

USO DE EFLUENTE DE PLANTA DE BIOGÁS Y MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO BIOFERTILIZANTES EN PLANTAS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L., cv. 'Caribe-71')

Use of biogas plant effluent and efficient microorganisms as biofertilizers in onion plants (*Allium cepa* L., cv. 'Caribe-71')

Edelbis López-Dávila¹✉, Zuleiqui Gil Unday¹, Deborah Henderson², Alexander Calero Hurtado¹ y Janet Jiménez Hernández¹

ABSTRACT. This work evaluated the effect of the application of biogas plant effluent and efficient microorganisms (ME), as biofertilizers in onion culture (*Allium cepa* L., cv. 'Caribe-71'). The experiment was carried out at a field scale (in plots of 1,5 x 8,0 m) under a Latin Square design, where four treatments were applied: I. mixture of effluent and ME 5 % (v/v); II. mixture of effluent and ME 10 % (v/v); III. mixture of effluent and ME 15 % (v/v); and IV. Control treatment: with chemical fertilizer (NPK complete formula). A total of 12 foliar applications of the biofertilizers were carried out (two before sowing and then every seven days). The indicators were determined: height of the main leaf, number of bulbs, diameter of pseudostem, diameter of bulb, number of bulbs and fresh mass of plants. The results showed that the foliar application of the biogas plant effluent and the efficient microorganisms in the form of a mixture had a positive effect on the onion culture compared to the chemical fertilization of this one, due to the contribution of nutrients and beneficial microbiota that improves soil conditions and stimulates the growth and development of the plant. This work demonstrates the possibility of incorporating organic fertilization during onion cultivation, in accordance with the principles of agroecology in the context of the necessary sustainable agricultural development.

Key Words: organic agriculture, agroecology, composting, vegetables

RESUMEN. En este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes (ME), como biofertilizantes en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L., cv. 'Caribe-71'). Se realizó el experimento a escala de campo (en canteros de 1,5 x 8,0 m) bajo un diseño en Cuadrado Latino, donde se aplicaron cuatro tratamientos: I. Mezcla de efluente y ME al 5 % (v/v); II. Mezcla de efluente y ME al 10 % (v/v); III. Mezcla de efluente y ME al 15 % (v/v); y IV. Tratamiento control: con fertilizante químico (Fórmula completa NPK). Se realizaron en total 12 aplicaciones foliares de los biofertilizantes (dos antes de la siembra y posteriormente cada siete días). Se determinaron los indicadores: altura de la hoja principal, número de bulbos, diámetro del seudotallo, diámetro del bulbo, número de bulbos y masa fresca de las plantas. Los resultados mostraron que la aplicación foliar del efluente de planta de biogás y los microorganismos eficientes en forma de mezcla tuvieron un efecto positivo sobre el cultivo de la cebolla comparado con la fertilización química de esta, dado al aporte de nutrientes y microbiota benéfica que mejora las condiciones del suelo y estimula el crecimiento y desarrollo de la planta. Con este trabajo se demuestra por tanto la posibilidad de incorporar la fertilización orgánica durante el cultivo de la cebolla, en concordancia con los principios de la agroecología en el marco del necesario desarrollo agrícola sostenible.

Palabras clave: agricultura orgánica, agroecología, compostaje, hortalizas

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.), es una de las hortalizas de mayor demanda e importancia en Cuba (1). A nivel nacional, la provincia de Santi Spiritus ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada del cultivar de

¹ Universidad de Santi Spiritus. Ave de los Mártires #360. CP 60100 Santi Spiritus. Cuba

² Universidad Politécnica de Kwantlen, Columbia Británica, Canadá
✉ eldavila@uniss.edu.cu

cebolla 'Caribe-71', cuyo rendimiento ha sido como promedio 25 t ha⁻¹ (2). Específicamente en la región de Banao, es donde se concentra la mayor área de producción y mejores rendimientos; pero los suelos de esta localidad, se encuentran seriamente dañados por la erosión, debido a las labores de producción intensiva que se desarrollan allí y a la técnica de cultivo empleada (riego de agua por drenaje continuo), consumiendo grandes cantidades de químicos por año para mantener los índices productivos.

La cebolla es una planta que se desarrolla en diferentes tipos de suelos, preferiblemente suelos orgánicos, ligeros o arenosos, limosos y limo-arenosos; así como, climas que van desde cálidos, templados y fríos, comprendidos éstos entre los 50 y 300 metros sobre el nivel del mar, pero mejora su producción por encima de los 900 m (3).

Por otra parte, la fertilización del cultivo de cebolla, se realiza sin un diagnóstico integral previo, y se basa en la aplicación empírica de fertilizantes sólidos con base en síntesis química y en características visuales comunes, como ocurre en varias regiones (4). También, el empleo de dosis de fertilización química preestablecidas, son una referencia de moda para muchos productores, independientemente de la fertilidad de sus suelos (5).

