

EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ (*Zea mays L.*), VARIEDAD NB-6

Carmen Fernández Hernández*

José Dolores Cisne Contreras**

*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Centro Universitario Regional de Matagalpa (UNAN-CURM). Telefax: 612-3206

Email: carmenf@ibw.com.ni

**Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua. Telefax: 233-1845.

Email: unafagro@ibw.com.ni

RESUMEN

Se estudió el efecto de mezclas de biofertilizantes (microorganismos efectivos (ME), cascari-lla de arroz, aserrín, estiércol de ganado, gallinaza y pulpa de café) en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz, variedad NB-6. La fertilización química (N, P, K y Urea 46 %) fue utilizada como tratamiento de comparación. Se evaluó biomasa de hojas, biomasa de tallos, biomasa de panoja y espiga (bracteas, raquis y granos), así como biomasa total y área foliar. Se correlacionó cada indicador con la edad del cultivo, para ello se seleccionaron, en la mayoría de los casos, ecuaciones cuadráticas. Se efectuó análisis de varianza para los indicadores del crecimiento en cada momento de muestreo. Se utilizó la prueba de Duncan en los casos requeridos. El tratamiento 5 (NPK:12-24-12, Urea 46%), tuvo el mayor incremento en los indicadores de crecimiento. El tratamiento 4 (cascarilla de arroz, gallinaza, estiércol de ganado y ME) ocupó el segundo lugar. El tratamiento 2 (cascarilla de arroz, estiércol de ganado, aserrín y ME) tuvo el menor efecto sobre el desarrollo. El tratamiento 4 (cascarilla de arroz, gallinaza, estiércol de ganado y ME) produjo los mayores rendimientos del grano ($2\ 101\ \text{kg ha}^{-1}$), significativamente superior a los tratamientos 6 (testigo absoluto) y 2 (cascarilla de arroz, estiércol de ganado, aserrín y ME). En los restantes tratamientos no se encontraron diferencias significativas. El tratamiento 2 (cascarilla de arroz, estiércol de ganado, aserrín y ME) produjo los menores rendimientos del grano ($1240.6\ \text{kg ha}^{-1}$), significativamente inferior al resto de tratamientos, excepto el 6 (testigo absoluto).



SUMMARY

Effects of mixed biofertilization (effective microorganisms (EM), rice husk, sawdust, cattle manure, chicken manure and coffee pulp) on growth, development and yield of maize variety NB-6 were evaluated, and compared with chemical fertilization (N, P, K and Urea 46 %). Biomass of leaves, stem, masculine flower and ear (total biomass) were registered, as well as the area of leaves

and yield of the crop. Each indicator was interrelated with age of the crop resulting quadratic equations as better fit. Analysis of variance was used for growth indicators in each stage. Duncan multiple range test was used when analysis of variance shows significant effects between treatments. Chemical treatment (NPK:12-24-12, Urea 46%), shows higher values for growth indicators. Mixture of rice husk, chicken manure, cattle manure and EM occupied the second place. The smaller value on development were obtained when the mixture include rice husk, cattle manure, sawdust and EM. Mixture of rice husk, chicken manure, cattle manure and EM produced the greater maize yield ($2\ 101\ \text{kg ha}^{-1}$), which was significantly higher than control plot and mixture of rice husk, cattle manure, sawdust and EM. The remaining treatments did not have meaningful differences. Mixture of rice husk, cattle manure, sawdust and EM produced smaller maize yields ($1240.6\ \text{kg ha}^{-1}$), significantly smaller than the rest of treatments, excepting control plot.

Abreviaturas: microorganismos efectivos ME

Las prácticas agrícolas intensivas en la agricultura convencional, basada en la utilización de fertilizantes inorgánicos, han provocado la degradación de los recursos naturales (Altieri, 1995). La alternativa agro ecológica contempla el uso fertilizantes naturales, así como la utilización de microorganismos benéficos que potencien al aprovechamiento de los fertilizantes orgánicos (Phillips y Phillips, 1996; Cisne y Laguna, 1996; Crespo *et al.*, 1997; García *et al.*, 1997; Bustamante *et al.*, 1997; Rodríguez y Herrera, 1997; Valdés *et al.*, 1997; Alonso *et al.*, 1997; Cairo *et al.*, 1997; Herrera *et al.*, 1997).

