

UNIVERSIDAD DE MATANZAS “CAMILO CIENFUEGOS”
Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”

**ALTERNATIVAS DE FERTILIZANTES EN EL KING
GRASS CT-169 (*Pennisetum purpureum*)
EN PERÍODO SECO EN LA UBPC “WALDEMAR DÍAZ”**

Autora: Irene Pérez Ortiz

Tutora: Dra.C. Raquel Ruz Reyes

Tutor: M.Sc. Juan Diez Núñez

Tesis en opción al Título de Master en Pastos y Forrajes

2011

“Año 53 de la Revolución

Pensamiento

“Nosotros tenemos que pensar, meternos la idea en la cabeza, que el pasto de alta calidad debe ser la fuente principal de alimentación de nuestro ganado vacuno.”



Fidel

Agradecimientos

A nuestra Revolución que ha hecho posible la realización de este sueño.

A Pepito el presidente de la UBPC

A mis profesores Anesio y Marta

A mis tutores Raquel y Juan.

A Vladimir y Jorge

A Moraima y Moisés

A todas aquellas personas que de una forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo.

A todos Muchas Gracias.

Dedicatoria

A mis padres, mi familia y mi Esposo

RESUMEN

En el período comprendido de septiembre de 2008 a junio de 2009, se realizó el estudio en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “Waldemar Díaz de la Rosa” perteneciente a la Empresa Pecuaria Majibacoa, sobre un suelo Pardo Mullido sin carbonato, ligeramente ácido y media fertilidad natural, con el objetivo de evaluar los efectos de la fertilización orgánica, mineral y biológica en el king grass en las condiciones edafoclimáticas de esta unidad, se determinó el rendimiento del *Pennisetum purpureum* CT 169 durante cuatro cortes, cada 45 días en época de seca; los tratamientos fueron: testigo, 30,0 t.ha⁻¹ de estiércol vacuno; 4,0 t.ha⁻¹ de humus de lombriz, micorriza 2 kg.ha⁻¹ y 100-45-60 kg.ha⁻¹ de NPK. El diseño experimental utilizado fue el de bloque al azar con cuatro réplicas. Las variables analizadas fueron: plantas por plantón, altura de las plantas; número y longitud de las hojas y el diámetro del tallo a los 15 y 30 días y después de cada corte, materia seca total, porcentaje de materia seca total y porcentaje de la materia seca en hojas. Las aplicaciones de humus de lombriz, de estiércol vacuno o micorriza, produjeron rendimientos similares a los alcanzados con el fertilizante químico y superior al testigo, por lo que se pueden sustituir totalmente las aplicaciones de fertilizantes químicos para la producción de king grass. Los menores costos en la producción de forraje se alcanzaron con el uso de la micorriza.

Palabras clave: *Pennisetum purpureum*, fertilización orgánica, mineral y biológica

ABREVIATURAS

°C	grados Celsius
Ca	Calcio
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
EEPF	Estación Experimental de Pastos y Forrajes
ERA	Estructura Ramificada de Absorción
ha	Hectárea
HMA	Hongos Micorrízicos Arbusculares
HVA	Hongos Vesículo Arbusculares
INCA	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
K	Potasio
P	Fósforo
N	Nitrógeno
ICA	Instituto de Ciencia Animal
MS	Materia seca
MV	Materia verde
MO	Materia orgánica
t	Tonelada

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Principales problemas ambientales que afectan la explotación ganadera	4
2.2 Origen y clasificación taxonómica del king grass (<i>Pennisetum purpureum</i>)	5
2.3 Efecto de la fertilización mineral en las gramíneas	9
2.4 Los abonos orgánicos	15
2.4.1 Contribución de los abonos orgánicos al incremento de la capacidad productiva de los suelos	18
2.4.2 Humus de lombriz. Sus características y composición	22
2.5 Biofertilizantes	24
2.5.1 Ventajas y desventajas del uso de Biofertilizantes (CEGUT, 2001)	25
2.5.2 Micorrizas	27
2.6 Proyecciones de investigaciones en Cuba con micorrizas vesículo arbusculares (MVA)	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 Procedimiento experimental	36
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN	39
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. BIBLIOGRAFIA	54
VIII. ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del suelo del área experimental	35
Tabla 2. Efecto de los tratamientos en plantas por plantón.....	39
Tabla 3. Efecto de los tratamientos en la longitud del tallo (cm).	41
Tabla 4. Efecto de los tratamientos para altura de la planta (cm).	41
Tabla 5. Efecto de los tratamientos para número de hojas.	42
Tabla 6. Efecto de los tratamientos para la longitud de la hoja (cm).....	43
Tabla 7. Efecto de los tratamientos en el grosor del tallo (cm).....	44
Tabla 8. Efecto de los tratamientos para rendimiento materia verde (t.ha ⁻¹).	44
Tabla 9. Efecto de los tratamientos para porciento de materia seca total.	45
Tabla 10. Efecto de los tratamientos para rendimiento de materia seca (t ha ⁻¹).....	46
Tabla 11. Efecto de los tratamientos para porciento de materia seca en hojas.	49
Tabla 12. Gastos y costo por tonelada producida.....	51

I. INTRODUCCIÓN

Los alimentos que consume la extensa mayoría de la humanidad tienen su origen en las gramíneas. Los granos de gramíneas tales como el maíz en América; el arroz en Asia; el centeno, la cebada y la avena en Europa y el sorgo en África y la India suministran la base de la dieta de carbohidratos del hombre, mientras que la carne obtenida de los animales que se alimentan en los pastizales constituyen su fuente principal de proteínas y grasas.

El fomento de gramíneas y pastizales es de suma importancia para el hombre, la búsqueda de éstos ha determinado muchas de sus migraciones e invasiones. La habilidad en el cultivo de cereales y la cría de animales en pastoreo ha constituido la esencia del avance del hombre hacia la civilización. De hecho el futuro de esta, tal vez dependa en gran medida de su capacidad para poner estos recursos básicos en función de su alimentación.

El desarrollo creciente de la producción ganadera en Cuba ha estado estrechamente relacionada con el crecimiento progresivo de los pastos y forrajes mejorados o cultivados, que a finales de la década de 1980 ocupaban cerca del 50%; mientras que en la actualidad no sobrepasan el 20% de la estructura varietal explotada en nuestra ganadería, ello resulta seriamente preocupante cuando se conoce como lo indica Hernández (2000), que no parece ser posible llegar hoy día a la producción sostenible de leche y carne de res en el trópico, sin que los pastos desempeñen el rol protagónico.

El king grass por su alto rendimiento en materia seca, que alcanza hasta 50 t.ha⁻¹ en el primer año de explotación, se ha extendido en todas las áreas forrajeras del país debido a que la temperatura óptima de los pastos tropicales es de 30-35°C con las cuales se logra un crecimiento y desarrollo normal de las plantas, pero temperaturas superiores e inferiores a éstas restringen su comportamiento, aunque cualquier variación que exista en los procesos fisiológicos como consecuencia de las temperaturas, el régimen de precipitación y su distribución influye directamente en la producción de materia seca. (Ramos *et al.*, 1980; Vázquez y Torres, 1982; Mentado, 1988)

Los avances alcanzados en el campo de la nutrición hacen necesario un conocimiento cada vez más preciso de los forrajes, los cuales constituyen la mayor fuente de alimentación de los animales y la más económica; por lo que es sumamente importante conocer el valor

alimenticio de los diferentes forrajes que pueden formar parte de la ración y que permite exteriorizar el potencial máximo de producción de los animales (Cáceres y González, 2000).

Las actividades humanas han transformado, alterado y destruido los ecosistemas naturales, lo que ha provocado la desaparición o fragmentación del hábitat y la proliferación de especies introducidas; además la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación del suelo, el agua y el aire, han puesto en peligro de extinción a numerosas especies en todo el planeta (Cruz, 2001).

Entre las principales limitantes para la obtención de altos rendimientos de king grass se encuentra el déficit nutricional de los suelos en Cuba y en especial en la provincia Las Tunas, para lo cual se emplean diferentes alternativas de fertilización. Los fertilizantes químicos son productos que contienen en forma concentrada y soluble, uno o varios de los nutrientes que las plantas requieren (fundamentalmente, nitrógeno, fósforo y potasio). Su uso en la agricultura tiene como ventaja la alta concentración del o los nutrientes constituyentes del mismo y su solubilidad en agua; mientras que como desventaja, los elevados precios que alcanzan en el mercado internacional actualmente y su potencial agresividad ecológica; constituyen una fuente de contaminación del suelo y las aguas subterráneas, si no se utilizan de forma balanceada; es por ello que desde hace algunas décadas se trabaja con la intención de buscar alternativas más ecológicas de fertilización en las plantas con el objetivo de preservar el medio ambiente.

El uso de fertilizantes orgánicos y biológicos son técnicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos en los cultivos sin causar daños al ambiente; entre ellos, se encuentran el estiércol vacuno, el humus de lombriz y algunos biofertilizantes como las micorrizas, los mismos contribuyen a mejorar el estado hídrico y nutritivo de las plantas al propiciarles a éstas un mayor desarrollo radical, cuando esto se logra las plantas pueden explorar un mayor volumen de suelo y obtener producciones elevadas a partir de una mayor eficiencia en el uso de estos recursos (Barroso, 2004).

En la provincia Las Tunas, no existen suficientes conocimientos del empleo de fertilizantes orgánicos, minerales y biofertilizantes en el cultivo del king grass CT-169 en las condiciones edafoclimáticas del municipio de Majibacoa, lo que limita el desarrollo de este cultivo, por lo

se identifica el siguiente **Problema científico**: Insuficientes alternativas de fertilización en las condiciones de suelos pobres, en la época de seca en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “Waldemar Díaz de la Rosa” de la Empresa Pecuaria Majibacoa, que limita los rendimientos y calidad de la especie de pastos y forrajes king grass CT-169.

El **Objeto de estudio** lo constituye el cultivo de king grass CT-169.

Objetivo general: Evaluar el efecto de la fertilización orgánica, mineral y biológica en el king grass CT-169 en las condiciones edafoclimáticas de la UBPC “Waldemar Díaz de la Rosa” de la Empresa Pecuaria Majibacoa durante la época de seca, para obtener altos rendimientos de pastos y forrajes con las alternativas óptimas.

Campo de acción: Fertilización orgánica, mineral y biológica del king grass CT-169.