Es importante resaltar que un manejo inadecuado de la fertilización sintética, además de causar alteraciones negativas en las actividades fisiológicas de la planta y en el rendimiento (6), degrada el suelo, por lo que es necesario integrar métodos de manejo sostenibles para la preservación del mismo (4). El uso de biofertilizantes proporcionaría beneficios socioeconómicos y ecológicos entre las que destacan la mejora de la calidad del suelo, la calidad y seguridad alimentaria, salud humana y animal, así como la calidad ambiental (7).

El efluente proveniente de una planta de biogás que trate residuos agropecuarios, aporta materia orgánica semidegradada y compuestos inorgánicos, que se pueden utilizar como acondicionadores del suelo en tierras de cultivo (8). Este bioproducto es un reconocido fertilizante orgánico de alta calidad (7,9) y contiene como promedio: 8,5 % de materia orgánica, 2,6 % de nitrógeno, 1,5 % de fósforo, 1,0 % de potasio y un pH de 7,5 (10).

Por su parte, la producción porcina de forma descentralizada en Cuba ha generado gran cantidad de residuales, donde, la digestión anaerobia ha evidenciado un rol importante, como tecnología de tratamiento, con el aprovechamiento energético del biogás y la obtención de un efluente, que en la mayoría de los casos es subutilizado (11). Este efluente suele aportar un grupo de microorganismos con actividad liberadora y fijadora de nitrógeno en suelo y solubilizadores de fosfato (12).

El principal uso de la digestión anaerobia en Cuba es la de producir biogás, el cual es empleado como combustible en la cocción de alimentos esencialmente. Los estudios sobre las propiedades benéficas de este efluente y su efecto agronómico en cultivos nacionales son aún limitados (9).

Otro de los biofertilizantes de mayor empleo en la actualidad son los microorganismos eficientes (ME) (13), los cuales están constituidos por un cultivo mixto de microorganismos, fundamentalmente, bacterias fotosintéticas y lactobacilos levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores, que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Estos desarrollan efectos beneficiosos, aumentando la calidad y la salud de los suelos y plantas, los que a su vez aumentan el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos. Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas. Además, mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos, y suprime los patógenos y plagas que promueven enfermedades. Los ME aumentan también la capacidad fotosintética de los cultivos y asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas e incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante (14). Por lo que se decidió emplear los mismos en este trabajo y comprobar de esta forma sus capacidades.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes sobre el cultivo de la cebolla cv. 'Caribe-71'.

MATERIALES Y MÉTODOS

CONDICIONES INICIALES

El experimento del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) cultivar 'Caribe-71' se desarrolló en condiciones de campo en el período no lluvioso entre los meses de noviembre a enero, sobre un suelo de material transportado de baja fertilidad tipo pardo sialítico (mullido y cálcico), según la clasificación de los suelos en Cuba de 2015 (15), pertenecientes al Jardín de plantas Ornamentales de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) "Nieves Morejón", del municipio Cabaiguán, Santi Spíritus.

PROCEDENCIA DE LOS BIOPRODUCTOS

El efluente de planta de biogás utilizado fue colectado en la planta de tratamiento anaerobio de residuos porcino de "El colorado", municipio Cabaiguán. Los microorganismos eficientes utilizados se obtuvieron en el Laboratorio de Agronomía de la UNISS, a partir de la Cepas madre de los llamados Microorganismos eficientes (ME), HI plus, patentados por el Instituto de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas.

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y LOS BIOPRODUCTOS

Para la caracterización físico-química inicial de los bioproductos y del suelo empleado en el estudio, se utilizaron los procedimientos descritos en los Métodos Estándares del 2012 (16), y fueron realizados en el laboratorio de Biogás e Ingeniería Ambiental de la Universidad de Santi Spíritus. Se cuantificó la materia seca (MS %) determinado como sólidos totales, materia orgánica (MO %) como sólidos volátiles y materia fija (MF %) por el método gravimétrico de ignición. Se determinó el contenido de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) por el método de valoración con EDTA, además el fósforo como ortofosfato (PO_4^{3-}) por colorimetría y nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+) por el método Kjendalh. El potasio (K) y sodio (Na) fueron cuantificados por fotometría de llama y la acidez (pH) por potenciometría.

DISEÑO EXPERIMENTAL. LABORES CULTURALES Y APLICACIÓN FOLIAR DE LOS BIOPRODUCTOS

El experimento fue basado en un diseño estadístico Cuadrado Latino según describe Tony Crilly (17), diseño en el que cada tratamiento apareció sólo una vez por cada fila y columna (Tabla I), donde el efecto del tipo de suelo resulta el más homogéneo posible en los resultados estadísticos; además, se puede suprimir cualquier efecto que pueda existir, por demasía o falta de nutriente en el mismo. Se consideró un factor principal y un factor de control o variable de bloque que se introdujo con el objetivo de eliminar su influencia en la variable respuesta y así reducir el error experimental (18).

