant Genetic Resources. Roma (Italia): 1991, 88 p.
- [14] MUÑOZ, G., GIRALDO, G. y FERNÁNDEZ, S.J. Descriptores varietales arroz, frijol, maíz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira (Colombia): 1993, p. 85-108.
- [15] INFOSAT®. Guía de Uso: InfoStat/L, versión Libre, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 2010.
- [16] INBAR, Y., CHEN, Y., HADAR, Y. and VERDONEK, O. Composting of agricultural waste for their use as container media: simulation of the composting process. Biological Waste 26 (4), 1988, p. 247-259.



- [17] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín 56, (online). Available [http://agris.fao.org/agris-search/search\\_display.do?f=2012/OV/OV201204077004077.xml;XF19920089892](http://agris.fao.org/agris-search/search_display.do?f=2012/OV/OV201204077004077.xml;XF19920089892) [citado 15 Abril 2011].
- [18] GRUPO NACIONAL DE AGRICULTURA URBANA (INIFAT). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana.. La Habana (Cuba): edición INIFAT, 2002, 63 p.
- [19] FERRER, J.R., PÁEZ G. y CHIRINOS M. Bioproceso aeróbico de la pulpa de café. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, 17(2), 1994, p. 67-74.
- [20] OLAGUE, J., MONTEMAYOR, J., BRAVO, S., FORTIS, M., ALDACO, R. y RUIZ, E. Características agronómicas del maíz forrajero con riego superficial. Téc. Pecu., 44, 2006, p.351-357.
- [21] DEL PINO, A., REPETTO, C., MORI, C. y PERDOMO, C. Patrones de descomposición de estiércol en el suelo. Terra Latinoamericana, 26, 2008, p. 43-52.
- [22] LAFITTE, H.R. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. México D.F.: CIMMYT, 1993, p. 23.
- [23] MAYEA, S. Efectividad de la Inoculación artificial y con estiércol vacuno en la elaboración de compost (Biotierra). Centro Agrícola, (1), 1995, p. 28-33.
- [24] REYES, I. y GAMBOA, J. Efecto de la materia orgánica en la solubilidad de la roca fosfórica. Rev. Fac. Agron., 17, 1991, p. 381-395.
- [25] LAGOS, T., CRIOLLO, H. y CHECA, O. Evaluación de 19 materiales de maíz de clima frío en una zona del altiplano de Pasto, Departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 17(2), 2000, p. 9-20.
- [26] FREDERICK, J.R. and CAMBERATO, J. Water and nitrogen effects on winter wheat in the southeastern coastal plain: I. Grain yield and kernel traits. Agron. J., 87, 1995, p. 521-526.
- [27] CRIOLLO, H., LAGOS, T. y RUIZ, H. Calidad de la semilla de maíz utilizada en algunas zonas maderas de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 17(2), 2000, p. 9-20.
- [28] KASS, D.C.L. Fertilidad de suelos. 1 ed. San José (Costa Rica): editorial Jorge Nuñez Solis, 1996, 272 p.