Hipótesis: Si el king grass CT-169 responde positivamente a diferentes alternativas de fertilizantes orgánicos, minerales y biológicos en las condiciones de suelos pobres en la época de seca, se podría contribuir al aumento de los rendimientos y la disponibilidad de alimentos con la menor afectación del medioambiente y la consiguiente reducción de los costos.

Objetivos específicos

1. Determinar el comportamiento morfofisiológico del CT-169 ante diferentes alternativas de fertilización.
2. Determinar el comportamiento agroproductivo del CT-169 ante diferentes alternativas de fertilización.
3. Valorar económicamente el costo de aplicación de los distintos tipos de fertilizantes utilizados en la investigación.

Novedad científica

Por primera vez se realiza un estudio sobre la fertilización orgánica, mineral y biológica en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa, con la finalidad de evaluar el comportamiento del king grass CT-169 con diferentes alternativas de fertilización.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Principales problemas ambientales que afectan la explotación ganadera

La exposición frecuente del suelo sin cobertura vegetal durante el ciclo agrícola, o de los campos desnudos entre ciclos de cultivo, origina un “goteo” de nutrientes hacia fuera del sistema debido a la erosión o infiltración al subsuelo por falta de materia orgánica que retiene el agua y/o los nutrientes (Gliesman *et al.*, 2007). Esta situación induce bajos rendimientos y pobre calidad de los pastizales, afectados también por las condiciones climáticas adversas; así como por la escasez de insumos que reducen sus efectos, por lo que produce un comportamiento animal insatisfactorio (Cáceres y González, 2000; Ruiz y Febles, 2004).

El establecimiento de amplias extensiones de monocultivo de gramíneas en las áreas ganaderas ha sido entre otras, la causa fundamental de dicho proceso de deterioro; además, se destacan el sobrepastoreo, la disminución de la fertilidad del suelo, la poca presencia de las leguminosas en los pastizales, la invasión de malezas, la sequía, la erosión y los bajos porcentajes de arborización (Lamela *et al.*, 2002).

Los pastos explotados tradicionalmente en éstas regiones son los naturales, de muy baja productividad y calidad nutricional, representados por la jiribilla, (*Dichanthium caricosum*), la camagüeyana (*Bothriochloa pertusa*) y la tejana o sacasebo (*Paspalum notatum*); así como algunos pastos cultivados, como el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y guinea Likoni y común (*Panicum maximum*). Estos últimos con las características que requieren determinados niveles de fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para su mantenimiento y explotación.

Estos pastos se desarrollan mejor en suelos de mayor fertilidad; sin embargo no son capaces de satisfacer los requerimientos para producir leche y carne (Díez, 2007).

Por otra parte, Voisin (1974) planteó que nuestra civilización no podrá mantenerse ni prosperar; si no sabemos practicar la ecología dinámica constructiva que permita al hombre vivir en simbiosis con el suelo, sin destruir el equilibrio del mismo. Se trata de que el hombre viva, no como un parásito del suelo, sino en asociación con los elementos vivos del mismo.

Según Cruz (2001) varias zonas de la provincia de Las Tunas se encontraron valores subnormales de minerales, principalmente Ca y P, situación que puede conducir a la presentación de enfermedades carenciales y pobre comportamiento animal. Esto es válido, de acuerdo a lo que señaló Wei *et al.* (1997) respecto a las carencias de nutrimentos, que la única solución práctica es sembrar especies que presenten mecanismos adaptativos que permita a la planta tomar cantidades limitantes de éstos nutrientes del suelo. Por lo tanto, si un elemento está en déficit en el suelo, lo estará también en el pasto y por ende en el animal.

Es por eso, que los estudios de regionalización (Paretas y González, 1990) indicaron que dentro de las especies promisorias se encuentran *Leucaena leucocephala*, *Centrosema pubescens*, *Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus* y *Panicum maximum*, las cuales han mostrado buen comportamiento en las diferentes zonas edafoclimáticas de la provincia Las Tunas.

La dificultad para llevar a cabo un uso sostenible de los pastizales aumenta a medida que se explotan pastizales con menor productividad (Behnke Jr. *et al.* 2000) y calidad alimenticia, de ahí la necesidad de introducir pastos mejorados aplicando técnicas sustentables.

Martínez (1998), Planteó que las gramíneas tropicales constituyen el principal alimento para los más de 3 000 millones de bovinos, pequeños rumiantes y herbívoros que son la fuente fundamental de proteína animal, para la población de un gran número de países. En la actualidad existe una especial preocupación por la producción de alimentos para la creciente población mundial. La falta de una fuente alimenticia estable durante todo el año en la zona tropical, ha traído como consecuencia la búsqueda de alimentos baratos que ofrezcan a los animales, los principios necesarios para alcanzar una producción alta y equilibrada.

2.2 Origen y clasificación taxonómica del king grass (*Pennisetum purpureum*)

La especie *P. purpureum* es originaria de África, adaptada a regiones de precipitación superior a 1 000 mm. El king grass (*Pennisetum purpureum*) se introdujo en Cuba procedente de Panamá en la década de 1970 del pasado siglo, en la actualidad es uno de los forrajes más extendidos en el país y se ha introducido progresivamente en otras áreas de Latinoamérica y el Caribe según Herrera y Martínez (citado por Álvarez, 2009). El king grass,

obtenido por cruzamiento de *P. purpureum* en Estados Unidos, desde su introducción en Cuba se propagó rápidamente por su alto rendimiento y alta palatabilidad.

Reino: *Planta*

División: *Espermatophyta*

Sub-División: *Magnoliophytina*

Clase: *Liliatae*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Pennisetum*

Especie: *P. purpureum*

Nombre científico: *Pennisetum purpureum*

Características morfológicas y botánicas

El king grass es una planta perenne y alta que alcanza de 3 a 4,5 m de altura, fuerte, de raíces muy penetrantes y abundantes, que pueden llegar a profundidades de hasta 4,5 m; crece en macollas apretadas parecidas a la caña de azúcar, en lo que se refiere a hábitos y a las necesidades ecológicas. Su tallo es modulado y con rizomas fuertes y gruesos en la base. Los entrenudos son más o menos largos de 9 a 12 cm (Whyte, 1974).

Clavero (1998) plantea que el crecimiento de la raíz del *Pennisetum purpureum* cv. Mott tiene relación con el crecimiento total de la planta, por lo que se acepta la hipótesis de que mantiene un balance funcional de las raíces con las partes aéreas de la planta; éste equilibrio se debe a que las tasas de fotosíntesis y de absorción son controladas por el medio ambiente y dependen de la edad de las raíces y el material aéreo.

Las hojas son grandes con una longitud de 60 a 100 cm y un ancho de 2 a 4 cm, según la variedad y la fase de desarrollo vegetativo, con un ángulo pequeño de implantación en el tallo (20 a 40 y 60 grados); el nervio central más o menos acanalado, así como el color de las hojas verdes más o menos oscuro. Las vainas inferiores son más largas que los entrenudos en las dos, cuatro y seis primeras hojas, con el borde del limbo firmemente aserrado. En el cogollo, desde el último visible, puede haber de tres a cinco hojas. La vaina posee vellos más bien ásperos, de longitud variable y en la hoja éstos pueden estar en la base, o en toda la

lámina en una u otra cara. La inflorescencia es una panoja comprimida, solitaria, terminal y en ocasiones con axilares en las hojas superiores, panojas cilíndricas con espiguillas subsentadas de cerdas con una principal más larga, que es el caquis del grupo de las espiguillas pubescentes (Duthil, 1967).

De acuerdo a lo planteado por Gómez y Carnet (1971) el género *Pennisetum* es uno de los más importantes para el corte en las regiones tropicales y sub-tropicales húmedas del mundo. Se distribuye en todo el trópico adaptado a suelos fértiles y profundos en las zonas de alta pluviosidad; se emplea fundamentalmente como forraje aunque en algunos países lo emplean en pastoreo. En Cuba es utilizado como forraje para suministrar verde o ensilar.

El Cuba CT-169 es uno de los mutantes del king grass obtenido a partir de técnicas biotecnológicas por especialistas del Instituto de Ciencia Animal (ICA) (Martínez 1998). Este pasto posee buenas posibilidades para su utilización como forraje debido a su adecuada altura, hojas anchas y largas, aceptable rendimiento, resistencia a la sequía y adecuada composición química (Ramírez *et al.*, 2008).

Al realizarse evaluaciones por los especialistas de sus parámetros arribaron a la conclusión que ninguno resultó ser inferior al king grass. El mismo se podría utilizar como un king grass genéticamente refrescado (Martínez 1999).

Características Generales del CT-169

- ✚ Prospera bien en suelos ácidos y de baja fertilidad.
- ✚ Posee un vigoroso sistema radical y buena resistencia a la sequía.
- ✚ Tiene una alta producción de materia seca (MS) cuando se explota en corte ($12-20 \text{ t ha}^{-1}$ de materia seca al año)
- ✚ En pastoreo resiste altas cargas (2,5 a 4,0 UA/ha) aún en condiciones de baja fertilización y sin irrigación.

La frecuencia de corte óptima de king grass está alrededor de los 60 días en la época de primavera y los 90 días en la época de seca y a una altura de 15-20 cm. Después de cosechado, puede ofertarse a cualquier categoría y potencial animal, resultando muy

palatable y con un valor nutritivo aceptable. Cuando se dedica a ensilaje no necesita la adición de miel. Se planta por esquejes de 3-5 yemas, con semillas de 3-4 meses de edad, a una distancia entre surcos de 1,20 m y una profundidad de 15-20 cm. La época idónea de plantación es de mayo a julio (Oquendo, 2002).

Ayala *et al.* (1984) y Espinosa *et al.* (2001) Argumentaron que debe sembrarse en surcos de 20 cm de profundidad aproximadamente, y los tallos deben ser cubiertos con 10 cm de suelo, ya que garantiza la germinación de yemas más vigorosas y mejor enraizamiento, lo que propicia mayor persistencia de la planta y, por ende, mayor vida útil del pastizal.

El potencial de rendimiento de esta planta, aunque depende en gran medida de la fertilización, sobre todo nitrogenada, se puede ver modificada por las condiciones ambientales y de suelo, así, se han reportado con la aplicación de 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno, rendimientos de 14 t ha⁻¹ de materia seca, donde la precipitación era de 1 290 mm (González *et al.*, 1977) y con igual cantidad de este elemento, en los trópicos húmedos del Delta del Orinoco, los rendimientos fueron de 21,2 t ha⁻¹ de materia seca al año (Velázquez *et al.*, 1975).

