

POR: ¹FORERO ULLOA, Fabio Emilio / ²SERRANO CELY, Pablo Antonio / ³ALMANZA MERCHÁN, Pedro José

EFECTO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA PRODUCCIÓN DE *(Zea mays L.)*

**EFFECT OF ORGANIC
AMENDMENTS AND CHEMICAL
FERTILIZATION IN PRODUCTION OF
CORN (ZEA MAYS L.)**

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones GIPSO, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
E-mail: fabio.forero@uptc.edu.co

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones GIPSO, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
E-mail: pablo.serrano@uptc.edu.co

³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Ecofisiología Vegetal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
E-mail: pedro.almanza@uptc.edu.co

Recibido: 20 de mayo de 2014

Aceptado para publicación: 21 de agosto de 2014

Tipo: Investigación

MAÍZ



RESUMEN

El maíz se cultiva en 135 países, por sus usos y bondades alimenticias es el cereal de mayor importancia mundial. En Colombia se cultiva en diversas condiciones agroecológicas de producción. La cachaza es un residuo orgánico resultado de la molienda de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), empleada para la fabricación de la panela (sólido consecuencia de la ebullición y evaporación del agua proveniente del jugo de caña), que puede ser utilizado como enmienda y es un acondicionador de suelos, por ser una fuente rica en fósforo, calcio y nitrógeno. El objetivo de la investigación, consistió en evaluar el efecto de la cachaza frente a la aplicación de otras fuentes orgánicas y a la fertilización química en maíz ICA-V-305. Para ello, se estableció un diseño estadístico completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo absoluto. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y a la prueba de comparación de Tukey. La aplicación de Cachaza + Abimgra® produjo el mayor número de mazorcas, en tanto que el empleo de cachaza, presentó los segundos mejores resultados en cuanto a número de granos/mazorca y peso de 100 granos de maíz, por lo tanto, la cachaza se convierte, a través del tiempo, en una opción importante como enmienda orgánica, lo que favorecería la producción de maíz, y una opción como fertilización orgánica.

Palabras clave: biofertilizante, cachaza, cereales, nutrición vegetal

ABSTRACT

Corn is grown in 135 countries, and because of its uses and nutritional benefits is the world's most important cereal. In Colombia it is grown in various agro-ecological conditions of production. The bagasse is an organic residue resulting from the grinding of sugar cane (*Saccharum officinarum L.*), used for the production of jaggery (solid resulting of boiling and evaporation of the juice from sugar cane), which can be used as an amendment and is a soil conditioner, as a rich source of phosphorus, calcium and nitrogen. The aim of the research was to evaluate the effect of bagasse against the application of other organic sources and chemical fertilization in maize, variety ICA-V-305. For this, a completely random statistical design with four treatments and absolute control was established. Results were subjected to analysis of variance and Tukey comparison test. Applying Bagasse + Abimgra® produced the greatest number of ears of corn, while the use of only bagasse, presented the second best results in terms of number of grains / ear and weight of 100 grains of corn, therefore bagasse becomes, through time, an important option as organic amendment, which would favor the production of corn, and an option as organic fertilizer.

Keywords: biofertilizer, bagasse, cereals, plant nutrition.

INTRODUCCIÓN

Las enmiendas orgánicas son consideradas como residuos de origen animal y cosechas vegetales (Paneque & Calaña, 2004), que adicionadas a los suelos mejoran sus características químicas, físicas y biológicas, que pueden ser utilizadas como fertilizante de cultivos, una vez se haya mineralizado (Jeavons, 2002; Soto, 2003), debido a que estimulan la flora microbiana del suelo y la nutrición de las plantas, además, de favorecer la producción (Nico *et al.*, 2005; Sosa, 2005). Las enmiendas orgánicas varían en su composición química de acuerdo con el proceso y duración de elaboración, actividad biológica y clases de material utilizados (Meléndez, 2003).

Teniendo en cuenta el incremento acelerado de la población mundial, asociado a una mayor demanda de alimentos, se está provocando un uso intensivo de los recursos naturales (Benzing, 2001), lo que implica la aceleración de impactos negativos en el ambiente y la perturbación de la sostenibilidad de los sistemas de producción. La tendencia global del manejo de los sistemas productivos demanda conocimientos fundamentales sobre el efecto de los recursos vegetales, lo que involucra la utilización y el manejo de las enmiendas agrícolas aplicadas al suelo (Pérez *et al.*, 1998).

