

**Potencialidades de la agroindustria cafetalera y residuos urbanos en la mejora de la producción agrícola.**

**Potentialities of coffee agroindustry and urban waste in the improvement of agricultural production.**

**Autores:** Ing. Alieski Meriño-Mayné, Dr C. Enio Utria-Borges.

**Organismo:** Centro de Desarrollo de la Montaña. Limonar de Monte Ruz, El Salvador, Guantánamo, Cuba.

**E-mail:** aliesky@cdm.gtmo.inf.cu, eutria@cug.co.cu

**Teléfonos:** 21 282120, 21 282207.

**Resumen.**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las áreas productivas de la Facultad Agroforestal de Montaña, de la Universidad de Guantánamo, con el objetivo de establecer una metodología de compostaje que supere las dificultades de estos residuos para ser utilizados como fertilizantes o enmendantes de las propiedades del suelo y para el adecuado desarrollo de las plantas de tomate. Entre los principales resultados de este trabajo se obtuvieron que la utilización de pulpa de café y biosólidos disminuyó el tiempo de compostaje de los Residuos Sólidos Urbanos y la mayoría de los abonos orgánicos elaborados tienen propiedades químicas y microbiológicas adecuadas para ser aplicados en sistemas de producciones agrícolas. Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a Análisis de Varianza completamente aleatorizado y se comprobó previamente la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett.

**Palabras clave:** compostaje, residuos sólidos, agroindustria, fertilizantes.

**Abstract.**

The present research work was developed in the productive areas of the Faculty Agroforestry of Mountain, of the University of Guantánamo, with the objective of establishing a methodology of composting that overcomes the difficulties of these residues to be used as fertilizers or amendments of the properties of the soil and for the proper development of tomato plants. Among the main results of this work were that the use of coffee pulp and biosolids decreased the composting time of the Urban Solid Waste and most of the organic fertilizers produced have adequate chemical and microbiological properties to be applied in agricultural production systems. The experimental results obtained were subjected to completely randomized Analysis of Variance and the normality of the data was previously checked by the Kolmogorov-Smirnov test and the homogeneity of variance by the Bartlett test.

**Keywords:** composting, solid waste, agroindustry, fertilizers.

### **Introducción.**

La utilización de los Residuos Urbanos (RU) en la Agricultura Urbana (AU) es la solución más aceptada para reducir los daños que la disposición inadecuada de estos residuos pueden ocasionar al medioambiente. Esta opción mejora las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos, propiciando la producción de cosechas crecientes.

Sin embargo, en algunos casos la aplicación de RU en los suelos tiene algunas desventajas potenciales, como son: la presencia de microorganismos patógenos, metales pesados, entre otras. De éstas la presencia de metales pesados constituye el principal factor limitante para su uso agrícola, debido a su persistencia en los suelos, a sus efectos tóxicos en los organismos vivos y a su difícil control y eliminación del sistema suelo-planta.

Debido a estas limitantes este trabajo se propone como objetivo establecer una metodología de compostaje que supere las dificultades de estos residuos para ser utilizados como fertilizante o enmendantes de las propiedades del suelo y para el adecuado desarrollo de las plantas de tomate.

### **Materiales y métodos.**

#### **Condiciones generales de la experimentación.**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las áreas productivas de la Facultad Agroforestal de Montaña, de la Universidad de Guantánamo, situada en Carretera de Guantánamo a El Salvador, Km 6 ½, municipio El Salvador, Provincia Guantánamo, Cuba. Esta entidad pertenece al Ministerio de Educación Superior (MES).

El suelo utilizado para la experimentación se clasifica como Suelo Pardo Sialítico, según la Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015). Para la preparación de los sustratos utilizados en la investigación se utilizó suelo de la capa superficial (0 - 20cm), secado al aire, tamizado con una malla de 5mm de diámetro y compost de diferentes materiales orgánicos; estos últimos fueron tamizados con una malla de 2mm. Para la preparación de las mezclas de suelo con los abonos orgánicos al inicio de cada experimento, el suelo fue depositado en una plataforma de cemento y se le adicionó la cantidad de compost necesaria para formular las dosis deseadas; posteriormente se voltearon varias veces para homogeneizarlas.

Los resultados experimentales obtenidos, en todos los casos fueron sometidos a Análisis de Varianza según el diseño experimental empleado (completamente aleatorizado) y se comprobó previamente la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, las comparaciones de medias se realizaron según la Décima de Duncan para el 5% de probabilidad del error. Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete estadístico STATGRAPHICS Versión 5.0 y para realizar los gráficos el programa Sigma Plot versión 6, ambos en ambiente Windows.

#### **Evaluación del efecto del abono orgánico que mostró las mejores propiedades sobre las características del suelo y el desarrollo del tomate (*solanum lycopersicon* L).**

El objetivo de la realización de esta etapa fue evaluar el efecto del abono orgánico que mostró las mejores propiedades agrícolas sobre las características del suelo y el desarrollo del tomate (*Solanum lycopersicon*).