Los rendimientos obtenidos en Cuba oscilan entre 16 y 27 t ha⁻¹ de materia seca al año (Machado *et al.*, 1976) lo cual dependió del manejo de la variedad, aunque se reportan rendimientos de 30 a 35 t ha⁻¹ de materia seca en el primer año (Paretas *et al.*, 1975; Yepes, 1975).

Ramírez *et al.* (2008) afirmaron que el rendimiento aumenta al envejecer la planta, con los mejores valores a los 105 días (16,52 t ha⁻¹ de materia seca por corte en el período lluvioso y 4,96 en el poco lluvioso). La proteína disminuye al incrementarse la edad y los mejores tenores se obtienen a los 30 días; la fibra aumenta y muestra valores admisibles para este género. Los minerales fósforo, potasio y magnesio disminuyen en los dos períodos en más de un 30%, el calcio aumenta por encima del 4%.

Según Ayala (1990) para determinar la necesidad de fertilizantes para el establecimiento del king grass se debe conocer el efecto de la aplicación de nitrógeno con un fondo de fósforo y

potasio en el momento de la plantación y observar la germinación y el número de hijos por planta. La aplicación de excreta y la subsolación cada dos años, son prácticas comunes para rejuvenecer las plantas y aumentar los rendimientos.

2.3 Efecto de la fertilización mineral en las gramíneas

Es importante tener en cuenta el estado de la fertilidad del suelo; para mejorarla existen alternativas favorables a través de las prácticas orgánicas y el manejo agroecológico del suelo. Este tipo de manejo no implica eliminar totalmente el uso de fertilizantes químicos, pues se acepta que los menos solubles como el fósforo y en cierto grado el potasio no agreden al medio, como lo hace en mucho mayor grado el nitrógeno que es contaminante de los suelos y el agua (Funes *et al.*, 1998)

La fertilización en las gramíneas se hará en dependencia del cultivo que se trate, así como el estado físico y químico del suelo; si es necesario se puede aplicar como dosis media 40-50 kg de P_2O_5 y 50-60 kg ha^{-1} de K_2O al año en el momento de la siembra. La nutrición nitrogenada debe basarse en mayor medida en la rotación de cultivos mejoradores de suelos, abonos verdes, arroke o mulch, así como la aplicación de abonos orgánicos como estiércol (20-30 t ha^{-1} cada tres años) y humus de lombriz a razón de 3-7 t ha^{-1} al año (Funes *et al.*, 1998).

Después del carbono, hidrogeno, y oxígeno, el nitrógeno es el elemento más abundante en las plantas y forma parte de la estructura de compuestos biológicamente importante. Se encuentra en metabolismos esenciales, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, reguladores de crecimiento, fosfolípidos y clorofila, además de ser el elemento nutritivo que más frecuentemente limita los rendimientos de los cultivos en los trópicos así como en las zonas templadas; este elemento es indispensable para el crecimiento y la multiplicación celular y una carencia se traduce en un débil desarrollo de la planta (Balbín y Valdés, 2003)

Según Pérez (1990) el nitrógeno del suelo y del fertilizante es utilizado desigualmente por la planta con diferente humedecimiento del suelo. En la medida en que disminuye el contenido de nitrógeno accesible en el suelo y aumentan las precipitaciones disminuye la necesidad de

nitrógeno de la planta para formar una unidad de materia seca. Al mejorar el régimen hídrico se equilibra el consumo de nitrógeno por las plantas en todos los suelos. Por eso, los que contienen más forma accesible de nitrógeno con cualquier grado de humedecimiento, forman una cosecha relativamente alta.

(Arzola *et al.* 1981) Señalaron que los síntomas más característicos de la insuficiencia de nitrógeno en la planta en crecimiento, es la sustitución del verde brillante de gran intensidad, por un verde amarillo pálido, que se hace pronunciado especialmente en las hojas más viejas. Estas últimas hojas al final se vuelven amarillas y tienden a “quemarse” o secarse. El amarillo de la hoja en crecimiento, al igual que el verde, es de un matiz más pálido y claro que lo normal. El desarrollo de la planta se retarda, se produce un tallo pequeño, las hojas son de tamaño reducido y la floración se demora. Las hojas superiores de la planta adoptan una posición erecta formando ángulo agudo con el tallo, y cuando la escasez de nitrógeno se hace extrema en la etapa de floración, la cantidad de semilla se reduce.

El efecto de la fertilización con nitrógeno sobre el contenido de otros elementos en los pastos es muy variable y depende del nivel de fertilidad del suelo y de la aplicación de otros fertilizantes; se señaló que el contenido de fósforo disminuye a medida que aumenta la dosis de nitrógeno; así mismo se ha encontrado una disminución del porcentaje de potasio en las gramíneas al elevar la dosis de fertilización nitrogenada (Paretas *et al.*, 1983), y se plantea además que el Mg se incrementa al aumentar la fertilización nitrogenada, aunque se ha indicado casos de tetania (hipomagnesenia) cuando se aplica con potasio.

La absorción de los microelementos Cu, Zn, Fe, Mn, Co y Mo está asociada al grado de acidez del suelo. Así los fertilizantes nitrogenados de efecto residual ácido favorecen la absorción de los cinco primeros, no así el Mo. En la primera etapa el sistema radical explora el perfil del suelo y hace un mejor aprovechamiento del nitrógeno nativo; la mayoría de los pastos extraen de 70-80 kg ha⁻¹ al año de nitrógeno como promedio; sin aplicar fertilizantes, el king grass y la guinea llegan a extraer hasta 200 kg ha⁻¹ durante el primer año y menos en el segundo (Paretas *et al.*, 1983).

Una deficiencia de nitrógeno y fósforo en el suelo, trae consigo, que las plantas se presenten con los tallos finos, las hojas pequeñas y el crecimiento lateral limitado y la caída de las hojas de forma prematura. El contenido de fósforo en la materia seca de los pastos está comprendido en el rango de 0,10 a 0,55% en dependencia del fósforo asimilable en el suelo, entre otros factores; cuando es favorable el contenido de este, está entre el 20-30% (Paretas *et al.*, 1983).

El fósforo es vital para el metabolismo de las plantas. En las hojas tiernas alrededor de un 30% de fósforo está presente en forma de ácido ribonucleico y un 7% como ácido desoxirribonucleico. La fotosíntesis, la fosforilación y los procesos vitales subsecuentes vinculados al ciclo de Krebs, como el metabolismo del nitrógeno, hacen del fósforo uno de los elementos más importante en el crecimiento de la planta (Arzola *et al.*, 1981).

Según Díaz (1999) la absorción de fósforo es relativamente constante a través del ciclo del crecimiento, no obstante por su poca movilidad en el suelo y por su gran efecto en promover el desarrollo del sistema radical, este elemento debería aplicarse localizado y todo en una sola aplicación, al momento del transplante y establecimiento de la planta.

En estudios realizados en nuestro país, la aplicación de fósforo más de dos veces al año no ha tenido beneficios en la producción de pastos y hay evidencias de que las mayores respuestas se obtienen cuando se aplica durante la siembra y localizado, ya que posteriormente no es necesario en un período largo de tiempo, sobre todo en los suelos que tienen un poder alto de fijación de este elemento (Hernández y Clavel, 1983).

Se ha encontrado (Younge y Plucknett, 1965) que a pesar de la sorción y fijación de los fosfatos en el suelo, se puede lograr un sustancial efecto residual durante algunos años con aplicaciones masivas de fertilizantes fosfóricos. En este sentido, se encontró que el fertilizante aplicado en años anteriores mantuvo en el suelo suficiente reserva de fósforo para sostener la producción de los pastos durante 3-4 años, sin necesidad de aplicaciones adicionales. En los estudios realizados por Mesa (1983) sobre los niveles críticos del fósforo en la guinea Likoni se encontró que estaba en el orden del 0,19%.

El fósforo se considera el elemento más limitante en los suelos ácidos infértiles de América Latina tropical; su contenido total oscila entre 200 y 600 ppm y el fósforo disponible, determinado por el método de Bray II, entre 1 y 5 ppm; estos suelos ácidos (pH 4,0 - 5,5) según Fenter y León (1978) presentan a menudo contenido altos de óxidos e hidróxidos libres de Fe y Al, los cuales tienden a fijar con rapidez cantidades apreciables de fósforo.

Sobre la fertilización fosfórica en diferentes especies de pastos en un suelo Fersialítico de Camagüey Pacheco *et al.* (1985) obtuvieron que la guinea Likoni resultó la especie que mayor exportación de P_2O_5 realizó debido a sus mayores rendimientos de materia seca y porcentaje de fósforo en la planta; 300 kg.ha⁻¹ de P_2O_5 fue la mejor dosis de las estudiadas en este suelo con bajos contenidos del fósforo (0,88 mg/100 g).

Dentro de las funciones más importantes del potasio en los pastos, están las de intensificar el metabolismo del nitrógeno y la consiguiente síntesis de proteínas, influir en el intercambio de carbohidratos y regular el sistema hídrico. Las deficiencias de éste elemento afectan la respiración, la fotosíntesis, la producción de clorofila y produce acumulación de azúcares, por lo que el bajo contenido de éste elemento en el suelo limita el crecimiento vegetal (Paretas *et al.*, 1983).

Paretas *et al.* (1983) han encontrado que cuando los suelos contienen más de 12 mg/100 g de suelo no hay respuesta a las aplicaciones de potasio y sólo se recomienda hacer aplicaciones con dosis para el mantenimiento. Además éstos por sí solos no incrementan los rendimientos, su efecto es notable cuando se aplican elevadas y frecuentes cantidades de nitrógeno.

Según Díaz (1999) la absorción del potasio se concentra principalmente en la tercera y sexta semana. Siendo el potasio menos móvil que el nitrógeno, lo óptimo es parcializarlo en proporciones de 50, 25 y 25% usando fuentes de potasio solubles en las dos últimas fertilizaciones.

Menguel (1981) señaló que la disponibilidad del potasio está controlada por las condiciones de difusión en el suelo, principalmente, en los suelos saturados por agua y que la tasa de difusión depende del gradiente de concentración entre las respectivas concentraciones de

elementos nutritivos en la solución global del suelo y en la solución próxima a la raíz, donde se crea una zona de agotamiento debido a la absorción de elementos nutritivos por el sistema radical.