La cachaza es considerada una enmienda orgánica sólida, subproducto de la fabricación de panela, se caracteriza por ser de color marrón (Forero *et al.*, 2008). El jugo fresco se somete a una limpieza, agregando cal y extracto de plantas naturales como cadillo (*Triumfetta lappula* L.), balse blanco (*Heliocarpus americanus* L.) o guásimo (*Guazuma ulmifolia* L.). En la superficie de este jugo, se forma una capa de naturaleza coloidal compuesta por sacarosa, residuos de caña, suelo y fosfato de calcio. (Sarría *et al.*, 1990; Forero *et al.*, 2008). Este subproducto, en la región de la Hoya del Río Suárez (departamentos de Santander y Boyacá, Colombia), se utiliza en un 47% como alimento para animales y el 53% restante se arroja cerca de fuentes acuíferas (Rodríguez & Gottret, 2006), causando problemas de contaminación eutrófica (Forero *et al.*, 2008).

La cachaza tienen alto contenido de materia orgánica (Hugot, 1986), y potencialmente es un acondicionador de suelos que aporta humus, una vez se ha descompuesto suficiente para mantener la fertilidad de suelos en zonas tropicales y subtropicales (Mohee & Panray, 1999), es rica en fósforo, calcio y nitrógeno y pobre en potasio (Forero, 2009), el contenido de calcio, depende de las cantidades de cal empleadas durante la calcificación del jugo, los bajos contenidos de potasio, son resultado de la solubilidad del elemento y los altos contenidos en nitrógeno se deben a la materia orgánica presente en el residuo. Además, es fuente de magnesio y zinc (Gómez, 2006), que favorece la microbiología del suelo y mejora la estructura, proporcionando un medio adecuado para la producción de cultivos como el maíz.

El maíz, por sus múltiples usos y bondades alimenticias, se ha convertido entre los cereales, como el cultivo más importante en el mundo, es así como se siembra en 135 países con producciones mundiales, reportadas para el año

2011, de 864.376.440 toneladas en 167.000.000 hectáreas, de las cuales el 90% corresponden a maíz amarillo y el 10% a maíz blanco (Fenalce, 2013). En Colombia, se cultiva en todas las regiones, debido a su adaptación a diversas condiciones agroclimáticas. Debido al incremento en la demanda, el maíz amarillo, ha venido creciendo hasta representar en el año 2011, el 66% de la producción nacional, con producciones reportadas para el año 2010 de 1,5 t ha⁻¹. En el Departamento de Boyacá, se reportan para ese mismo año, producciones de 1,4 t ha⁻¹ (Agronet, 2013).

La cachaza, como subproducto de la fabricación de panela, en la región del río Suárez, no es utilizada por los agricultores (Forero, 2009), debido al desconocimiento del potencial que representa como enmienda orgánica para el manejo de la fertilidad del suelo. Por tanto, la investigación buscó establecer el efecto de la cachaza, frente a la aplicación de otras fuentes orgánicas y la fertilización química en la producción de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el municipio de Chitaraque, Boyacá, situado a 5° 59' 87" N y 73° 27' 78" W, a una altitud de 1729 msnm. (Forero *et al.*, 2010), con temperatura promedio de 22 °C y precipitación de 660 mm/año. Los



suelos corresponden a la clase Typic Dystrudert, de textura franco-arcillosa-arenosa y fertilidad natural baja (Forero, 2009). Con el objetivo de establecer las dosis de los tratamientos evaluados, se realizó un análisis de suelos en un lote que había sido destinado a pastoreo. De acuerdo con ello y a los requerimientos del cultivo, los tratamientos fueron: fertilización química de N-P-K (15-15-15), 550 kg ha⁻¹; Abimgra® (60 % de gallinaza, 20 % de polihalita (K₂MgCa₂(SO₄)₄H₂O), 10 % de roca fosfórica del 36 % de pentóxido de fósforo, 10% de bases de azufre rico en sulfatos orgánicos) en dosis de 4175 kg ha⁻¹; cachaza (7250 kg ha⁻¹); mezcla de Cachaza+Abimgra® (3625 kg ha⁻¹ + 2087 kg ha⁻¹) y testigo (sin fertilización). La aplicación de las enmiendas orgánicas se realizó 20 días antes de la siembra, de acuerdo con la recomendación propuesta por Forero (2009).