Tabla I. Esquema del diseño de experimento, tipo Cuadrado Latino

Control	5 %	10 %	15 %
15 %	Control	5 %	10 %
10 %	15 %	Control	5 %
5 %	10 %	15 %	Control

Se realizó el experimento en una parcela de 110 m² (11x10⁻³ ha), en la cual se construyeron cuatro canteros de 1,5 m de ancho y 8,0 m de largo, con una distancia entre cantero de 1,0 m, siendo el área de siembra 48 m² (4,8 x10⁻³ ha). Cada cantero se dividió en cuatro subcanteros de 2,0 m de longitud alcanzando un área 3,0 m² (0,3 x10⁻³ ha), en forma matricial como se describe en la Tabla I, similar a lo diseñado por varios autores (2,19,20). En estos subcanteros se sembró el control, y los tratamientos del efluente y ME al 5, 10 y 15 % (v/v).

Los bulbos se plantaron a una distancia entre plantas de 8,0 cm y entre surcos de 30,0 cm, plantando en cada subcantero 125 bulbos y 500 bulbos por cantero, para un total de 2000 bulbos en todo el experimento (21).

El riego se realizó con un intervalo de cuatro días y una duración de 15 min por cantero. En todos los tratamientos las atenciones culturales referentes a riegos, escardes, fertilización y atenciones fitosanitarias, se realizaron según los Instructivos Técnicos del Cultivo de la Cebolla (22).

Además del tratamiento con el efluente de planta de biogás y los microorganismos eficientes, se aplicaron dosis del preparado acuoso de tabaquina semanalmente a partir de los 15 días de sembrados los bulbos (23), para controlar parte de las plagas que atacan a este cultivo, como el Trips tabaci Lind, el cual manifiesta una alta intensidad de ataque (82,5 %) a este cultivar (24). La tabaquina siempre se aplicó posterior a la aplicación de los tratamientos.

La primera aplicación de las diferentes mezclas del efluente y de ME se realizaron antes de la siembra; mientras que, al suelo del Control se le incorporó fórmula completa NPK (22-10-6). Las siguientes aplicaciones de las diferentes mezclas de efluente y ME se realizaron cada siete días con mochila de fumigación manual (aplicaciones foliares), a un volumen de 1 L de los mismos por cantero por cada experimento. Las muestras utilizadas como control fueron fertilizadas como indican los Instructivos Técnicos del Cultivo de la Cebolla (22).

INDICADORES DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA CEBOLLA EVALUADA

Se realizaron cuatro muestreos a los 29, 45, 61 y 75 días después de la siembra y antes de la cosecha. Para seleccionar las plántulas a muestrear se colocó una vara de un metro de longitud en el surco del centro en cada tratamiento y se midieron las siguientes variables con un pie de rey: altura de la hoja principal (cm) y diámetro delseudotallo (mm), además del número de hijos (U). En el muestreo de la cosecha a los 90 días se midió: el diámetro ecuatorial de los bulbos (cm), el peso (masa fresca) de la muestra del subcantero por tratamiento (g), y el peso total del cantero por tratamiento (kg), con ayuda de una balanza analítica. A partir del peso total del cantero de cada tratamiento se calculó el rendimiento total (t ha⁻¹).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A los datos experimentales se le determinó la normalidad de la distribución de estos, si el nivel de "p" es no significativo ($p \leq 0,05$) fueron procesados por análisis de varianza simple (ANOVA) para un diseño completamente aleatorizado y la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan (25) para un nivel de probabilidad del error del 5 %, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 18.0 (26). Si el nivel de "p" es significativo ($p \leq 0,05$) se aplicaron las pruebas no paramétricas, como el test de Kruskal-Wallis, además se determinó el coeficiente de variabilidad y el error estándar para las variables descritas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUELO, EFLUENTE Y MICROORGANISMOS EFICIENTES

La composición química de macronutrientes que se determinó a las diferentes mezclas de los abonos orgánicos empleados como biofertilizantes en los experimentos se muestra en la Tabla II.

En el análisis de las características iniciales del suelo se observó que el mismo es pobre en materia orgánica. EL suelo contiene bajo contenido de nitrógeno en forma amoniacal y calcio y no se detectó en las condiciones de análisis potasio y magnesio, cuatro de los nutrientes principales para las plantas, solo el fósforo se encuentra en mayores concentraciones.

A medida que se aumenta la concentración de los bioproductos en la solución (desde el 5 hasta el 15 %) se observó un aumento de la composición de los diferentes elementos químicos respectivamente, a excepción del Na. Es decir, que con la mezcla de efluente y ME se puede obtener un producto más enriquecido en cuanto a composición química de los principales macro y micro elementos considerados indispensables (N, P, K, Ca, Mg y MO).