Menguel (1981) demostró que la presión osmótica está relacionada con el contenido de potasio y humedad en el cultivo. Díaz y González (1980) también encontraron aumento en la humedad de las hojas con los incrementos en la fertilización potásica.

El potasio es el principal elemento beneficioso en la combustión y debe de estar presente en gran proporción en forma de sales de ácidos orgánico. Lin y Lerrit (1982), citado por Medina y Cordero (1991), plantearon que las hojas una vez llegada la madurez técnica, alcanzan valores altos de potasio, asociado a la permeabilidad celular.

Magnesio

El magnesio es un elemento muy móvil en la planta, cuando está en déficit se transfiere desde las hojas más adultas hasta los puntos de nuevos crecimientos, su deficiencia es llamada comúnmente sand-drown. La deficiencia aparece primero como clorosis en la punta y a lo largo de los bordes de las hojas inferiores y en las etapas avanzadas la planta se vuelve casi blanca, excepto en las hojas y nervaduras centrales. El tejido permanece vivo excepto en casos extremos cuando las hojas se voltean en los bordes y cuelgan hacia abajo. En el campo las plantas usualmente alcanzan el tamaño normal antes de que los síntomas visuales del magnesio sean evidentes. Una aplicación excesiva de magnesio en el suelo puede reducir la absorción del potasio y causar su deficiencia (Elliot, 1981).

Azufre

El azufre, como el nitrógeno, es un constituyente de ciertas proteínas, pero en proporciones mucho menos importantes. El contenido de azufre en el cultivo depende de la variedad y de las prácticas culturales, y oscila entre 0,2 y 0,7% (Katial, 1984).

Calcio

La insuficiencia de este elemento es un pobre crecimiento de las raíces. Las raíces se tornan negras y se pudren. Las hojas jóvenes y otros tejidos nuevos desarrollan síntomas debido a que el Ca no se trastoca dentro de la planta. Los tejidos nuevos necesitan Ca para la

formación de sus paredes celulares, por lo tanto la deficiencia de Ca causa que los filos de las hojas y que los puntos de crecimiento sean gelatinosos. En casos severos, los puntos de crecimiento mueren (Calcio, 2009).

Microelementos

Es sabido que no pocos de los desórdenes nutrimentales asociados a los microelementos tienen su origen en el empleo de elevadas cantidades de macro fertilizantes durante la explotación agrícola de los suelos; esto se debe a que la macro fertilización como práctica cultural influye en la disponibilidad de los microelementos en el suelo debido al cambio de reacciones que puede inducir la acidez fisiológica o la alcalinidad de los fertilizantes minerales.

El estudio de los microelementos es importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que aunque no participan como unidades constructivas, lo hacen en los procesos enzimáticos como componente o parte activa de los catalizadores biológicos, mediante los cuales transcurren procesos vitales como son la fotosíntesis, la síntesis y degradación de las proteínas y de los carbohidratos; estos procesos están íntimamente relacionados por lo que una deficiencia o exceso de cualquier microelemento provoca enfermedades o incluso la muerte del vegetal (Barroso *et al.*, 2004).

Sánchez y Salinas (1983), plantean que las cantidades de microelementos asimilables generalmente, se incrementan con el contenido de arcilla de los suelos, por lo que es frecuente encontrar suelos arenosos deficitarios en estos nutrimentos.

Robinsón (1967) comprobó que los ácidos orgánicos pueden ayudar a solubilizar los microelementos por efecto del pH. En los suelos débilmente ácidos, neutros o alcalinos, parte del suministro del hierro proviene de la solubilización originada en las numerosas zonas de contacto entre las partículas del suelo y la raíz.

Las cantidades de microelementos extraídos anualmente por los cultivos representan alrededor del 1%, proporción muy pequeña en relación con las cantidades totales de los diferentes microelementos existentes en el suelo; es evidente que las cantidades totales

inciden en los casos de graves deficiencias, y exceden en mucho las necesidades de los cultivos, ya que la disponibilidad de estos elementos depende de su solubilidad, la cual viene determinada por algunos de los factores del suelo (Castellanos y Muñiz, 1984).

Los suelos orgánicos, caracterizados por su alta capacidad de fijar microelementos, se encuentran entre los más deficitarios, mientras que las aplicaciones de abonos orgánicos generalmente aumentan la asimilación de estos elementos (Arias *et al.*, 2008).

Según Sánchez y Uehara (1980), una fertilización excesiva de fósforo reduce la disponibilidad de cobre y zinc, aumenta el manganeso, tiene efectos variables sobre el boro y el molibdeno y disminuye la absorción de hierro.

En trabajos realizados por Chouteau (1971) se comprobó que las hojas contienen de 10 a 40 ppm de boro. Cuando el contenido de este en las hojas de la yema terminal es inferior a 15 ppm, aparecen los síntomas de deficiencia. Las hojas jóvenes se decoloran, sobre todo en su base, se pliegan y se encogen; esto ocurre como consecuencia de la muerte de los tejidos vasculares. La yema terminal puede desaparecer por motivo de este deshije natural, las yemas axilares se desarrollan y después mueren. La planta toma un aspecto arbustivo. Las hojas que han alcanzado cierto desarrollo son brillantes y plegadas, posteriormente se desprenden del tallo por la necrosis de la base del nervio central.

2.4 Los abonos orgánicos

La fertilización orgánica puede ser una vía económica y ecológica efectiva para reducir la dependencia de los fertilizantes químicos. Se ha demostrado que el uso de los abonos orgánicos obtenidos de los desechos de las propias fincas o de su entorno contribuye a eliminar la contaminación ambiental que se produce cuando son vertidos al medio e incrementa los rendimientos de varias especies de pastos al sustituir total o parcialmente los fertilizantes minerales (Ramírez y Cruz, 2000)

Los abonos orgánicos ejercen un efecto multilateral en las propiedades agronómicas de los suelos y en el caso de su utilización correcta elevan de forma significativa la cosecha de los cultivos agrícolas. Los estiércoles, la turba, los desechos urbanos y los residuos orgánicos

agrícolas e industriales constituyen fuentes de abono orgánico de inestimable valor para la agricultura. La mayor parte de estos fertilizantes son recursos locales ya que, por regla general, los productores no lo introducen de afuera (a excepción de los desechos urbanos e industriales), sino que lo acumula en el mismo lugar (excretas y residuos de cosechas), los extrae (la turba), los prepara (compost y humus de lombriz) o los cultiva, como ocurre en el caso de los abonos verdes (Yagodin, 1986; Sánchez y Salinas, 1991).

Las tendencias actuales en el uso de los abonos orgánicos se basan en el criterio de lograr con cantidades limitadas de dichos materiales, una transformación de las propiedades físicas, químicas y biológicas que garanticen un arreglo estructural favorable en el suelo. En este caso no se tienen tanto en cuenta las riquezas de los residuos, sino su capacidad para contribuir a la formación de grumos, la regulación del pH, la solubilidad de los nutrimentos poco asimilables y la regulación de los procesos de descomposición, mineralización y humificación de la materia orgánica. Este enfoque Integral del papel de los abonos orgánicos en el manejo de la fertilidad del suelo, contribuye a su empleo racional y económico en los sistemas agrícolas (Cairo, 1997).

Gran parte de las sustancias nutritivas de los fertilizantes orgánicos se hace accesible para las plantas a medida que ocurre su mineralización, pero el balance entre lo que se hace disponible para los cultivos y lo que se incorpora a la materia orgánica del suelo depende de una serie de factores que van desde aquéllos inherentes al material orgánico hasta los dependientes de la intervención antrópica (Rivero, 1999).

Se asegura que la calidad del abono orgánico afecta la eficiencia metabólica de los descompositores microbianos. De acuerdo con lo planteado por Ajwa y Tabatabai (1994), los indicadores de calidad varían entre los diferentes tipos de materiales orgánicos y están dados por su contenido de N, S, C, lignina y carbohidratos.

La relación carbono-nitrógeno (C:N) y la cantidad de lignina y celulosa presentes en los residuos orgánicos ejercen una marcada influencia en su velocidad de descomposición, existiendo entre ambos una relación inversa. Cuanto mayor es la relación C:N y la cantidad

de lignina y celulosa, más lenta es la descomposición de los residuos, los cuales tienden a acumularse en el suelo de forma parcialmente descompuesta (Broersma *et al.*, 2000).

Los residuos con una relación (C:N) alta (mayor de 25) contribuyen a mejorar la estructura del suelo y aunque no son una fuente inmediata de nutrimentos para las plantas, pueden contribuir a un suministro continuo de éstos a largo plazo. En los residuos con una relación C:N baja (menor de 25) la mineralización es más rápida, pudiendo llegar a ocurrir pérdidas, fundamentalmente de nitrógeno a medida que la relación se hace más estrecha y sobre todo, si no se sincroniza el suministro de nutrientes del abono con la demanda del cultivo abonado. (Angers, 1998).

Por otra parte, Palm y Sánchez (1991) y Ajwa y Tabatabai (1994) encontraron que la concentración de lignina en el material orgánico fue mejor predictor de la velocidad de descomposición de los residuos, que las concentraciones de nitrógeno. De igual modo, las sustancias con altos contenidos de polifenoles solubles sufrieron un retardo en la velocidad de descomposición, debido a la formación de polímeros húmicos que resisten la mineralización. Además de la calidad del material orgánico, otros factores como la temperatura, la humedad y las características del suelo influyen directamente en el proceso de mineralización de los abonos.

Se ha observado que la composición del residuo disminuye linealmente con la disminución del contenido del agua del suelo, a causa de la reducción de la actividad microbiana (Hagedorn *et al.*, 1997).

De forma general, la mineralización se incrementa con el aumento de la temperatura, a tal punto de comprometer las posibilidades de mantener niveles adecuados de la fracción orgánica del suelo, como generalmente ocurre en las regiones tropicales. Algunos autores han señalado un rango de temperatura óptima que oscila entre 25 y 40°C (Trettin *et al.*, 1996).