De acuerdo con Phillips y Phillips (1996), en los años de 1980, el profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus, Okinawa, introdujo el concepto de Microorganismos Efectivos (ME). Los cultivos de ME no contienen ningún microorganismo genéticamente modificado, ya que son hechos de mezclas de cultivos de especies microbiales que se han encontrado en el medio ambiente natural mundial. Hay un predominio de bacterias ácido lácticas y levaduras, con una pequeña cantidad de bacterias fotosintéticas y actinomicetos, todos compatibles y por lo tanto, capaces de coexistir en un medio de cultivo.

El concepto de "ME Bokashi" se refiere al complejo de inóculos microbianos mezclados con varios tipos de materiales orgánicos (residuos de cosechas, estiércol de animales, etc.). El presente trabajo se basa en el estudio del efecto de diferentes "ME Bokashi", en ciertos indicadores del crecimiento y desarrollo y el rendimiento de la variedad comercial de maíz NB-6.

En Nicaragua los estudios en fisiología vegetal son incipientes. Los resultados de este trabajo son un aporte sustancial para el desarrollo de esta especialidad. El presente experimento fue desarrollado con el objetivo general de aplicar prácticas agrícolas sustentables, a través de la sustitución del fertilizante químicos por sustratos orgánicos como biofertilizantes. Los objetivos específicos fueron: determinar el efecto de biofertilizantes sobre el área foliar, la biomasa de las hojas, biomasa de tallos, biomasa de panoja, biomasa de espigas, biomasa total y rendimiento de la variedad de maíz NB-6.

En el mismo trabajo también se planteó la hipótesis de que los "ME Bokashi" evaluados pueden competir con los fertilizantes químicos en cuanto a desarrollo y rendimiento de la variedad de maíz estudiado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en los terrenos de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua. La época del año comprendió los meses de noviembre a febrero (período seco), por lo que se desarrolló bajo condiciones de riego. El área experimental consistió en 6.56 m de largo por 8 m de ancho (52.5 m²). El área de la parcela útil fue de 4.9 m de largo por 6 m de ancho (29.5 m²). El área de la repetición fue 52.5 m por 6 m (314.9 m²). Las áreas de repeticiones fueron de 1.5 m por 39.4 por 2 (118.1 m²). El área de las tres repeticiones fue de 314.9 m² por 3 (944.6 m²). El área total del experimento fue de 1062.7 m².

Los tipos de suelos son pertenecientes a la serie La Calera (LCA), derivado de sedimentos lacustres y aluviales. Son pobremente drenados, negros superficiales, calcáreos con sales y alto contenido de sodio intercambiable, su textura es franco arenoso.

Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de bloques completos al azar (B.C.A.), con seis tratamientos y tres réplicas.

cas. Los tratamientos utilizados fueron: cascarilla de arroz + Gallinaza + Aserrín + ME, cascarilla de arroz + estiércol + aserrín + ME, cascarilla de arroz + pulpa de café + aserrín + ME, cascarilla de arroz + gallinaza + estiércol + ME, testigo relativo (NPK: 12-24-12), Urea 46 % y testigo absoluto (sin aplicación).

Para preparar los tratamientos de biofertilizantes, se partió de una solución de microorganismos eficientes (ME), preparada industrialmente por ME Technologies Inc., la que se diluyó en melaza y agua en proporción de una parte de ME: una parte de melaza y 50 partes de agua. Esta disolución se añadió a las diferentes mezclas y proporciones (partes) de desechos orgánicos, hasta lograr el 35 % de humedad de la misma; logrando la formación de cuatro tratamientos de ME-Bokashi. Se prepararon aproximadamente 36.4 kg de ME-Bokashi por tratamiento (80 l). Posteriormente se realizó el proceso de fermentación anaeróbica, el que consistió en introducir las mezclas de los tratamientos en bolsas de polietileno con capacidad de 18.2 kg aproximadamente. Posteriormente, cada bolsa se selló herméticamente y se almacenó en condiciones de baja iluminación durante 14 días. Al concluir este período de fermentado, se procedió con el secado de las mezclas por un período de seis días. Al final, los biofertilizantes fueron almacenados para su posterior incorporación al suelo.