Las plantas objeto de estudio correspondieron a la variedad de maíz amarillo ICA-V-305 cultivada en la región, esta variedad, se caracteriza por una amplia adaptación altitudinal (0-1800 msnm.); presenta floración a los 72 días después de emergencia (DDE), con una altura de emisión de la mazorca a 1,26 m (Fenalce, 2010). Se sembraron tres semillas por sitio con distancia de siembra de 45 cm entre plantas y 90 cm entre surcos, se realizó un raleo dejando una planta/sitio. Cuando el maíz llegó al estado de choclo (120

DDE) se escogieron ocho plantas centrales de cada unidad experimental (UE), evaluando: la altura, desde el cuello hasta la espiga, mediante un flexómetro; se contaron el número de mazorcas por planta y se pesaron con una balanza digital de precisión (0,001g) (Ohaus). Inmediatamente se llevaron las mazorcas al laboratorio de Fisiología vegetal de la UPTC, donde se determinó el número de granos por mazorca, el peso de 100 granos y la masa fresca de plantas.

Se elaboró un diseño estadístico completamente al azar con cuatro tratamientos (Cachaza, Abimgra®, Cachaza + Abimgra® y 15-15-15) y un testigo absoluto (sin fertilización). Cada tratamiento se replicó cuatro veces para un total de 20 UE, cada UE estuvo conformada por 66 plantas, correspondiente a una parcela de 6 X 4 m. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y se llevó a cabo la prueba de comparación múltiple de Tukey (P 0,05). Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico SAS® v. 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

No se presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0,01$) entre el testigo absoluto (T1) (sin fertilización), la aplicación de 550 kg ha⁻¹ de 15-15-15 (T2) y de 3625 + 2087 kg ha⁻¹ de cachaza + abimgra® (T5); pero sí, con los tratamientos con aplicación de cachaza (T3) (7250 kg ha⁻¹) y abimgra® (T4) (4175 kg ha⁻¹). A pesar de que no se presentaron diferencias significativas (T1, T2, T3 y T5), la mayor altura de plantas de maíz se dio con el T2, donde las plantas de maíz alcanzaron 2,27 m, posiblemente debido a que la aplicación de fertilizantes de síntesis química, suple de forma rápida elementos nutrientes de lenta y rápida asimilación lo que repercute en rápidas respuesta de la especie; en tanto que la aplicación de abimgra® presentó el resultado más desfavorable con plantas que alcanzaron una altura de 1,99 m (Figura 1).

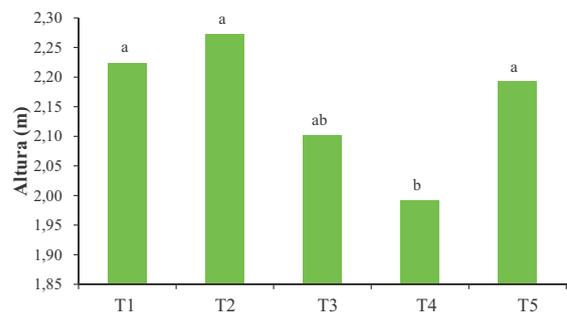


Figura 1. Altura de plantas de maíz bajo la aplicación de cachaza fresca en Chitaraque Boyacá. Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5 %). T1: Testigo absoluto; T2: 15-15-15; T3: Cachaza; T4: Abimgra®; T5: Cachaza + Abimgra®.

La mayor altura encontrada en la investigación coincide con lo reportado por (Olsen, 1975) quien menciona que las gramíneas tropicales presentan una respuesta alta al nitrógeno, con elevadas tasas de crecimiento (Quero *et al.*, 2007), situación que se ve reflejada en el maíz, por ser una planta de metabolismo C4 (Medrano & Flexas, 2000), cuando se emplean productos que contienen nitrógeno como es el caso del 15-15-15, que de acuerdo con la investigación de





Tudsri *et al.*, (2002), a mayores dosis se presenta mayor crecimiento.

La mayor altura presentada de acuerdo con Forero *et al.*, 2010, posiblemente se debe a que el nitrógeno se concentra en el tejido vegetal como proteína enzimática en los cloroplastos y su principal función es estimular el crecimiento de la planta, especialmente, en la etapa inicial de crecimiento, generando un alto índice de área foliar y prolongando el periodo fenológico (Castro, 1998). Sin embargo, a pesar de la mayor altura lograda con la aplicación de fertilizante químico, no necesariamente, es un índice de mayores producciones, pues las plantas que son altas, podrían tener mayor área foliar y un bajo índice de cosecha (Johnson *et al.*, 1986), que pudo ser influido por el contenido nutricional del suelo.