Estudios realizados por Rodríguez *et al.* (1997) sobre la velocidad de desaparición de las bostas de ganado vacuno en el pastizal, arrojaron que en los primeros 60 días éstas

perdieron entre el 40 y el 60% de su peso inicial y desaparecieron totalmente en un término de 90 a 210 días. Se obtuvieron elevados coeficientes de correlación ($> 0,98$) entre la velocidad de desaparición de las bostas y los factores climáticos lluvia y temperatura.

Para que el contenido de materia orgánica en el suelo se mantenga en un nivel constante, la producción primaria deberá ser de tal magnitud que permita que una parte satisfaga la alimentación humana, mientras que la otra garantice la cantidad de materias orgánicas y nutrientes que han sido extraídos del suelo. Esto resulta difícil, debido al hecho de que las fuentes que componen los abonos orgánicos difieren en su composición de nutrientes y en las formas de su liberación (Crespo y Rodríguez, 2000).

Cuando el interés principal es el suministro de nutrientes a los cultivos, los abonos orgánicos deben ser aplicados de forma tal que se descompongan y liberen los nutrientes de forma sincronizada con el crecimiento vegetal, Pero si el interés es mantener o aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos pobres, puede requerirse una combinación de materiales orgánicos de difícil y fácil descomposición, con el fin de proteger, estabilizar y reanimar su actividad química, física y biológica (Rosiah y Kay, 1994; Crespo y Rodríguez, 2000).

2.4.1 Contribución de los abonos orgánicos al incremento de la capacidad productiva de los suelos

La productividad de un agroecosistema está directamente relacionada con la magnitud del flujo, movilización y conservación de los nutrientes, lo que a su vez depende del suministro continuo de materia orgánica y la promoción de la actividad biológica del suelo (Altieri, 1996).

Las actuales tendencias de la agricultura consideran entre sus tecnologías más avanzadas, a aquellas que garantizan una máxima explotación del suelo sin afectar su equilibrio biológico; por eso, los sistemas de manejo integrado de la fertilidad del suelo le confieren a la fertilización orgánica una importancia primordial (Benzing, 1998).

Ello resulta comprensible, si se tiene en cuenta que gran parte de los desechos que se generan en los propios sistemas agrícolas y su entorno, constituyen fuentes de abono

orgánico de inestimable valor. Tales desechos se convierten en valiosos recursos cuya utilización promueve el reciclaje de los nutrientes, reduce la dependencia de insumos externos, mejora las propiedades del suelo y contribuye a disminuir la contaminación ambiental que provocan cuando son vertidos al medio (Roy, 1991; Steiner, 1996).

Según Primavesi (1990), el efecto de los abonos orgánicos en el suelo está asociado a los aspectos fundamentales siguientes:

- ✚ Incremento de su contenido de materia orgánica y del aporte, reciclaje y movilización de nutrientes.

- ✚ Mejora de sus condiciones físicas, químicas y biológicas.

Ambos resultan de vital importancia para los suelos tropicales, donde las abundantes precipitaciones y elevadas temperaturas unido a prácticas inadecuadas de manejo, han conducido a una disminución acelerada de sus contenidos de materia orgánica y a una drástica reducción de su capacidad productiva (Durán, 1996).

En Cuba, el 69,6% de sus suelos agrícolas poseen muy bajos contenidos de materia orgánica, debido a dos causas fundamentales: una de ellas, de origen natural, provocada por el proceso de oxidación de la materia orgánica por efecto de las altas temperaturas, pluviometría alternante y condiciones físicas de los suelos; la otra, debido a los procesos erosivos inducidos por el hombre. A ello se suma la deficiente aplicación de medidas de mejoramiento orgánico y de otras prácticas como el reciclaje de los residuos de cosechas, el uso de abonos verdes, la rotación de cultivos. (Instituto de Suelos, 2001).

El estiércol vacuno ha sido una de las fuentes de abono orgánico ampliamente utilizado para el mejoramiento de los suelos. Los resultados obtenidos han sido de vital importancia para la ganadería cubana, donde los suelos generalmente son pobres en nutrientes y bajos en materia orgánica y además, han sido sometidos a una explotación intensiva durante muchos años (Porfíeles *et al.*, 1985).

En estudios realizados por Crespo y Arteaga (1984) donde se evaluaron los efectos del estiércol vacuno en las propiedades químicas de un suelo Pardo Grisáceo, se encontró que su aplicación a razón de 21 t ha^{-1} , incrementó los contenidos de materia orgánica, P_2O_5 y

K₂O asimilables y Ca cambiable. Estos autores plantearon que la incorporación del estiércol a los suelos desempeña un papel decisivo desde el punto de vista económico, puesto que el incremento de la actividad microbiana permite la liberación de ciertos elementos que pueden quedar disponibles para las plantas y mejorar la productividad potencial de los suelos. La materia orgánica que aporta el estiércol contiene apreciable cantidad de nitrógeno utilizable por mucho tiempo para las plantas.

Portieles *et al.* (1985) observaron efectos similares al utilizar el estiércol vacuno como fuente de abono orgánico para el cultivo de la pangola. Según estos autores, la respuesta del estiércol se debió no sólo al aporte de nutrientes asimilables, sino a la influencia en la solubilidad de los nutrientes del suelo.

Hernández *et al.* (1989) estudiaron durante tres años la influencia de diferentes dosis de estiércol vacuno en un suelo pardo grisáceo de la región central de Cuba. Encontraron que la materia orgánica del suelo se incrementó hasta cerca de dos unidades porcentuales y aunque los mayores efectos se observaron en los primeros seis meses, el efecto residual perduró por un período de dos años.

En cuanto al fósforo asimilable, los autores señalaron que las aplicaciones de estiércol incrementaron los tenores de este elemento en el suelo y tal efecto se mantuvo durante tres años; sin embargo, el potasio sufrió una drástica reducción a partir de los seis meses.

En este sentido, Lalande *et al.* (1998) observaron que la materia orgánica influyó en la magnitud y velocidad de intercambio del fósforo en el suelo y mejoró su capacidad para acumular formas asimilables para las plantas. Por otra parte, la actividad de los microorganismos propicia la transformación del fósforo orgánico contenido en el suelo y en el abono hacia formas más asimilables para los cultivos (Wen *et al.*, 1997).

La mayor parte del potasio contenido en el estiércol bovino se encuentra en forma asimilable (Crespo y Arteaga, 1984). Ello parece explicar el corto efecto residual de este elemento, principalmente en suelos con muy baja capacidad de intercambio de bases, según lo planteado por Wen *et al.* (1997).

González *et al.* (1996) y Cruz *et al.* (2000), al aplicar estiércol como fuente de abono orgánico, encontraron aumentos en los contenidos de materia orgánica e incrementos en el nitrógeno, fósforo y potasio asimilables del suelo.

El estiércol aporta cantidades importantes de Ca, que incrementan la capacidad de intercambio de bases del suelo y contribuyen a disminuir su acidez (Crespo y Arteaga, 1984; Curbelo *et al.*, 1989). Al corregir la acidez del suelo se incrementa la actividad de la biota edáfica y, en consecuencia, muchos elementos quedan adsorbidos en la superficie de las arcillas y otros pasan a formas asimilables para las plantas. Ello prolonga el efecto residual de los abonos orgánicos (Warman y Cooper, 2000).

En general, los estiércoles no poseen una relación C:N elevada y por eso resulta difícil acumular fracciones orgánicas estables en el suelo cuando se emplean como abonos. Sin embargo, su aplicación sistemática tiende a mantener niveles adecuados de materia orgánica en el suelo, mejora el estado físico y asegura un suministro constante de nutrientes para las plantas (Primavesi, 1990; Fauci y Dick, 1994).

El proceso asociado a la descomposición del estiércol desempeña un papel importante en la mejora de la estabilidad estructural, en la reducción de la compactación superficial y en el incremento de los macroporos del suelo.

En este sentido, Herrick y Lal (1995) observaron que el estiércol incrementó la porosidad total en un 67% y redujo en un 10% la densidad aparente, y obtuvieron los mayores efectos en los primeros 7 cm del perfil del suelo. En la época lluviosa, la capacidad de infiltración del agua aumentó hasta un 240%.

Angers (1998) observó mejoras en la formación y dinámica de los agregados estables al agua en suelos de estructura pesada, con la aplicación de estiércol y otros materiales orgánicos. El tradicional empleo de estiércol vacuno como fertilizante está siendo orientado hacia el campo de la alimentación del propio ganado vacuno convirtiéndose en un perfecto reciclaje, neologismo no deseado, pero de momento insustituible.

El ganado vacuno adulto excreta entre un tercio y una mitad de las sustancias secas ingeridas diariamente; esta cantidad es equivalente al 1% de su peso corporal; cuando se trata de vacunos lecheros la cantidad excretada es de 1 kg de sustancias secas fecal por cada 3 kg de leche producida, más o menos 1-125 t m de estiércol por cada 100 vacas al año (Turruella *et al.*, 2002).

El estiércol está constituido en su mayor parte por materia orgánica, cantidades importantes de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y microelementos que le confieren buenas cualidades como mejorador de las propiedades químicas y físicas de los suelos y como portador de cantidades importantes de nutrimento para las plantas. Este fue caracterizado por Crespo y Arteaga (1982).

2.4.2 Humus de lombriz. Sus características y composición

El término humus designa las sustancias orgánicas variadas de color pardo negruzco, que resulta de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal (estiércoles, pajas, abonos verdes, restos de cosechas, etc.), bajo la acción de microorganismos del suelo. Se caracteriza por la presencia de sustancias coloreadas llamadas ácidos húmicos que no existen en los vegetales en verde: constituidos por un complejo ligno-proteico coloidal que posee fuertes capacidades de cambio de iones y de absorción (Bernaza y Páez, 2005)

El humus mejora las propiedades físicas del suelo, ejerce una acción muy favorable sobre la estructura, lo cual permite una buena circulación de agua, del aire y de las raíces en el suelo. Da cuerpo a las tierras ligeras y muelle las tierras fuertes o pesadas, mantiene el suelo en buen estado de esponjamiento; la materia húmica y los coloides húmicos aumentan la capacidad de retención del agua en el suelo y facilitan la respiración de las raíces, por la presencia de oxiquinonas. El humus es además el conjunto de los productos orgánicos estables y finales del proceso de transformación de los compuestos vegetales y animales que llegan al suelo (proceso de humificación); su existencia es inherente a todos los suelos, su calidad y cantidad depende de los factores edafogénicos; su existencia influye fuertemente en la fertilidad y en los procesos edafogénicos de los suelos (Narváez, 2007).