Según Álvarez-Hernández en la discusión de su artículo (3), donde hace referencia a lo informado por un grupo de investigadores; no existe una relación exacta de la proporción NPK requerida para obtener buenos resultados productivos. Esta relación varía mucho y depende de varios factores (tipo de suelo, característica fisiológica y genotípica de la especie, condiciones ambientales, etc.), concluyendo que la cebolla no es sensible a la adición de elementos mayores como otros cultivos hortícolas.

En la guía técnica para el cultivo de la cebolla en Cuba (21), señalan que en caso de emplear fertilización orgánica a partir de biomasa descompuesta se requiere de 30 t ha⁻¹ más el 75 % de la fertilización química (120-100-200 Kg ha⁻¹, NPK).

Por otra parte, algunos autores recomiendan la dosis 120-50-50 Kg ha⁻¹ de NPK (27), para alcanzar los mayores rendimientos (13,20 t ha⁻¹) en suelos de fertilidad moderada. Por dichas razones y como el interés fue emplear solo fertilización orgánica, se decidió aplicar una relación de 416 t ha⁻¹ (41-8-2 Kg ha⁻¹ de NPK) para el tratamiento del 5 %, 833 t ha⁻¹ (82-16-4 Kg ha⁻¹ de NPK) para el 10 % y 1250 t ha⁻¹ (123-24-6 Kg ha⁻¹) para el 15 % de la mezcla de fertilizantes empleada en el total de las 12 aplicaciones realizadas.

EFFECTO DE LOS BIOPRODUCTOS SOBRE LOS INDICADORES DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA

En cuanto al diámetro del seudotallo, se observó que el control alcanzó un diámetro medio de 7,3 mm, estadísticamente inferior a los tratamientos con la fertilización de los bioproductos, acentuándose su diferencia a partir de los 55 días de sembrado (Figura 1).

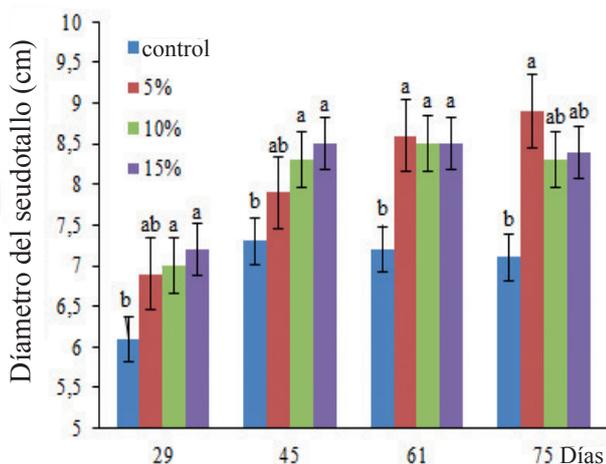
El tratamiento de los bioproductos al 5 %, experimentó un aumento periódico desde el primer muestreo hasta la cosecha, logrando un diámetro del seudotallo final de 8,9 mm. El tratamiento de los bioproductos al 10 % alcanzó un diámetro de 8,3 mm mientras que en el tratamiento de los bioproductos al 15 %, se observó un diámetro promedio de 8,4 mm. Estos valores son similares a los obtenidos en un experimento realizado en la provincia Granma (28) y ligeramente inferior a los resultados informados por Estrada Prado y colaboradores (29), el cual obtuvo 11,2 mm, en otro tipo de suelo.

En cuanto a la altura de la hoja principal (Figura 2), se observó que hubo diferencias entre las plantas fertilizadas con los bioproductos y el control desde los primeros días de crecimiento. A partir de los 45 días se observó mayor crecimiento de la hoja principal en aquellas plantas abonadas con la mezcla de efluente y ME.

Tabla II. Composición inicial (promedio de tres muestras) del suelo y biofertilizantes utilizado en el experimento