Zérega (1993) sostiene que la alta relación C/N que comúnmente presenta la cachaza provoca la inmovilización del nitrógeno nativo y el aplicado en el suelo, lo cual determina la fecha de aplicación y la posterior liberación del nitrógeno. Aplicaciones de cachaza posteriores, puede retrasar el crecimiento de las plantas, a menos que se agregue una dosis reforzada de nitrógeno, esta situación concuerda muy bien con lo que se encontró tanto con la adición de Cachaza y de Abimgra®, no siendo así con la de mezcla de Cachaza + Abimgra®. Lo anterior, podría explicar el buen comportamiento del T1 (sin fertilización), el cual no es significativamente diferente a los demás tratamientos.

Masa fresca de plantas

No se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,01$) entre los tratamientos T5 y T2, pero sí entre los demás tratamientos. La mayor masa fresca de plantas de maíz se debió a la mezcla de Cachaza + Abimgra® (3625+2087 kg ha⁻¹) que generaron plantas con 1037,6 g de biomasa, no siendo así la respuesta con la aplicación de 4175 kg ha⁻¹ de Abimgra®, pues se obtuvieron plantas con 493,9 g (Figura 2).

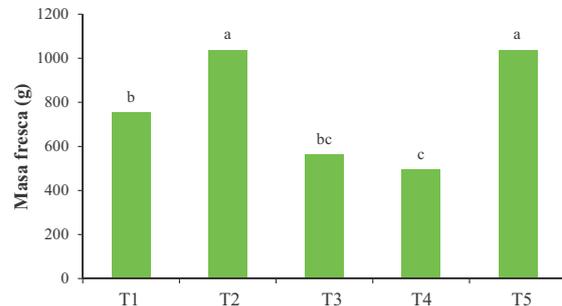


Figura 2. Masa fresca de plantas de maíz bajo la aplicación de cachaza fresca en Chitaraque Boyacá. Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5 %). T1: Testigo absoluto; T2: 15-15-15; T3: Cachaza; T4: Abimgra®; T5: Cachaza + Abimgra®.

De acuerdo con diversas investigaciones, se ha encontrado que con aplicaciones periódicas de enmiendas orgánicas al suelo se mantienen los niveles de materia orgánica (Muñoz *et al.*, 1990), y por lo tanto, la producción es máxima (González & Yanes, 1995). Además, la fase de mineralización es lenta (Peña *et al.*, 2002; Trejo, 2005; Julca *et al.*, 2006), lo cual



explica por qué la masa fresca de las plantas de maíz, sin ser significativo, fue mayor con la aplicación de Cachaza + Abimgra®, frente a los demás tratamientos. Los resultados encontrados concuerdan con la investigación realizada por López *et al.*, (2001) quienes mencionan que en especies como el sorgo y maíz, la aplicación de enmiendas orgánicas, incrementan la producción más que los fertilizantes químicos. Referente al comportamiento de la masa fresca con la aplicación de 15-15-15, como segundo mejor tratamiento, Wanyama *et al.*, (2003) mencionan que el uso de enmiendas orgánicas puede ser la mejor opción para mejorar la disponibilidad y toma de nutrientes en especies perennes como los pastos tropicales, en cambio, los fertilizantes químicos lo son para forrajes de ciclo anual (Stewart *et al.*, 2005).

Número de mazorcas

El número de mazorcas/parcela, presentó diferencias significativas ($P < 0,01$), fue mayor estadísticamente con la aplicación de 4175 kg ha^{-1} de Abimgra®, generándose 88,3 mazorcas; seguido por la aplicación de Cachaza + Abimgra® (85 mazorcas). De manera contraria, con 77,6 mazorcas, la aplicación de 7250 kg ha^{-1} de Cachaza se convirtió en el tratamiento menos favorable (Figura 3).