El abono orgánico con las mejores propiedades (Compost de Residuos sólidos urbanos: Residuos de la Agroindustria Cafetalera (volumen 1:1) se aplicó en diferentes proporciones suelo : abono orgánico y se evaluó su efecto en las propiedades del suelo y en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del tomate. Además se determinó la dosis más

adecuada (óptima) para aplicar en el cultivo.

Teniendo en cuenta que la densidad aparente del suelo utilizado en la investigación es de 0,997g.cm<sup>3</sup>, el peso de una hectárea - surco es de 1 994 000kg, las dosificaciones de abono orgánico se realizaron de acuerdo a lo informado en el Instructivo Técnico (MINAGRI 2016).

El portador utilizado para la fertilización mineral fue la urea (46% N) y se aplicó a razón del aporte de 150kg de nitrógeno por ha<sup>-1</sup>.

En cada caso se utilizaron 15 macetas por tratamiento, en las cuales se depositaron 5kg del sustrato y se desarrollaron tres plantas por maceta. Dichas macetas tenían una capacidad de seis litros, diámetro superior y altura de 0,22m y diámetro basal de 0,15m. Para la siembra se utilizaron semillas de tomate de la variedad INCA 9-1.

Para el cumplimiento del objetivo propuesto se definieron los tratamientos que posteriormente se informan y la dosis de abono orgánico aplicada (tabla 1).

Tratamientos	Descripción	g AO.Kg <sup>-1</sup> suelo
1:0	Proporción suelo:materia orgánica (1:0)	0
12:1	Proporción suelo:materia orgánica (12:1)	77
9:1	Proporción suelo:materia orgánica (9:1)	100
6:1	Proporción suelo:materia orgánica (6:1)	143
3:1	Proporción suelo:materia orgánica (3:1)	250
1:1	Proporción suelo:materia orgánica (1:1)	500
1:3	Proporción suelo:materia orgánica (1:3)	750
1:6	Proporción suelo:materia orgánica (1:6)	858
1:9	Proporción suelo:materia orgánica (1:9)	900
1:12	Proporción suelo:materia orgánica (1:12)	924
0:1	Proporción suelo:materia orgánica (0:1)	1000
Fert.	Fertilización mineral (Urea a razón 150kg N.ha <sup>-1</sup> )	-

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la experimentación.

Leyenda: AO: abono orgánico

Para la determinación de la dosis óptima de abono orgánico se utilizaron dos análisis de la curva respuesta, utilizando como variables: en el eje **X**, las dosis de abono orgánico aplicada y en el eje **Y** la producción por planta. Los análisis se realizaron, uno mediante la interpretación de una curva respuesta de modelación ajustada a una ecuación cuadrática y el otro mediante el modelo discontinuo rectilíneo (Soto *et al.*, 2016).

Durante el desarrollo de la investigación, el riego se efectuó cada dos días a máxima capacidad de retención de humedad del sustrato en horas de la mañana y para la fertilización se aplicó sólo urea (46% de N) a razón de 150kg de N.ha<sup>-1</sup> (MINAGRI 2016), al tener en cuenta que los niveles de P y K eran adecuados para este tipo de suelo.

### Análisis de los componentes del crecimiento y el rendimiento de las plantas

1. Altura de la planta (cm. planta<sup>-1</sup>): Las mediciones de altura de la planta se realizaron en 10 plantas por tratamiento, desde la base hasta el último brote de hojas en el ápice del tallo, con la ayuda de una regla graduada de un milímetro de aproximación.
2. Diámetro del tallo (cm. planta<sup>-1</sup>): Se realizó con la ayuda de un pie de Rey, en la base del tallo.
3. Número de frutos (u. planta<sup>-1</sup>): Se realizó la cuantificación de los frutos de cada planta individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.
4. Producción por planta (g. planta<sup>-1</sup>): Se seleccionaron al azar 20 plantas por tratamiento. Estas plantas fueron monitoreadas desde el inicio hasta el final de la

cosecha, se determinaron la masa fresca en todos sus frutos en las recolecciones efectuadas y luego se calculó el valor promedio de la producción por cada planta.

### Resultados y discusión.

Al evaluar el contenido de materia orgánica oxidable, el fósforo asimilable y el pH (tabla 2), se observa que de forma general la aplicación del abono orgánico utilizado incrementó los contenidos de materia orgánica y fósforo con el aumento de la dosis de aplicación y a su vez, disminuyó las magnitudes del pH. El incremento de los contenidos de materia orgánica y fósforo es de vital importancia para las plantas, debido al papel que juegan los elementos esenciales en el desarrollo fisiológico de las mismas y la MO oxidable como fuente importante y gradual de elementos nutrientes, fundamentalmente N, a la vez que influye positivamente en las propiedades físicas, físico-químicas y microbiológicas de los suelos.