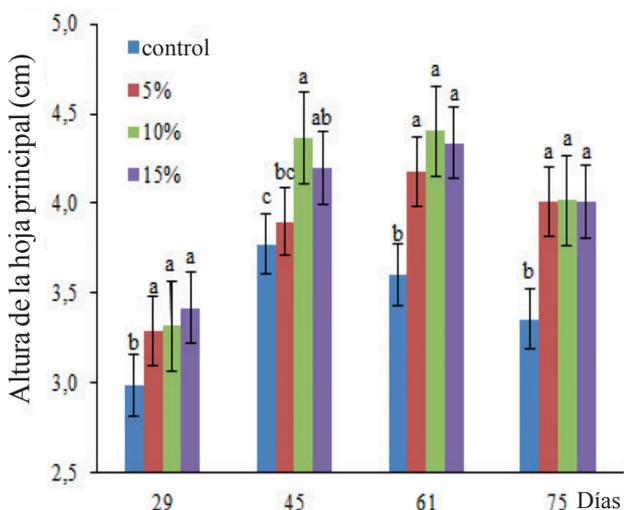
Tratamiento	pH	MS	MO (%)	MF	N-NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Suelo	7,02	95,31	0,90	94,41	0,02	nd	0,10	11,30	4,90	nd
Efluente + ME (5 %)	7,16	0,17	0,11	0,05	0,03	0,80	4,40	0,83	24,05	4,86
Efluente + ME (10 %)	7,34	0,35	0,23	0,11	0,06	1,60	3,90	1,50	40,08	14,58
Efluente + ME (15 %)	6,61	0,53	0,68	0,32	0,08	2,00	4,00	2,17	56,11	24,30

Porcentaje de materia seca (MS), porcentaje de materia orgánica (MO), porcentaje de cenizas (MF), potencial de Hidrógeno en agua (pH), Nitrógeno amoniacal (N-NH₄⁺), Potasio (K), Sodio (Na), Fósforo como orto fosfato (PO₄³⁻), Calcio (Ca²⁺), Magnesio (Mg²⁺), No detectado (nd)



Barras sobre las columnas indican el error estándar. Letras iguales no difieren significativamente según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$), $n=10$ plantas por tratamiento

Figura 1. Diámetro delseudotallo de la planta de cebolla, evaluado a los 29, 45, 61 y 75 días después de la siembra



Barras sobre las columnas indican el error estándar. Letras iguales no difieren significativamente según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$), $n=10$ plantas por tratamiento

Figura 2. Altura de la hoja principal de la planta de cebolla, evaluado a los 29, 45, 61 y 75 días después de la siembra

Es de notar que en las plantas control, del primer muestreo al segundo, la altura de la hoja principal aumentó 78 mm, del segundo al tercero disminuyó 27 mm y del tercero al cuarto 15 mm. Esto estuvo influenciado por la aparición de la plaga, Minador común (*Liriomyza trifolii* Burgess in Comstock.), considerado dentro de las plagas de mayor incidencia en esta variedad (1). Esta plaga se detectó por observación a los 45 días de la siembra. En estas plantas control también se detectó a los 66 días de la siembra el Trips (*Thrips tabaci* Lind) más conocido como “piojillo de la cebolla”, muy común en esta variedad de cebolla y época del año (24,27).

En las plantas tratadas con la mezcla de los bioproductos al 5 %, la altura de la hoja principal se incrementó hasta 61 mm del primero al segundo muestreo, del segundo al tercero 27 mm y del tercero al cuarto se redujo en 16 mm su altura, debido a que también fue atacado por las plagas antes mencionadas, pero ocasionándole menor daño.

En el caso de las plantas tratadas con los bioproductos al 10 %, del primer muestreo al segundo aumentó 104 mm, del segundo al tercero aumentó 4 mm y del tercero al cuarto disminuyó 39 mm. Los daños de las plagas fueron mayores que los observados en las plantas tratadas con los bioproductos al 5 % y menores que los observados en las plantas control. En las plantas tratadas con los bioproductos al 15 %, del primer muestreo al segundo aumentó 78 mm, del segundo al tercero 13 mm y del tercero al cuarto disminuyó 32 mm. Es decir que en este caso hubo mayor afectación por plagas que en las demás plantas analizadas con o sin tratamiento.

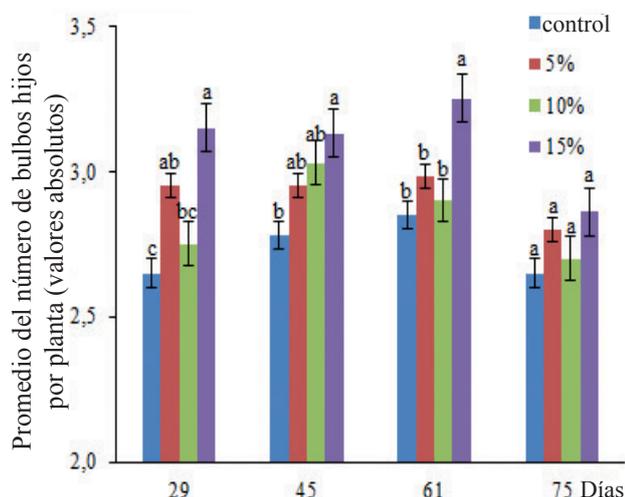
En el cuarto muestreo, se observó una disminución significativa en la altura de la hoja principal, dado a las características del cultivo, pues en su última etapa comienza a perder la altura de las hojas (3), influenciado también, por los daños ocasionados por las plagas. En resumen, las plantas tratadas con la mezcla de bioproductos al 10 % alcanzaron las mayores alturas de su hoja principal (44,0 cm). Dichos valores fueron inferiores a los informados para esta variedad cultivada en otras regiones del país (28,29), y esto está dado fundamentalmente a que las condiciones del suelo no eran las más idóneas para este cultivo, por lo que debemos enfatizar en el rol que tiene los biofertilizantes utilizados, cuando se disponen de suelos poco fértiles.