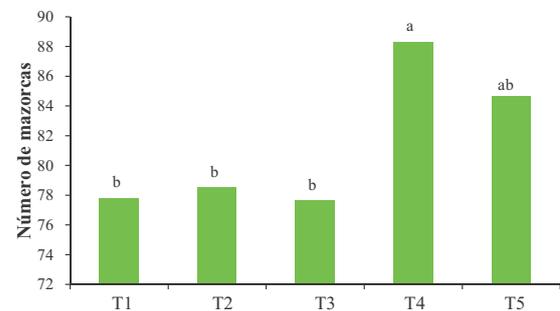


Figura 3. Número de mazorcas de plantas de maíz bajo la aplicación de cachaza fresca en Chitaraque Boyacá. Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5 %). T1: Testigo absoluto; T2: 15-15-15; T3: Cachaza; T4: Abimgra®; T5: Cachaza + Abimgra®.

Matheus (2004) observó un aumento en el rendimiento en maíz con la mezcla de enmiendas a base de cachaza, sin diferencias sobre la fertilización comercial pero si sobre la aplicación del biofertilizante, lo cual coincide con los resultados de la investigación. Lo que implica que los abonos orgánicos son productos de baja concentración mineral y lenta liberación, en los cuales el suministro de nutrimentos está determinado por factores que regulan la mineralización y humificación; estos son procesos dinámicos complejos cuya

evolución depende del clima y de las características de cada sistema de producción (Datzel *et al.*, 1991; Bernal *et al.*, 1998). (Muñoz *et al.*, 1990) y, por ende, la producción podría ser máxima (González & Yanes, 1995).

Número de granos/mazorca

No se presentaron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos de fertilización. Los valores oscilaron entre 527,8 y 567 granos/mazorca, presentando mejor respuesta con la aplicación de 4175 kg ha⁻¹ de Abimgra®, seguido por la aplicación de 7250 kg ha⁻¹ de Cachaza, el tratamiento que presentó la menor respuesta en número de granos fue el T5 (Figura 4). Esto indica, que el cultivo de maíz llega a un momento en el que la mayor tasa de materia orgánica no incrementa la producción de granos de maíz y las aplicaciones en exceso disminuyen número de granos (Forero *et al.*, 2010).

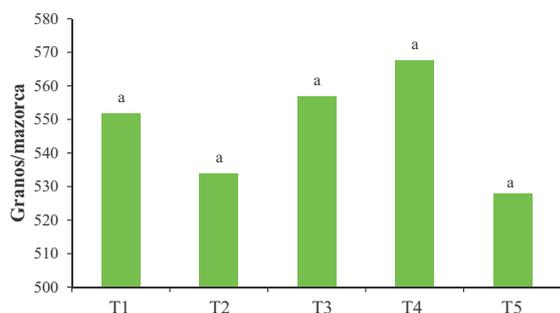


Figura 4. Número de granos/mazorca de maíz bajo la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante químico en Chitaraque Boyacá. Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5 %). T1: Testigo absoluto; T2: 15-15-15; T3: Cachaza; T4: Abimgra®; T5: Cachaza + Abimgra®.

Uhart & Andrade (1995) afirman que el número de granos está asociado a la tasa de crecimiento del cultivo durante la floración, modificándose por la disponibilidad de nitrógeno. Se ha encontrado que una menor cantidad de N reduce el rendimiento, afectando el número de granos (Forero *et al.*, 2010). Las deficiencias de N reducen el rendimiento a través de la disminución de la materia seca total y a la partición de fotoasimilados que llega al grano directamente (Uhart & Andrade, 1995). Por otro lado, cuando las aplicaciones de N son excesivas el crecimiento vegetativo se incrementa y la distribución de sintatos hacia el grano también se ve disminuida (Marschner, 2002).

Peso de 100 granos

Se logró un mayor peso de 100 granos de maíz ($P \leq 0,05$) con el tratamiento T2 (550 kg ha⁻¹) con 52,07g, seguido por la aplicación de 7250 kg ha⁻¹ de Cachaza. Con un peso de 45,3 g/100 granos de maíz, el T4 (4175 kg ha⁻¹) generó la respuesta menos favorable (Figura 5). Los abonos orgánicos generalmente son considerados como productos de baja concentración mineral y lenta liberación ya que depende de su mineralización y humificación, y la fuente rápida de nutrientes depende de la reserva natural y fuentes químicas como el caso del fertilizante 15-15-15 (Forero, 2009).