Existe una relación directa entre el contenido de humus y la fertilidad del suelo, esta se debe a diversas causas: por ser el humus fuente de elementos minerales necesarios para las plantas, aquí el humus actúa como un "almacén" que fija los elementos minerales cuando éstos abundan y evita o dificulta su lixiviación para luego cederlos paulatinamente a las plantas. El humus puede influir en el crecimiento de las plantas en forma indirecta, mejora la estructura del suelo y por ende, las condiciones de vida y desarrollo del sistema radical. Aumenta la concentración de CO₂ (al ser descompuesto) en el aire próximo al suelo y favorece la fotosíntesis; casi todo el nitrógeno de los suelos se encuentra formando parte del humus, éste nitrógeno del humus no es utilizable directamente por las plantas o, si acaso, lo es en cantidades insignificantes; para que sea utilizable es necesario que el humus se descomponga y libere en primer lugar amonio (Piñuela, 2004).

El humus aumenta la capacidad de cambio de iones del suelo. Con la arcilla constituye la parte fundamental del complejo absorbente, regulador de la nutrición de la planta; es fuente y reserva de alimentos para las plantas; bajo la acción de los microorganismos del suelo, el humus se mineraliza poco a poco liberando no solamente el nitrógeno nítrico, sino también el conjunto de elementos fertilizantes o de los oligoelementos que se encontraban integrados en la materia orgánica, mantiene el fósforo en estado asimilable por las plantas y atenúa la retrogradación del potasio. El humus además es una fuente de gas carbónico que contribuye a solubilizar ciertos elementos minerales del suelo, facilitando así su absorción por la planta (Turruella *et al.*, 2002).

El humus de lombriz o vermicompost se obtiene a partir de la transformación de los residuos orgánicos biodegradables por medio de la lombriz de tierra. Este producto es el resultado final de una intensa revolución microbiológica que se produce en el intestino de la lombriz, donde los fragmentos orgánicos, minerales y los propios microorganismos quedan estrechamente mezclados para formar una sustancia inodora y desmenuzable de muy alto valor como fertilizante (Lombriastur, 2008).

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción. Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana,

proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el transplante de los mismos. Contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino (Lombricompuesto, 2009).

2.5 Biofertilizantes

La sustentabilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. En este sentido, los biofertilizantes son un componente vital de los sistemas sustentables, ya que constituyen un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable para reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos (Martínez *et al.*, 2004).

Estos mismos autores definen a los biofertilizantes como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que, al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo, así como suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento. La importancia de estos bioproductos radica en su capacidad para suplementar o movilizar nutrientes con un mínimo uso de recursos no renovables; además, tienen las ventajas de que los procesos microbianos son rápidos y los biopreparados pueden aplicarse en pequeñas unidades para solucionar problemas locales específicos concepto que coincide plenamente por lo expresado por CEGUT (2001).

La experiencia cubana ha permitido comprobar que los biofertilizantes, al igual que las alternativas orgánicas y sus combinaciones funcionan para sustituir los fertilizantes químicos, pero también ha permitido conocer, lo complejo que resulta su empleo en las condiciones de la producción, dado lo imprescindible de la disciplina tecnológica para su empleo y las complejas interacciones que tienen lugar (Socorro *et al.* 2004). Son una alternativa para los productores de bajos ingresos, al ser microorganismos que viven en el suelo y son capaces de incrementar la producción agrícola (Gutiérrez-Baeza, 2002).

Según Izquierdo *et al.* (citados por Novo, 2002) los biofertilizantes pueden considerarse como tecnologías “apropiables”, término creado por la FAO para las herramientas biotecnológicas que contribuyen al desarrollo sostenible y que proveen beneficios tangibles a los destinatarios; son ambientalmente seguras y socioeconómicas y culturalmente aceptables.

2.5.1 Ventajas y desventajas del uso de biofertilizantes (CEGUT, 2001)

- ✚ Metabolizan la materia orgánica muerta ya existente en la tierra convirtiéndola en humus. Este proceso mantiene a largo plazo la fertilidad de la tierra al proporcionar condiciones óptimas para la actividad biológica del suelo.
- ✚ Eliminan los organismos patógenos de la tierra.
- ✚ Degradan los químicos orgánicos tóxicos.
- ✚ Estimulan la actividad microbiana alrededor del sistema de raíces aumentando significativamente la masa de raíces y mejorando la salud de la planta.
- ✚ Aumentan el nitrógeno disponible para las plantas en mucho más que su propio contenido al estimular el crecimiento de microorganismos naturales de la tierra. Estos microorganismos de la tierra metabolizan el nitrógeno del aire y lo multiplican. Cuando éstos mueren (algunos microorganismos tienen un lapso de vida de menos de una hora) el nitrógeno se libera entonces en la tierra en una forma en que es rápidamente disponible para las plantas.
- ✚ Estos actúan recíprocamente con otros organismos de la tierra y con componentes biodegradables de la misma para suministrar nutrientes esenciales tales como nitrógeno, fósforo, calcio, cobre, molibdeno, hierro, zinc, magnesio y humedad a las plantas.
- ✚ Ayudan a disolver el manganeso. Se cree que el manganeso juega un papel importante tanto en la resistencia a la enfermedad como en el crecimiento de la planta.
- ✚ Aumentan el rendimiento del cultivo al mejorar el crecimiento y al proporcionar protección porque el mejoramiento del crecimiento de la planta viene acompañado por una reducción del estrés y mejor resistencia a la enfermedad.
- ✚ Inician y aceleran la descomposición natural de los residuos del cultivo.
- ✚ Controlan efectivamente los incidentes de enfermedad por hongos, incluyendo patógenos en frutas y vegetales.
- ✚ Proporcionan protección contra enfermedad asociada con numerosos hongos. En algunos ambientes, éstos producen péptidos, los cuales inhiben el crecimiento de

hongos. En otros, a través de un proceso conocido como micoparasitismo, crecen hacia la hifa del hongo, se enredan alrededor de ellos y degradan las paredes de las células.

- ✚ Aumentan significativamente el rendimiento y reducen incidentes de enfermedad en los cultivos.
- ✚ Proporcionan protección (directa o indirectamente) contra varias enfermedades.
- ✚ Mejoran la porosidad de la tierra, el drenaje y la ventilación, reducen la compactación y mejoran la capacidad de retención de agua de la tierra, ayudando así a las plantas a resistir la sequía y producen mejores cultivos en condiciones de humedad reducida. Un cálculo indica que un 5% de aumento de materia orgánica cuadruplica la habilidad de la tierra para retener y almacenar agua.
- ✚ Promueven el abatimiento de la tierra improductiva, convirtiéndola en un medio de crecimiento productivo.
- ✚ Estimulan la germinación de las semillas y la formación de raíces y el crecimiento.
- ✚ Promueven un drenaje mejorado.
- ✚ Mejoran la ventilación de la tierra.
- ✚ Aumentan el contenido de proteínas y minerales de la mayoría de los cultivos.
- ✚ Producen cultivos más gruesos, más verdes y más saludables.
- ✚ Producen plantas con un sabor más dulce y un mayor contenido de nutrientes.
- ✚ Mejoran la germinación de las semillas.
- ✚ Reducen los costos de insumo.
- ✚ Ayudan en el desarrollo del sistema de raíces que producen plantas más fuertes y saludables y más capaces de resistir plagas y condiciones de sequía.
- ✚ Aumentan las poblaciones de microorganismos de la tierra, lo que a la vez aumenta la toma de nutrientes de la tierra a las plantas.
- ✚ Mejoran la asimilación de oxígeno en las plantas.
- ✚ Ayudan a reconstruir la tierra agotada.
- ✚ Ayudan a balancear el pH de la tierra.
- ✚ Ayudan a reducir la erosión de la tierra.

Según Hernández (2002) los microorganismos que participan en este proceso deben poseer una serie de propiedades que garanticen su efecto fertilizador:

- ✚ Fijación de nitrógeno atmosférico al suelo.

- ✚ Mejorar la absorción de nutrientes por las plantas.
- ✚ Solubilización de nutrientes en el suelo.
- ✚ Transformación y mineralización de la materia orgánica.
- ✚ Mejorar la estructura del suelo.
- ✚ Incrementar la resistencia de las plantas al estrés hídrico y a la salinidad
- ✚ Producir sustancias que estimulen el desarrollo de las plantas e incrementen su defensa frente a plagas y enfermedades.

2.5.2 Micorrizas

Las micorrizas son asociaciones entre la mayoría de las plantas existentes y los hongos benéficos, que incrementan el volumen de la raíz y por tanto permiten mayor explotación de la rizosfera; son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes en las plantas, los que a su vez proveen al hongo simbionte de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Corredor, 2008).

Son antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; se estima que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Hernández, 2002). Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latín “Rhiza” (raíz).

Al respecto, Sánchez (2001) y Ruiz (2001), plantearon que la definición más moderna del término micorrizas es: “Simbiosis endofítica, biotrófica y mutualista prevaleciente en la mayoría de las plantas vasculares nativas y cultivadas, caracterizadas por el contacto íntimo y la perfecta integración morfológica entre el hongo y la planta para la regulación de funciones y el intercambio de metabolitos, con beneficios mutuos.

La simbiosis micorrízica es un fenómeno ampliamente fundamentado y reconocido por la comunidad científica internacional, y nadie duda de los incrementos en la absorción de los nutrientes y las agua que se obtienen en plantas micorrizadas, así como de los mayores crecimientos y rendimientos de los cultivos (INCA, 2007).

Peyronel *et al.* (citados por Lozada, 2009), definieron los tres tipos de asociaciones micorrízicas vigentes hasta nuestros días, tomando en consideración sus características morfoanatómicas y ultraestructurales:

- ✚ Ectomicorrizas: Se aprecian a simple vista debido a la típica capa o manto de hifas que tejen alrededor de las raíces que colonizan. A partir de esta estructura, las hifas se introducen en las células de la corteza, sin llegar nunca a penetrarlas y forman de esta manera la red de Harting, ocasionando diversos cambios anatómicos
- ✚ Ectendomicorrizas: Presentan características intermedias comunes a las otras dos y se encuentran restringidas a un pequeño grupo de plantas y micetos.
- ✚ Endomicorrizas: No son detectadas visiblemente, forman una red externa de hifas menos profusa que la anterior. Se propagan a través de las raíces y penetran el interior de las células corticales sin llegar a colonizar el endospermo.