Efecto sobre el rendimiento: número de bulbos por bulbo plantado

En los cuatro tratamientos ensayados el promedio de número de bulbos por planta o bulbo plantado estuvo entre 2,5 y 3,5, similar a los resultados obtenidos por otros autores que obtuvieron en promedio 2,5 bulbos hijos por bulbo plantado, en la misma variedad, cultivados al occidente del país (18). Otros autores han obtenido también promedios entre 3,1 y 2,01 en otras variedades, sembradas fuera de Cuba respectivamente, bajo un sistema de cultivo orgánico e igual tiempo de cosecha (30,31).

En general la tendencia fue a aumentar del primero al segundo muestreo y de mantenerse para el tercero y cuarto muestreo (Figura 3). Observándose que los bulbos que se cuantificaron en el primer muestreo fueron los que alcanzaron mayor desarrollo y los que aparecieron en el segundo y tercer muestreo sufrieron mayores daños por las plagas.

Las plantas tratadas con la mezcla de los bioproductos al 15 % mostraron diferencias significativas respecto al control en cuanto al promedio del número de bulbos hijos obtenidos. Sin embargo, para el final de la cosecha estos fueron seriamente afectados por las plagas antes mencionadas.



Barras sobre las columnas indican el error estándar. Letras iguales no difieren significativamente según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$), $n=10$ plantas por tratamiento

Figura 3. Número de bulbos hijos de la planta de cebolla, evaluado a los 29, 45, 61 y 75 días después de la siembra

Efecto sobre el rendimiento: diámetro de bulbo y peso

Las mediciones del diámetro del bulbo en las plantas tratadas con los bioproductos al 5, 10 y 15 % tuvieron una media superior al control, siendo el 5 % superior a los demás (Tabla III). El resultado obtenido fue inferior al potencial de dicha variedad, ya que estudios realizados en el país informaron como diámetro óptimo del bulbo entre 4 y 5 cm (2), informes más recientes reportan promedio de 3,52 cm (19).

Las demás variables cuantificadas como peso del cantero y del subcantero de cada tratamiento ensayado, y el rendimiento equivalente a $t\ ha^{-1}$, se mostraron superior al control, donde las plantas tratadas con los bioproductos al 5 % mostraron los mayores valores, aunque sin diferencias con las demás concentraciones de los bioproductos evaluados. A pesar de ello, los valores de rendimiento obtenidos son inferiores a los informados en la literatura para rendimientos de esta variedad, cultivada tanto en otras áreas de la provincia como del país, 16-25 $t\ ha^{-1}$ y promedio de 24,3 $t\ ha^{-1}$ respectivamente (2,20), aunque dichos valores son superiores a los rendimientos obtenidos en este municipio, donde no superan las 12 $t\ ha^{-1}$, según los informes de la Empresa Agropecuaria de Cabaiguán^A.

Por tanto, se logró bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento, incrementar los rendimientos de esta variedad de cebolla en el municipio, por encima de las 14 $t\ ha^{-1}$ cuando se utilizaron los bioproductos al 5 y 15 %, lo cual demuestra la efectividad de los tratamientos aplicados, a pesar de que las características del suelo donde se desarrolló el experimento no fueron las ideales, ni las requeridas por el cultivo.

La fertilización orgánica por tanto resulta una alternativa viable, pues según algunos autores (32), en este cultivo existen productores que superan la cifra de 15 tratamientos de químicos, sólo en la fase de semillero y un número aún mayor en la etapa de trasplante, lo que hace insostenible la producción de cebolla, con la consiguiente agresión al medio ambiente.

Por tanto, la aplicación de los bioproductos efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes en forma de mezcla, estimularon el crecimiento y desarrollo de las plantas de cebolla (*Allium cepa* L. cv. 'Caribe-71'), así como aumentaron el rendimiento de la cosecha. Este resultado puede estar motivado al contenido de macro y micronutrientes en su composición, que tiene un efecto positivo como mejoradores del suelo y abono orgánico en el cultivo de la cebolla.

^A Freñi Delgado Herrera. Especialista en Cultivos Varios. Delegación Municipal de la Agricultura, Cabaiguán. 2014.