La preparación del terreno se realizó bajo sistema de labranza convencional. La siembra se efectuó de forma manual, colocando tres semillas por golpe, con distancia entre surco de 0.82 m y distancia entre planta de 0.40 m. Se utilizó la variedad de maíz NB-6, que tiene un ciclo de 110-115 días, y un rendimiento potencial promedio de 3 894-4 543 kg ha⁻¹. Esta variedad es de polinización libre y tolerante al achaparramiento (MAG, 1993; citado por Cisne y Laguna, 1997). La fertilización consistió en la incorporación de los biofertilizantes (ME-Bokashi) en las respectivas parcelas experimentales siete días antes de la siembra, a razón de 2 021 kg ha⁻¹ y la aplicación de fertilizante completo (NPK), fórmula 12-24-12 siete días antes de la siembra, en el testigo relativo, en dosis de 130 kg ha⁻¹, (15.51 kg ha⁻¹ de N; 21.8 kg ha⁻¹ de P y 31.02 kg ha⁻¹ de K). Se realizó una segunda aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea al 46 %), a razón de 64.7 kg ha⁻¹ a los 30 dds, en el testigo relativo. El control de malezas se realizó de forma mecánica (azadón), a los 15 y 40 dds.

Durante el transcurso del experimento, se aprovecharon las últimas precipitaciones de la época lluviosa. Sin embargo, se realizaron 8 riegos por aspersión con intervalos de 1-2 por semana. Se realizó manejo fitosanitario durante el período crítico del cultivo, controlando *Dalbulus maidis* L. (Chicharrita del maíz) y *Diabrotica* sp., con aplicaciones de ME-5 (mezcla de agua, melaza, vinagre, alcohol al 30-50 %, y ME), a razón de 3 cc por litro y aplicación de Neem en dosis de 4cc por litro, las que se realizaron de forma intercalada. La cosecha se efectuó de forma manual a los 110 dds, al completar el ciclo del cultivo.

La toma de datos se realizó cada 20 días, a partir de los 29 dds. Se tomaron 12 plantas al azar por tratamiento. La biomasa de hojas, tallo (tallo y vainas), flor masculina y mazorca se obtuvo a partir del tejido fresco, el que se sometió a una temperatura de 85 °C hasta el secado total. Posteriormente se determinó la materia seca y se expresó como biomasa en gramos por planta.

Se midió el largo y ancho de las hojas biológicamente activas, determinándose el producto, el cual se multiplicó por el coeficiente 0.75 (establecido para el maíz), el cual se denota como: área = L. A. *0.75

Se determinó el rendimiento, basado en la cantidad de granos cosechados de las plantas comprendidas en la parcela útil. El mismo, se expresó en kilogramos por hectárea.

El análisis de los datos se efectuó utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System 1985). Se realizó análisis de varianza y separación de medias por medio de la prueba de Duncan para la mayoría de las variables evaluadas. Para el rendimiento de grano, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tuckey al 95% de confiabilidad. También se efectuó análisis de correlación y regresión entre las variables del crecimiento y la edad del cultivo, seleccionándose las ecuaciones de regresión, de acuerdo a los coeficientes de correlación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 1 y 2 presentan el modelo matemático de biomasa y área foliar de las plantas muestreadas, durante su ciclo de vida, para los seis tratamientos evaluados. Durante los primeros 30 días después de la siembra (dds) (fase vegetativa), no hay diferencias entre tratamientos. Este período se identifica por una lenta acumulación de biomasa (Bolaños y Edmeades, 1993). Posteriormente, en la fase reproductiva se aprecia diferenciación entre cada fertilizante utilizado, la cual se acentúa en la media que avanza el ciclo del cultivo.

La biomasa de las hojas se incrementó a los 60-70 dds., aproximadamente. Este momento coincide con el final de la fase reproductiva, durante la cual hay rápida acumulación de biomasa.