Principales géneros de hongos micorrízicos

Los géneros más importantes de los hongos micorrízicos, según Raisman y González (2009) son:

- ✚ En las ectomicorrizas: *Suillus*, *Cortinarius*, *Rhizopogon*, *Cenococcuym*, *Thelefora*, *Pisolithus*.
- ✚ En las orquideomicorrizas: *Armillariella*, *Gymnopilus*, *Marasmius*, *Fomes*, *Xerotus*, *Ceratobasidium*, *Corticium*, *Sebacina*, *Tulasnella*.
- ✚ En las ericomicorrizas: *Pezizella*.
- ✚ En las micorrizas arbusculares: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* y *Scutellospora*.
- ✚ En las ectendomicorrizas: *Endogone*

Al respecto Harley y Smith (1983) plantean que en el caso de las endomicorrizas, los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical. Dentro de este grupo existen tres tipos característicos:

- ✚ Orquidiomicorrizas (asociadas a *Orquidiaceas*).
- ✚ Ericomicorrizas (Ligados a la familia *Ericaceas* y con muchas similitudes estructurales con las Ectendomicorrizas).

- ✚ Micorrizas arbusculares, caracterizadas por formar arbusculos intracelulares y sin dudas de mayor difusión e importancia económica y ecológica.

La mayoría de las plantas terrestres establecen en sus raíces al menos uno de los tres tipos de asociaciones de micorrizas; de ellas las del tipo arbuscular es la simbiosis más extendida sobre el planeta no solo por el número de plantas hospederas que son capaces de colonizar, sino también por su amplia distribución geográfica (Rivas, 1997).

En cuanto a las estructuras formadas, el tipo de colonización y la cantidad de especies vegetales y fúngicas implicadas, se puede decir que las micorrizas arbusculares son las de mayor importancia y son las más ampliamente distribuidas tanto a nivel geográfico como dentro del reino vegetal. Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (Sieverding, 1991).

Beneficio de las micorrizas para el suelo

Según Bernaza y Acosta (2006), los efectos benéficos de las micorrizas en el suelo están muy relacionados con sus efectos sobre las plantas por estar (suelo-planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, se puede plantear que las micorrizas realizan varias funciones en el suelo, que incrementan mucho su potencial agroproductivo y sus posibilidades de sostén y mantenimiento de las diferentes especies vegetales.

Efectividad y funcionamiento micorrízico

La efectividad micorrízica arbuscular puede ser interpretada de varias formas: inicialmente se utilizó el rendimiento agrícola de un determinado cultivo, dado por la efectividad del endófito sobre el crecimiento de la planta, lo que puede ser interpretado también, como el número de propágulos en un ecosistema natural o bien, con la transferencia de nutrientes por unidad de carbohidratos intercambiados durante la simbiosis.

La efectividad de los hongos micorrízicos presentan una alta especificidad con el sustrato o suelo donde se desarrollan (Rivera, 2000; Miller y Jastrow, 2000; Azcon, 2000; Rivera, 2003) y a su vez le confieren a la planta ventajas como: mayor capacidad de absorción radical, notable aumento en la toma de diferentes elementos minerales (Rivera, 2003), aumento de la

resistencia al estrés hídrico (Auge, 2001; Murulanda *et al.* 2003) y protección contra nemátodos y enfermedades en general (George, 2000; Díaz de Villegas *et al.* 2002; Pérez *et al.* 2002; Corredor, 2008; Pérez, 2004; Hernández *et al.* 2006; Hernández-Lauzardo *et al.* 2007; St-Arnaut y Vujanovic, 2007; Planchette *et al.*, 2007), las cuales se pueden expresar, inclusive, en importantes incrementos sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos (INCA, 1998; INCA, 1999) y en última instancia en una mayor adaptabilidad de las especies vegetales al ambiente.

Los posibles determinantes de la eficiencia simbiótica están relacionados con el tipo de hongo micorrizógeno, con la planta hospedera y la interfase simbiótica. Rivera *et al.* (2003) consideran que otro factor determinante en la efectividad simbiótica lo constituye el tipo específico de suelo o sustrato, y más aún las concentraciones o el equilibrio de nutrientes en la solución del suelo, la velocidad de mineralización de la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y en especial los niveles de Ca^{++} .

La información obtenida por Sánchez (2001) indicaron que los concentrados de cepas nativas en general, no originaron los mayores efectos positivos, lo cual pudiera estar relacionado con una baja concentración de propágulos nativos, o simplemente el hecho de que sean cepas típicas de la zona estudiada y presenten una mayor adaptabilidad y posible funcionalidad microbiana, no siempre significa una mayor eficiencia micorrízica (simbiótica). De forma general la respuesta a la inoculación es dependiente no sólo de la infectividad y eficiencia de la cepa aplicada, sino que además es consecuencia de la existencia y cantidad de los propágulos nativos (Dodd & Thompson, 1994).

El funcionamiento micorrízico no es más que el comportamiento intrínseco de la simbiosis micorrízica bajo determinadas condiciones edafoclimáticas, el cual puede verse afectado por diversas razones, tanto de índole biótica (especies fúngicas y vegetales que forman esta interacción, otros microorganismos que cohabitan el mismo nicho ecológico -rizosfera y micorrizosfera- y las relaciones interespecíficas que se establecen entre ellos), como abiótica (clima en sentido general, tipo de suelo y en especial la concentración de nutrientes presentes en los mismos).

En cultivos de ciclo corto, la simbiosis se desarrolla de manera secuencial, o sea, pasando por diferentes fases de crecimiento tanto microbianas, (latencia, exponencial, estabilización o meseta y muerte o esporulación total) como vegetal, de acuerdo a las fases fenológicas de la planta hospedera. Para el caso de los cultivos perennes, este funcionamiento está directamente relacionado con la renovación radical, es decir, se cumple el mismo principio de crecimiento secuencial; sin embargo, la simbiosis micorrízica se renueva cada cierto tiempo con el cambio de raíces que generalmente coincide con la etapa final de maduración de la cosecha, lo cual genera ciclos de funcionamiento simbiótico (Fernández *et al.*, 1990).

Hace pocos años, el uso de hongos formadores de micorrizas arbusculares se encontraba restringido a aquellos cultivos que necesitan de una fase inicial de establecimiento y crecimiento antes de quedar definitivamente establecidos en el campo, tales como los semilleros de las hortalizas, los viveros en frutales y la fase de adaptación en vitroplantas. En esos casos los niveles de inóculo son aceptables; sin embargo no se recomendaban en cultivos de siembra directa, aun cuando los efectos eran positivos (Fernández, 2003).

A partir de 1994 comenzó a desarrollarse en Cuba una tecnología novedosa consistente en revestir las semillas con cierta cantidad de inoculante microbiano, capaz de establecer la simbiosis con la planta y garantizar la infección de las raíces. Esta técnica permite un ahorro del 99% de inoculante microbiano y entre el 25-50% de fertilizante químico, dependiendo de la fertilidad del suelo y el tipo de biofertilizantes (Hernández y Chialloux, 2001).

Aunque la extensión del empleo del hongo micorriza vesículo arbuscular (MVA) en el país lleva más de una década, es poco conocido por los agricultores los beneficios de estos microorganismos para las plantas y las experiencias se enmarcan fundamentalmente en las hortalizas.

Se puede considerar que una de las principales causas que limitan la obtención de micorrizas por los productores, puede estar dada por su forma de reproducción, ya que el fertilizante biológico se obtiene a partir de la inoculación previa de una determinada cepa de HMA a las plantas hospederas que incluyen las especies de *Sorghum vulgare* y *Brachiaria decumbens* entre otras, y su posterior desarrollo en el sistema radical. El inoculante está listo cuando se cumple el ciclo reproductivo de dichas plantas y es extraído conjuntamente con el

sustrato, el cual incluye todos los propágulos infectivos del hongo micorrizógeno (esporas, raicillas infestadas y fragmentos de hifas). No obstante esto puede ser extraído en cualquier otro momento en dependencia de la cantidad de propágulos existentes en el sustrato (citado por Noda, 2009).

Gómez *et al.* (1996) citado por Rivera *et al.* (2003). Recomiendan el recubrimiento de las semillas para los cultivos de siembra directa y plantearon que la simbiosis de las endomicorizas arbusculares debe ser considerada como elemento esencial para promover la sanidad y la productividad en los cultivos de importancia; los beneficios máximos se obtienen si se inocula con hongos micorrizógenos eficientes y se hace una selección de combinaciones compatibles de hongos-plantas-suelo.

Asociaciones de los hongos endomicorrízicos vesículo arbusculares (MVA) con plantas utilizadas en la alimentación del ganado

En el ámbito mundial, se reportan múltiples experiencias acerca de los beneficios de las micorizas arbusculares en especies frutales, donde frecuentemente se compara el crecimiento de las plantas micorrízicas con las no micorrízicas; estas diferencias son atribuibles a una mayor absorción de nutriente, una producción más alta de hormonas y mayor cantidad de clorofila (Herrera, 1994). Estas diferencias se han observado en especies tropicales como *Mora excelsa*, *Prioria copaifera* en el Caribe (Trinidad y Tobago y Panamá) y en múltiples árboles tropicales de la familia *Fabaceae* (Noda, 2009)

Las leguminosas también presentan asociaciones con el *Rhizobium* y las micorizas arbusculares, que mejoran el desarrollo de los nódulos y la fijación de nitrógeno, e incrementan el rendimiento de los cultivos y la eficiencia en el uso de los fertilizantes (Ferrero y Alarcón, 2001). También al aumentarse la absorción de fósforo por la micorriza se mejora el desarrollo radical y el crecimiento de la planta, y se acelera la maduración de las cosechas.

Biofertilizante micorrizógeno *EcoMic*®

Dibut (2009), plantea que los hongos micorrizógenos, base del biopreparado *EcoMic*®, desarrollado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) se comenzaron a aplicar

en el país hace más de diez años, habiéndose logrado importantes avances en el manejo efectivo de la simbiosis micorrízica en los agroecosistemas.