Tabla III. Rendimiento de cosecha de los diferentes tratamientos

	Diámetro bulbo (cm)	Peso subcantero (Kg)	Peso cantero total (Kg)	Rendimiento $t\ ha^{-1}$
Control	1,89 (b)	1,385 (c)	13,372 (b)	11,14 (b)
5 %	2,14 (a)	2,064 (a)	17,584 (a)	14,65 (a)
10 %	2,01(ab)	1,884 (b)	16,762 (a)	13,90 (a)
15 %	2,08 (ab)	2,034 (a)	17,378 (a)	14,48 (a)
ES	0,09	0,13	0,85	0,71

Letras no comunes en la misma columna indican diferencias significativas entre los tratamientos evaluados según la Prueba de Rangos Múltiples ($p \leq 0,05$) ES: Error estándar

Además, la aplicación de estos bioproductos mejora la microbiota del suelo estimulando a aquella que permite la asimilación de nutrientes en cada etapa vegetativa de la planta. Este resultado corrobora lo expuesto por varios autores sobre las potencialidades de ambos bioproductos como biofertilizantes de alta calidad (7,8,11,13).

CONCLUSIONES

La aplicación foliar del efluente de planta de biogás y los microorganismos eficientes en forma de mezcla tuvieron un efecto positivo sobre el cultivo de la cebolla comparado con la fertilización química de esta, dado al aporte de nutrientes y microbiota benéfica que mejora las condiciones del suelo y estimula el crecimiento y desarrollo de la planta. Con este trabajo se demuestra por tanto la posibilidad de incorporar la fertilización orgánica durante el cultivo de la cebolla, en concordancia con los principios de la agroecología en el marco del necesario desarrollo agrícola sostenible. No obstante, futuras investigaciones deben estar enfocadas en la factibilidad técnica y económica de la aplicación de estos abonos orgánicos, pues su relativamente fácil adquisición, unido al crecimiento y desarrollo de ambas tecnologías en nuestro país (producción de microorganismos eficientes e instalación de plantas de biogás), puede coadyuvar a la formulación de nuevos bioproductos que sustituyan importaciones de fertilizantes químicos y disminuyan los costos de producción de la cebolla sin afectar sus rendimientos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez-Fonseca A, Chávez-Suárez L, Ramírez-Fernández R, Camejo-Serrano Y, Pompa-Brizuela R. Rendimiento agrícola en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), procedentes de semillas tratadas con láser de baja potencia. *Revista Granma Ciencia*. 2013;17(1):8.
2. Muñoz L, Prats A. Caribe-71, una variedad de cebolla para clima tropical. *Cultivos Tropicales*. 2004;25(3):59–62.
3. Álvarez-Hernández JC, Venegas-Flores S, Soto-Ayala C, Chávez-Vargas A, Zavala-Sánchez L. Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2011;15(2):29–43.
4. Soleymani A, Shahrajabian MH. Effects of different levels of nitrogen on yield and nitrate content of four spring onion genotypes. *Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 2012;4(4):179–182.
5. Tsegaye B, Bizuayehu T, Woldemichael A, Mohammed A. Yield and Yield Components of Onion (*Allium cepa* L.) as Affected by Irrigation Scheduling and Nitrogen Fertilization at Hawassa Area Districts in Southern Ethiopia. *Journal of Medical and Biological Science Research*. 2016;2(2):15–20.
6. Tekalign T, Abdissa Y, M Pant L. Growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization on vertisol. II: Bulb quality and storability. *African Journal of Agricultural Research*. 2012;7(45):5980–5. doi:10.5897/AJAR10.1025
7. Johansen A, Carter MS, Jensen ES, Hauggard-Nielsen H, Ambus P. Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant materials on soil microbial community and emission of CO₂ and N₂O. *Applied Soil Ecology*. 2013;63:36–44. doi:10.1016/j.apsoil.2012.09.003
8. Albuquerque JA, de la Fuente C, Campoy M, Carrasco L, Nájera I, Baixauli C, et al. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. *European Journal of Agronomy*. 2012;43:119–28. doi:10.1016/j.eja.2012.06.001
9. Owamah HI, Dahunsi SO, Oranusi US, Alfa MI. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. *Waste Management*. 2014;34(4):747–52. doi:10.1016/j.wasman.2014.01.017
10. Environment Agency. Quality protocol: anaerobic digestate. In: *Quality protocols: converting waste into non-waste products*. Waste and recycling [Internet]. Environment Agency; 2014 [cited 2015 Feb 2]. p. 29. Available from: <https://www.gov.uk/government/publications/quality-protocol-anaerobic-digestate>
11. Sosa R, Díaz YM, Cruz T, de la Fuente JL. Diversification and overviews of anaerobic digestion of Cuban pig breeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2014;48(1):67–72.
12. Alfa MI, Adie DB, Igboro SB, Oranusi US, Dahunsi SO, Akali DM. Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings. *Renewable Energy*. 2014;63(Supplement C):681–6. doi:10.1016/j.renene.2013.09.049
13. López-Dávila E, Calero-Hurtado A, Gómez-León Y, Gil-Unday Z, Henderson D, Jimenez J. Efecto agronómico del biosólido en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*): control biológico de *Rhizoctonia solani*. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):13–23.
14. Higa T, Parr JF. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable Agriculture and environment [Internet]. Atami, Japan: International Nature Farming Research Centre (INFRC); 1994 [cited 2016 Sep 14]. Available from: <https://www.bokashi.se/dokument/bibliotek/EM.pdf>
15. Hernández JA, Pérez JJM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
16. Rice EW. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22nd ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2012. 1496 p.
17. Crilly T. 50 cosas que hay que saber sobre matemáticas. Barcelona: Ariel; 2009. 216 p.
18. Montgomery DC. *Design and analysis of experiments*. 8th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc; 2009. 757 p.
19. Bravo AE, Albelo HE. Obtención y propagación de semillas botánicas de cebolla (*Allium cepa* L. var. Caribe 71) bajo condiciones caseras de Topes de Collantes, Cuba. *Revista Desarrollo Local Sostenible*. 2014;7(18):1–6.
20. de la Fé MCF, Cárdenas TRM. Producción de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.), una realidad en Santa Cruz del Norte, Mayabeque. *Cultivos Tropicales*. 2014;35(4):5–12.