Posterior al período de rápida acumulación de biomasa foliar, en la fase de llenado de grano casi cesó la expansión del follaje y con ello la acumulación de biomasa en las hojas. En esta etapa el área foliar no verde se incrementa (Bolaños y Edmeades, 1993). En la madurez fisiológica (105 dds.), la biomasa de las hojas llegó a cero. Por el hecho de trabajar con materia verde, la materia seca se hizo nula al momento de la cosecha.

El análisis de varianza para biomasa foliar, en cada etapa de desarrollo del cultivo, indicó diferencias significativas ($p < 0.05$) en el muestreo realizado a los 62 dds. El T5 (fertilizante químico) fue significativamente superior al resto de tratamientos. Se destaca el tratamiento 4 (cascarilla de arroz, gallinaza, estiércol de ganado y ME) con los mayores valores en casi todo el ciclo del cultivo.

El análisis de varianza para el área foliar indicó diferencias significativas entre tratamientos en el muestreo realizado a los 82 dds. ($p < 0.05$). Según la prueba de Duncan, se aprecian diferencias significativas entre el tratamiento 5 (fertilizante químico) y los restantes tratamientos, a excepción de T4 (cascarilla de arroz, gallinaza, estiércol de ganado y ME).

El área foliar de la planta en la fase de llenado del grano (aproximadamente 82 dds) es la que tuvo mayor impacto en el rendimiento del cultivo para todos los tratamientos. Este momento corresponde a la fase de traslado de nutrientes hacia el grano. El desarrollo foliar que en ese momento tenga la planta es de vital importancia, como proveedora de fotosintatos a la misma.

La Figura. 3 muestra el modelo matemático de biomasa de la mazorca en las diferentes edades del cultivo de maíz. Los mayores valores corresponden a T5, seguida por T4 (cascarilla

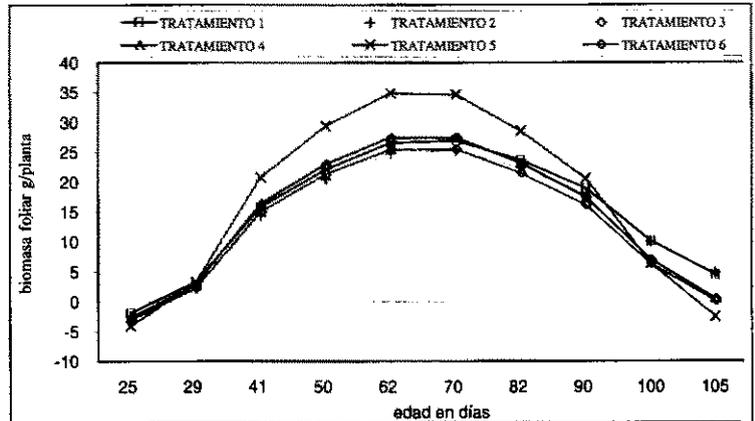


Figura 1. Modelo matemático para biomasa foliar y tratamientos.

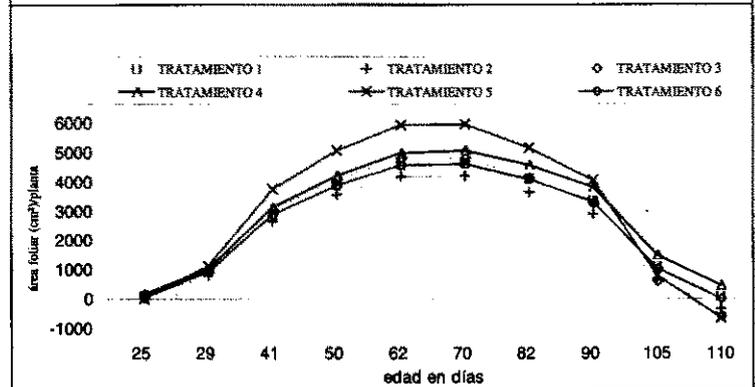


Figura 2. Modelo matemático del área foliar por planta y tratamientos.

de arroz, gallinaza, estiércol de ganado y ME) y T3. Los menores valores de biomasa fueron asociados al T2 (cascarilla de arroz, estiércol de ganado, aserrín y ME). El comportamiento a lo largo del desarrollo de la planta indica la translocación de nutrientes desde el tallo hacia la mazorca.