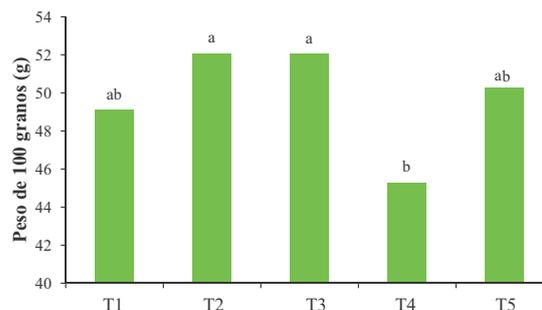


Figura 5. Peso de 100 granos de plantas de maíz bajo la aplicación de cachaza fresca en Chitaraque Boyacá. Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5 %). T1: Testigo absoluto; T2: 15-15-15; T3: Cachaza; T4: Abimgra®; T5: Cachaza + Abimgra®.

Los rendimientos obtenidos demuestran que los abonos orgánicos, en este caso la Cachaza, es una buena fuente que contribuye con nutrientes en el cultivo de maíz. La diferencia entre la fertilización orgánica y la mineral puede verse desde el punto de vista nutricional, donde la fertilización con Cachaza fue superada, sin diferencias significativas, por la aplicación mineral (15-15-15) y que están disponibles para ser metabolizadas por las plantas. De acuerdo con Cantarero & Martínez (2002), el peso del grano está determinado por la variedad, por la materia orgánica asimilada y la relación entre las fuentes y el vertedero así como el llenado de los granos, lo que a su vez está determinado por la eficacia de los procesos fotosintéticos y por la eficiencia de la nutrición mineral e hídrica durante el llenado de granos. Por tanto, el rendimiento está en dependencia de la calidad, cantidad y tamaños de los granos, sobre todo cuando está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno (Lemcoff & Loomis, 1986).