Tratamientos (Proporción suelo - materia orgánica)	MO, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg.kg <sup>-1</sup>	pH, H <sub>2</sub> O
1:0	3,71±0,5 e	231,33±1,45 e	7,4
12:1	4,75±0,06 e	374,33±6,94 de	7,5
9:1	5,65±0,07 e	462,0±5,51 d	7,5
6:1	4,94±0,04 e	424,67±4,06 d	7,5
3:1	3,90±0,18 e	563,33±21,98 d	7,5
1:1	64,07±2,77 ab	541,30±7,67 d	7,7
1:3	62,33±1,07 bc	1226,67±61,73 c	6,8
1:6	61,6±1,46 bc	1772,67±40,38 b	6,9
1:9	53,57±0,80 d	1843,33±12,33 b	6,9
1:12	57,87±0,86 cd	1855,67±38,37 b	6,8
0:1	68,57±0,84 a	2816,67±88,38 a	6,9

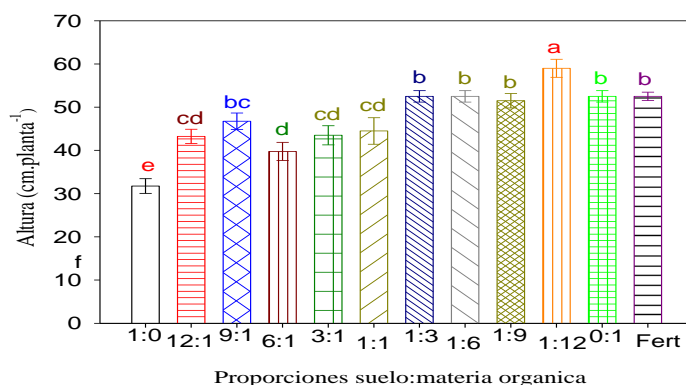
**Tabla 2.** Propiedades químicas de los sustratos elaborados a partir de suelo y compost de diferentes residuos orgánicos

En cuanto al pH, los valores se encuentran cercanos a la neutralidad, lo que puede propiciar que cuando se aplique este abono al suelo actúe como corrector de este parámetro en los casos en que sus magnitudes estén por debajo o por encima del neutro (7). Este aspecto es muy importante ya que a valores de pH cercanos a la neutralidad los macronutrientes tienen alta movilidad en el suelo y su mayor tasa de asimilación por las plantas, mientras que la absorción de los MP por las mismas se ve limitada y de esta manera se evita que las plantas absorban niveles extremadamente excesivos o tóxicos de estos elementos, fenómeno que suele ocurrir en plantas desarrolladas en sustratos con pH ácido como ha sido informado por Malavolta y col. (1989).

### Efecto de la aplicación de las diferentes proporciones suelo: abonos orgánicos en los componentes del crecimiento y del rendimiento de las plantas.

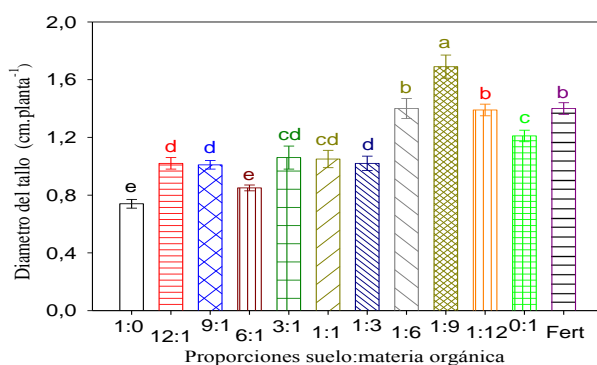
Al evaluar el efecto del uso de diferentes proporciones de suelo: materia orgánica en la

altura de las plantas de tomate (figura 1), se pudo observar que los mayores resultados se obtuvieron cuando las plantas se desarrollaron en los sustratos donde se aplicaron las mayores dosis de materia orgánica, siendo mayor cuando se formuló el sustrato en una proporción suelo : materia orgánica de 1:12 (v:v), seguido de los formulados con las proporciones 1:3, 1:6, 1:9, 0:1 y 9:1, los cuales no difirieron significativamente del comportamiento observado en las plantas desarrolladas en el tratamiento testigo de producción (fertilizante), donde se aplicó fertilizante mineral a razón de 150kg.ha<sup>-1</sup> de N. Los menores resultados de esta variable correspondieron al alcanzado por las plantas desarrolladas en el suelo natural, es decir, sin la adición de fuentes externas de nutrientes.