El análisis de varianza para biomasa de la mazorca muestra diferencias estadísticas significativas para el muestreo realizado a los 105 dds. La separación de medias según Duncan reflejó el menor valor en el T2, el cual difirió de T3, T4 y T5. También se observaron diferencias significativas entre T6 y T3, T4 y T5 y entre T1 y T3. Lo anterior implica que el tejido vivo de la mazorca fue menor en T2 y T6 y mayor en T3, T4 y T5. Lo anterior muestra el traslado de materia orgánica hacia el fruto (la mazorca) en cada tratamiento.

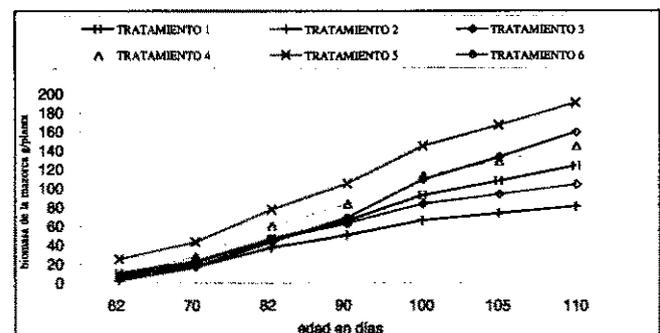


Figura 3. Modelo matemático de la biomasa de la mazorca por planta y tratamientos.

La biomasa total del cultivo es de gran importancia por su relación con el fruto.

En la Figura 4 se muestra una comparación de la biomasa acumulada en la mazorca por cada tratamiento, en la fase de llenado de grano y de madurez fisiológica. Los tratamientos 3 y 4 incrementaron su biomasa total a medida que se acercaban a su madurez fisiológica, acercándose al tratamiento 5, y distanciándose del resto de tratamientos.

La Tabla 2, representa el rendimiento del maíz (kg ha^{-1}) para cada tratamiento. El análisis de varianza y la Prueba de Tuckey, muestra categorías estadísticas bien definidas. El mayor rendimiento fue para el tratamiento 4 (cascarilla de arroz, gallinaza, estiércol y ME), con $2\ 101.6$ (kg ha^{-1}); un poco mayor que el tratamiento 5 (fertilizante químico), el que tuvo $2\ 057$ (kg ha^{-1}). Le siguió el tratamiento 1 (cascarilla de arroz, gallinaza, aserrín y ME), con $1\ 847$ (kg ha^{-1}).

Tabla 2. Rendimiento (kg ha^{-1}) de la variedad de maíz NB-6 en cada tratamiento y su nivel de significancia

Tratamientos	Rendimiento kg ha^{-1}	Plan kg m^{-2}	
4	2 101.6	0.21	a*
5	2 057.0	0.20	ab
1	1 847.3	0.18	ab
3	1 737.9	0.17	ab
6	1 619.4	0.16	bc
2	1 240.6	0.12	c

*Medias con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a Tuckey al 95 % de confianza

El tratamiento 2 (cascarilla de arroz, estiércol de ganado, aserrín y ME), obtuvo el rendimiento más bajo, con $1\ 240.6$ (kg ha^{-1}).

Los tratamientos de mayor rendimiento (T4 y T5), son a su vez los que tienen mayores índices de crecimiento. Los tratamientos T2 y T6 muestran un comportamiento opuesto. Los tratamientos T4 y T5 obtuvieron los mayores valores de biomasa y área foliar a los 62 dds, mientras que T2 y T6 los más bajos, al igual que los rendimientos.

CONCLUSIONES

El modelo matemático que más se ajustó al crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz para todos los tratamientos, fue la ecuación cuadrática.

El tratamiento 5 (NPK:12-24-12, Urea 46%), tuvo mayor efecto en biomasa foliar, área foliar, biomasa del tallo, biomasa de la flor y biomasa de la mazorca del cultivo de maíz, que los ME-Bokashi utilizados. El tratamiento 4 (cascarilla de arroz, gallinaza, estiércol de ganado y ME) ocupó el segundo lugar.