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizante químico presentó los mejores resultados en altura de planta, masa fresca y peso de 100 granos de maíz, en tanto que, con el uso de Abimgra® se obtuvieron los resultados más bajos en estas variables, pero los mejores en número de mazorcas y granos/mazorca. La de cachaza arrojó los segundos mejores resultados número de granos/mazorca, peso de 100 granos de maíz. Por tanto, la cachaza se convierte en una opción importante como enmienda orgánica para el suelo, por ser un aportante de nitrógeno a través del tiempo, lo que favorecería la producción de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Benzing, A. (2001). *Agricultura Orgánica - fundamentos para la región andina*. Necker-Verlag, Villingen Schwenningen, Alemania.
- Bernal, M., Sánchez-Monedero, M., Paredes C. & Roig, A. (1998). Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 69, 175-189.
- Cantarero, R. J. & Martínez, O. A. (2002). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Variedad NB6. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Castro, H.E. (1998). *Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas*. Bogotá: Prodimedios.
- Datzel, H., Biddlestone, K., Gray K. & Thurairajan, K. (1991). Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de suelos*. FAO, N° 56. Roma, p. 312.
- FENALCE. (2013). Indicadores económicos. Recuperado de http://www.fenalce.org/pagina.php?p_a=23
- FENALCE, (2010). El cultivo del maíz, historia e importancia. Recuperado de www.Fenalce.org/arch_public/maiz93.pdf.
- Forero, F. E. & Álvarez-Herrera, J. G. (2010). Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 13 (1): 77-86.
- Forero, F. (2009). Respuesta agroeconómica a dos sistemas de producción: maíz y maíz asocio frijol a la aplicación de cachaza en la hoya del río Suárez, municipio de Chitaraque. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Escuela de Posgrados. Tesis de Maestría Ciencias Agropecuarias.
- Forero F., Torres, J. & Balaguera-López, H. (2008). Efecto de la aplicación de cachaza fresca y de dos sistemas de producción maíz y maíz con asocio frijol sobre las propiedades físicas de un Inceptisol. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(2), 205-216.
- Gómez, J. (2006). Bioabono de la cachaza. Proyecto SICA. Banco Mundial, Ministerio de Agricultura del Ecuador.
- González, B. & Yanes, O. (1995). Efecto de la presión de pastoreo y fraccionamiento del nitrógeno sobre el rendimiento y valor de la materia seca del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en la época húmeda. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Luz*, 12, 353-363.
- Hugot, E. (1986). *Handbook of Cane Sugar Engineering*. 3ed. New York: Elsevier.
- Jeavons, J. (2002). Cultivo biointensivo de alimentos. *Ecology actions of the Midpeninsula*. Estados Unidos.
- Johnson, E.C.; K.S. Fischer; G.O. Edmeades & Palmer, A. F. (1986). Recurrent selection. for reduced plant height in lowland tropical maize. *Crop Sci. (EEUU)*, 26, 253-260.
- Julca, O. A., Meneses, F. L., Blas, S. R. & Bello, A. S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24(1), 49-61.
- Lemcoff, J. M. & Loomis, R. S. (1986). Nitrogen influences on leaf determination on maize. *Crop science. USA vol. 26*, 1017-1022.
- López, M. J. D., Díaz, E. A., Martínez, R. E. & Valdés, C. R. D. (2001). Abonos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 293-299.
- Maeschner, H. (2002). *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic press.
- Matheus, J. (2004). Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*, 16(3), 219-224.
- Medrano, H. & Flexas, J. (2000). Fijación del dióxido de carbono y biosíntesis de fotoasimilados. En Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (Ed.) *Fundamentos de fisiología vegetal*. (pp. 173-186). Barcelona: McGraw Hill-Interamericana.
- Meléndez, G. (2003). Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. En Meléndez, G. (Ed.) *Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura*. G. San José, Costa Rica.
- Mohee R., & Panray, R. (1999). Life cycle analysis of compost incorporated sugarcane bioenergy systems in Mauritius *Biomass and Bioenergy*, 17, 73-83.
- Muñoz, V. J. A., Tovar, S. J. L., Ortiz, S. C. A. & Castellanos, R. J. Z. (1990). El uso del estiércol de bovino como mejorador de algunas propiedades de suelos arcillosos de la comarca lagunera. *Agrociencia*, 1(4), 127-143.
- Olsen, F. J. (1975). Effect of large applications of nitrogen fertilizer on the productivity and protein content of four tropical grasses in Uganda. *Tropical Agronomy*. 49, 251-260.
- Paneque, V.M. & Calaña J. M. (2004). *Abonos Orgánicos, conceptos prácticos para su evaluación y aplicación*. Folleto Técnico. Asociación Cubana de técnicos Agrícolas y forestales. La Habana, Cuba, p. 54.
- Peña, C. J. J., Grageda, C. O. A. & Vera, N. J. A. (2002). Manejo de los nitrogenados en México: Uso de técnicas isotópicas. *Terra Latinoamericana*, 20(1), 51-56.
- Pérez, G., Cluzeau, D., Curmi, P. & Hallaire, V. (1998). Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Biology and Fertility Soils*, 27, 417-424
- Quero, C. A. R., Enríquez, Q. J. F. & Miranda, J. L. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia*, 32(8), 566-571.
- Rodríguez, G. & Gottret, M. (2006). Aprendiendo del pasado para proyectarnos hacia el futuro e impacto de la tecnología de la panela en la Hoya del Río Suárez y Cundinamarca (Colombia). CORPOICA. CIAT. Informe técnico, p. 61.
- Sarria, P., Solano, A. & Prest, T. (1990). Utilización del jugo de la caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos. *CIPAV*, 2(2), 12-19.
- Sosa, O. (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Agromensajes*. 16(6), 30-34.
- Soto, M. G. (2003). Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En Meléndez, G. (Ed.) *Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura*. (pp. 20-49). G. San José, Costa Rica.
- Stewart, W. M., Dibb, D. W., Johnston, A. E. & Smyth, T. J. (2005). The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal*. 97(1), 1-6.
- Trejo, L. W. (2005). Strategies to improve the use of limited nutrient resources in pig production in the tropics. *Agriculture and Rural Development in Tropics and Subtropics. Supplement*, 85, 1-77.
- Tudsri, S., Jorgensen, S. T., Riddach, P. & Pookpakdi, A. (2002). Effect of cutting height and dry season closing date on yield and quality of five napier grass cultivars in Thailand. *Tropical Grassland*. 36, 248-252.
- Uhart, S.A. & Andrade, F.H. (1995). Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop. Sci. (USA)* 35, 1376-1383.
- Wanyama, J. M., Muyekho, F. N., Masinde, A. A. O., Cheruiyot, D. T., Odongo, J., Ojowi, M. & Okeyo, R. (2003). Assessing factors influencing adoption of pastures and fodders amongst smallholder subsistence farmers in selection districts of west Kenya. *Tropical Grassland*, 37, 219-226.
- Zérega, L. (1993). Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Rev. Caña de azúcar*, 11(2), 71-92.