21. Marrero-Terán A, Hernández-Chávez A, Caballero-Grande R, Iglesias-Enríquez I, León-Fundora M. Guía técnica para la producción del cultivo de la cebolla. 1st ed. La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF); 2009. 31 p.
22. Oficina Nacional de Normalización. Suelos. Análisis químico. Reglas generales. La Habana, Cuba; NRAG 892-88, 1988. p. 23.
23. Rivera-Amata MM, Carballo-Guerra C, Milanés-Figueroa M, Ramos-Gálvez SR, Orama-Velazco RA. Efecto de plaguicidas de origen botánico sobre el áfido *Carolinaia cyperi* Ainslie. Revista Cubana de Plantas Medicinales [Internet]. 2003 [cited 2017 Sep 18];8(3). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1028-47962003000300009&lng=es&nrm=iso&tln-g=en
24. Estrada-Prado W, Lescay-Batista E, Reynaldo-Escobar IM, Celeiro-Rodríguez F, Vázquez-Rodríguez J. Comportamiento de insectos trips (*Trip tabaci* Lind.) en cinco variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) en condiciones de déficit hídrico. Revista Granma Ciencia. 2015;19(1):1–7.
25. Duncan DB. Multiple Range and Multiple F Tests. Biometrics. 1955;11(1):1–42. doi:10.2307/3001478
26. IBM Corporation. IBM SPSS Statistics [Internet]. Version 18.0. U.S: IBM Corporation; 2009. Available from: <http://www.ibm.com>
27. Rabari KV, Patel MV, Umale AA. Effect of Nutrient Management on Growth, TSS Content, Bulb Yield and Net Realization From Onion Bulb (*Allium cepa* L.). Biosciences Biotechnology Research Asia. 2016;13(1):557–9.
28. Estrada-Prado W, Lescay-Batista E, Maceo-Ramos YC, Álvarez-Fonseca A, González-Gómez G, Castro-González RP. Respuesta de variables de crecimiento vegetativo de cebolla (*Allium cepa* L.) en diferentes niveles de humedad en el suelo. Centro Agrícola. 2014;41(2):59–64.
29. Estrada-Prado W, Lescay-Batista E, Reynaldo-Escobar IM, Vázquez-Vázquez J, Celeiro-Rodríguez F. Comportamiento del crecimiento vegetativo y el rendimiento en cinco variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) en condiciones de estrés hídrico. Revista Granma Ciencia. 2012;16(1):1–9.
30. Yoldas F, Ceylan S, Mordogan N, Esetlili BC. Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion (*Allium cepa* L.). African Journal of Biotechnology. 2011;10(55):114488–11482.
31. Kandil AA, Sharief AE, Fathalla FH. Effect of organic and mineral fertilizers on vegetative growth, bulb yield and quality of onion cultivars. Crop Production. 2013;2(3):91–100.
32. Peña CK, Fernández RJC, Meléndrez JF, Valle ECD. Prácticas agrícolas sostenibles que contribuyen al desarrollo local y a la seguridad alimentaria nacional. In: XIV Taller Provincial EPMI [Internet]. Yaguajay, Cuba; 2014 [cited 2017 Sep 18]. p. 11. Available from: <http://biblioteca.uniss.edu.cu/sites/default/files/CD/XIV%20Taller%20Provincial%20Cientifico%20Metodologico%20de%20Educacion%20Patriotico%20Militar%20e%20Internacionalista/ponencias/p2/c211.pdf>

Recibido: 23 de diciembre de 2016

Aceptado: 29 de junio de 2017