Los ME-Bokashi constituidos por el tratamiento 1 (cascarilla de arroz + gallinaza + aserrín + ME), tratamiento 3 (cascarilla de arroz + pulpa de café + aserrín + ME) y tratamiento 4 (cascarilla de arroz + gallinaza + estiércol de ganado + ME) resultaron tan efectivos como el tratamiento 5 (NPK: 12-24-12, Urea 46 %) con respecto al rendimiento del maíz.

El tratamiento 4 produjo los mayores rendimientos de maíz ($2\ 101$ kg ha^{-1}), significativamente superior a los tratamientos 6 (testigo absoluto) y 2 (cascarilla de arroz, estiércol de ganado, aserrín y ME).

A pesar de que el tratamiento 5 (NPK:12-24-12, Urea 46%) fue el más efectivo en favorecer el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz, los tratamientos de ME- Bokashi (excepto el 2), fueron tan efectivos como el 5 en el traslado de materia orgánica del tallo a la mazorca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, R., M. CARRIÓN, E. PEÑA Y A. NAVARRO. 1997. Uso de diferentes fuentes de materia orgánica en la producción de posturas de tomate en semillero tradicional. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. C. Las Villas, Villa Clara, pp. 20.
- ALTIERI, M. A. 1995. Bases y Estrategias Agroecológicas para una Agricultura Sustentable, Revista CLADES, Chile, pp. 21-30.
- BOLAÑOS, J. Y G. O. EDMEADES. 1993. La Fenología del Maíz. En Síntesis de Resultados Experimentales del PRM, CIMMYT, Guatemala, 4:251-261.
- BUSTAMANTE, C., M. OCHOA, Y M. RODRÍGUEZ. 1997. Uso de Canavalia ensiformis en la reducción de la fertilización mineral nitrogenada en el cultivo del café. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. Central de Las Villas, Villa Clara, pp.2.
- CAIRO, P., M. CARBAJAL, J. MACHADO, P. TÓRRES, R. JIMÉNEZ, I. ABREUS Y C. RODRÍGUEZ. 1997. Como mejorar la bioestructura en suelos degradados de la provincia de Sancti Spiritus. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. Central de Las Villas, Villa Clara, pp. 23.
- CISNE, J Y R. LAGUNA. 1996. Resumen de Trabajo UNA-EM Technologies. Universidad Nacional Agraria, Managua, 6 pp.
- CISNE, J. Y R. LAGUNA. 1997. Informe sobre la evaluación de cuatro combinaciones de materia orgánica inoculados con microorganismos benéficos EM sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua, 24 pp.
- CRESPO, G., S. FRAGA Y J. GIL. 1997. Abonos verdes intercalados con maíz y su efecto en la producción de papa. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. Central de Las Villas, Villa Clara, pp. 7.
- FERNÁNDEZ, C. 1998. Efecto de diferentes biofertilizantes sobre el desarrollo y rendimiento de la variedad de maíz (*Zea mays* L.) NB-6. Tesis de Maestría en Biología Vegetal, Mención en Fisiología Vegetal, Universidad de La Habana, Ciudad Habana, 47 pp.
- GARCÍA, M., E. TRETO Y M. ALVAREZ. 1997. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre suelo Ferráltico Rojo. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. C. Las Villas, Villa Clara, pp. 1-2.
- HERRERA, J. L., I. FERNÁNDEZ Y N. S. GONZÁLEZ. 1997. Fertilización fosfórica a partir de materiales orgánicos en una rotación de cultivos. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. Central de Las Villas, Villa Clara, pp. 4-5.
- PHILLIPS, J.M. Y S.R. PHILLIPS. 1996. The APNAN User's Manual EM Nature Farming Guide. edit. EM Technologies, Inc., Tucson, 39 pp.
- RODRÍGUEZ, R. Y J. HERRERA. 1997. Composte como alternativa de nutrición de la lechuga. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. Central de Las Villas, Villa Clara, pp.4.
- VALDÉZ, C., S. RODRÍGUEZ, A. TERRY, V. MONTOTO Y C. LÓPEZ (1997): Utilización de los lodos de digestión como bioabonos para el cultivo de especies hortícolas. En el III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Resúmenes, Univ. Central de Las Villas, Villa Clara, pp. 8-9.