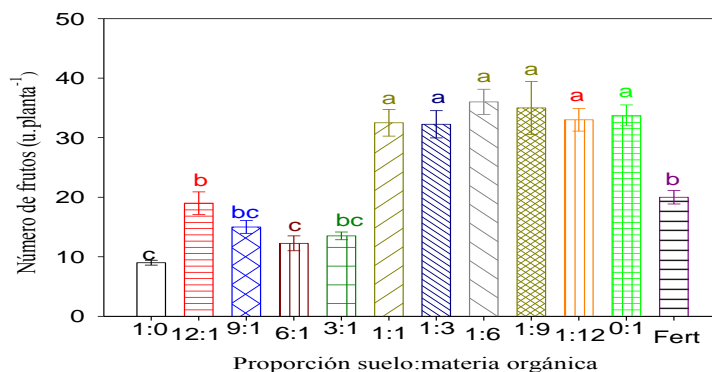
**Figura 1:** Efectos de la aplicación de diferentes proporciones suelo: abono orgánico elaborado a partir de residuos sólidos urbanos y pulpa de café en la altura de plantas de tomate.

Resultados similares fueron encontrados al evaluar el diámetro del tallo (figura 2); las plantas cultivadas en el tratamiento donde se aplicó la proporción suelo: materia orgánica (1:9) lograron superar significativamente los resultados obtenidos por los restantes tratamientos, seguido en su comportamiento por el de las plantas cultivadas en los sustratos formulados a partir de las proporciones suelo : materia orgánica 1:6 y 1:12 (v:v), respectivamente, las cuales no difirieron en sus resultados con las cultivadas en el tratamiento testigo de producción. Los menores resultados fueron obtenidos por la proporción suelo: materia orgánica 6:1 y el tratamiento control absoluto, respectivamente.



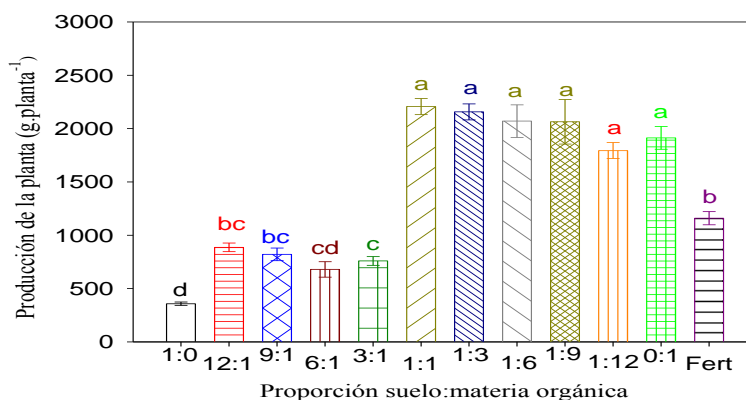
**Figura 2:** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de materia orgánica, elaboradas a partir de residuos urbanos sólidos y pulpa de café en la altura de la planta de tomate.

Con respecto al número de frutos por planta (figura 3), la aplicación de las mayores dosis de materia orgánica representadas en las proporciones suelo: materia orgánica 1:1, 1:3, 1:6, 1:9, 1:12 y 0:1 produjeron los mayores resultados, superando a los restantes tratamientos, incluso al testigo de producción.



**Figura 3:** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de materia orgánica elaborada a partir de residuos sólidos urbanos y pulpa de café en la producción de biomás total y por órganos de la planta de tomate.

Al analizar la figura 4 se evidencia el efecto beneficioso de la aplicación de materia orgánica sobre la producción de la planta de tomate, en la que las mayores magnitudes de esta variable se corresponden con los tratamientos donde se aplicaron las mayores dosis de materia orgánica, superando estadísticamente los resultados logrados por los restantes tratamientos, incluyendo el testigo de producción.



**Figura 4:** Efecto de la aplicación de diferentes dosis de materia orgánica elaborada a partir de residuos sólidos urbanos y pulpa de café en la producción de Biomás total y por órganos de la planta de tomate.

### Conclusiones.

La aplicación de materia orgánica derivada del compostaje combinado de residuos sólidos urbanos con pulpa de café incrementa los contenidos de elementos esenciales en los suelos en forma asimilable por las plantas.

Los posibles contenidos de micronutrientes aportados por este abono orgánico, desde el punto de vista fisiológico tienen gran importancia, ya que actúan como activadores de muchas enzimas indispensables para la vida de las plantas.

El desarrollo vegetativo de las plantas también pudo estar influenciado por las mejoras que se producen en las propiedades físicas y biológicas de los suelos.

### Referencias bibliográficas.

Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba.

Duncan, M. (1955). Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11.1.

MINAGRI. (2016). Obtención de abono orgánico (compost) a partir de desechos agroindustriales.

Soto, G., Meléndez, G. (2016). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos.

***Fecha de recibido: 11 sept. 2018***

***Fecha de aprobado: 22 nov. 2018***