EcoMic® ha presentado un efecto positivo en Cuba y otros países de América Latina (Colombia, Bolivia, México) no solo en la producción de posturas y en semilleros, sino en los cultivos de siembra directa (granos, cereales y otros) mediante el recubrimiento de las semillas, en dosis del 6 al 10% del peso de las semillas, requiriéndose entonces de pequeñas cantidades por hectáreas ($1-6 \text{ kg.ha}^{-1}$), lo cual amplía sensiblemente el espectro de acción práctica de la simbiosis (INCA, 2007). Estas aplicaciones han provocados incrementos en los rendimientos entre 15 y 50%, mejor comportamiento de las especies vegetales frente a la sequía, mayor aprovechamiento de los nutrientes y disminución de los fertilizantes, tanto en condiciones de agricultura familiar en pequeñas extensiones y con siembra manual, como en la agricultura intensiva, en grandes extensiones y siembra mecanizada. Fundora *et al.* (2009) estudiaron y comprobaron incrementos en los rendimientos del cultivo del boniato aunque estaba combinado con Fitomas-E.

El producto *EcoMic®* es una combinación de inoculantes microbianos elaborados a partir de productos de determinadas especies de hongos micorrizógenos arbusculares individuales, de probada infectividad y alta eficiencia (INCA, 2002).

En la elaboración de este producto se emplean las siguientes especies de HMA de forma individual: *Glomus hoi-like (fasciculatum)*, *Glomus mosseae*, *Glomus claroideum* y *Glomus clarum*.

Los rangos de concentración de esporas/g de sustrato, establecidos para ambos tipos de inoculantes son los siguientes:

Inóculo Certificado

Glomus hoi like (fasciculatum): 125-250 esporas/g de sustrato

Glomus clarum: 250-350 esporas/g de sustrato

Glomus mosseae: 50-70 esporas/g de sustrato

Inóculo Agrícola

Cualquiera de las cepas anteriores: 20-30 esporas/g de sustrato

Formas de aplicación

Las formas de aplicación de este inoculante según el INCA (2002), son las siguientes:

- ✚ Para siembra directa (cereales, granos y otros). Inocular la semilla mediante la tecnología de recubrimiento de semillas en una proporción del 10-15% de su peso.
- ✚ Semilleros (tomate, pimiento, ají y otros). Aplicar 1 kg de *EcoMic®* por metro cuadrado (m²) de cantero.
- ✚ Viveros (cafeto, cítricos, frutales y otros). Aplicar 5 -10 g de *EcoMic®* debajo de la semilla en el momento de la siembra.
- ✚ Bancos de enraizamiento (clavel, rosa y otros). Aplicar 1 kg de *EcoMic®* por metro cuadrado (m²) en el sustrato.
- ✚ Vitroplantas (fase de adaptación); (caña de azúcar, plátano, café, piña, flores y otros). Aplicar 2-3 g de *EcoMic®* por planta en el sustrato de adaptación.

2.6 Proyecciones de investigaciones en Cuba con micorrizas vesículo arbusculares (MVA)

Como parte de las investigaciones sobre las micorrizas vesículo arbusculares, se conocen 105 especies de estos hongos en el territorio cubano, lo que permitió al Departamento de Biofertilizantes del Instituto de Ecología y Sistemática del CITMA establecer un cepario. Éste reúne 35 cepas procedentes de 7 países, y constituye la base para la producción de *Micofert* certificado, nombre comercial de un sustrato con cepas seleccionadas de hongos micorrizógenos vesículos arbusculares y su microflora asociada, el cual ha sido ensayado en numerosas experiencias desarrolladas en condiciones de campo y casas de vegetación con muy buenos resultados y hongos formadores de micorrizas (Rivera *et al.*, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Vaquería “Los Campesinos” de la Unidad Básica de Producción cooperativa (UBPC) Waldemar Díaz de la Rosa, ubicada en los 73° 42′ 52″ de latitud Este y los 20° 52′ 23″ de longitud Norte a 86,6 msnm (metros sobre el nivel del mar), perteneciente a la Empresa Pecuaria Majibacoa; sobre un suelo un Pardo mullido sin carbonato (Hernández *et al.*, 1999) cuyas características aparecen en la tabla 1, de acuerdo con los análisis realizados en el Instituto Provincial de Suelos y Fertilizantes de Camagüey.

El muestreo de suelo para su caracterización se realizó antes de la siembra a una profundidad de 0-30 cm, según las técnicas convencionales indicadas por el Laboratorio Provincial de Suelos de la provincia de Las Tunas.

Los métodos utilizados se expresan a continuación:

- ✚ Contenido de Materia Orgánica (M.O). Por el método de Walkley-Black (citado por Jackson, 1970)
- ✚ pH por potenciometría, relación 1:2,5
- ✚ Contenido de fósforo y potasio asimilable. Por el método de Oniani (1964)
- ✚ Cationes cambiabiles. Extracción con acetato de amonio 1 N a pH 7 (método de Maslova, citado por Dinchev, 1972)

Tabla 1. Composición química del suelo del área experimental

P ₂ O ₅ mg/ 100 de suelo	K ₂ O mg/ 100 de suelo	pH(H ₂ O)	M O %
13,24	25,4	6,4	3,78

El clima de la zona corresponde al tropical subhúmedo seco. Se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 24°C y un promedio anual de precipitaciones de 900 mm, de los cuales el mayor porcentaje se distribuye entre los meses de mayo-noviembre.

Los datos climáticos fueron suministrados por la estación meteorológica de la ciudad de Las Tunas y de un pluviómetro situado a 1,2 km del lugar donde se montó el experimento de campo (Anexo 1).

Se utilizó el pasto *Pennisetum purpureum* CT-169 forrajero con el objetivo de evaluar los efectos de la micorriza, estiércol vacuno, humus de lombriz y fertilizante mineral. Se sembró el 30 de septiembre de 2008 y estuvo tres meses en fase de establecimiento. Posteriormente, se realizaron cuatro cortes cada 45 días.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Testigo (sin aplicación)
2. Humus de lombriz (4 t ha^{-1})
3. Estiércol vacuno (30 t ha^{-1})
4. NPK ($100-45-60 \text{ kg ha}^{-1}$)
5. Micorriza (*EcoMic®*) (2 kg ha^{-1})

La valoración económica de la producción de materia seca se realizó a partir de una ficha de costo, para lo cual se tomaron la cantidad de jornales, el acarreo, el tiempo de aplicación y los insumos en CUP y se incluyeron los gastos por concepto de la fertilización mineral, biológico (micorriza), orgánicos (humus de lombriz, así como el acarreo y aplicación manual, considerándose las jornadas para realizar estas operaciones. En la aplicación de estiércol sólo se consideró el acarreo y distribución en la hectárea, sin darle valor al mismo, debido a que se considera su producción en las propias vaquerías.

3.1 Procedimiento experimental

Se seleccionaron los cinco tratamientos, atendiendo a revisiones bibliográficas de diferentes fuentes y autores nacionales y foráneos, pues lo importante resultaba establecer la utilización de fuentes alternativas que posibilitaran una mejor utilización del suelo investigado, sin alteraciones en el agroecosistema y no proceder al estudio de dosis de fertilizantes, aspecto este ampliamente estudiado por otros autores.

Experimento

Efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fertilizantes sobre los componentes del rendimiento de materia seca

Este experimento se montó siguiendo un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas.

La frecuencia de corte utilizada fue cada 45 días a una altura de corte de 15 cm sobre el nivel del suelo.

En las parcelas se sembraron seis surcos de 8 m de largo separados a 0,70 m de distancia de camellón con semillas de cinco yemas, y cada parcela ocupa un área total de 34 m². Para realizar las mediciones se tomaron 10 plantas del centro y se desechó el área de borde. El abonado se realizó una sola vez en el momento de la siembra, en el surco y se tapó.

Se realizaron las siguientes labores.

✚ Tres limpiezas manuales.

✚ Un cultivo con bueyes.

Se realizaron durante el período las siguientes mediciones:

1. Número de plantas por plantones.
2. Número de hojas
3. Longitud de la hoja y del tallo (se midió con una regla graduada)
4. Altura de la planta (se midió con una regla graduada)
5. Grosor del tallo (pie de rey)
6. Porcentaje de la materia seca total
7. Porcentaje de la materia seca en las hojas
8. Rendimiento en toneladas por hectárea de materia verde y seca

Rendimiento por hectárea (en toneladas). Para su evaluación se tuvo en cuenta el rendimiento obtenido en cada parcela en kg, posteriormente se transformaron estos datos a rendimientos en t ha⁻¹.

La aplicación de la fórmula 100-45-60 se hizo de forma manual incorporando el fertilizante al suelo en el momento de la siembra.

El humus de lombriz fue elaborado en la Lombricultura de la UBPC a partir del estiércol vacuno procedente de las vaquerías que posee la misma ; se aplicó incorporado al suelo en el momento de la siembra, a razón de 4 t ha^{-1} , partiendo de una dosis mínima que no encareciera la aplicación y aprovechando sus múltiples ventajas como fertilizante biorgánico. La materia orgánica se aplicó a razón de 30 t ha^{-1} . La micorriza se aplicó en el momento de la siembra, sumergiendo las estacas en la solución y dejándola durante dos horas en reposo antes de sembrarla.

El corte se realizó a una altura de 15 cm del suelo, se pesó la producción de biomasa total de cada parcela en una balanza digital marca PS-5 y se tomaron muestras de 200 g de cada tratamiento.

En el caso de la materia seca se tomó una submuestra de 200 g, conservándose en un nylon cerrado hasta que se realizó el pesaje, posteriormente se colocó en una bandeja y se puso en la estufa a una temperatura de 60°C por espacio de 40-62 horas hasta que alcanzó un peso constante. En la determinación del porcentaje de hojas se tomó una submuestra de 200 g del material verde que no contenía material muerto y se colocó en la estufa. Al pesar se separaron el limbo (hoja) del tallo más la vaina considerada como tallo.

Todos los datos obtenidos producto de las mediciones fueron sometidos al análisis de varianza y las medias se compararon utilizando Duncan para el 0.05% de significación (ICA, 1998)

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los tratamientos a base de fertilizante orgánico, biológico o químico tuvieron significativamente mayor número de plantas en el primer corte. En el segundo corte, la micorriza fue superior, sin diferir significativamente del tratamiento con estiércol vacuno; el resto de los tratamientos no difirieron entre sí, pero fueron superiores al testigo. En el tercer corte sólo difirió de manera significativa el fertilizante orgánico (estiércol vacuno) del testigo; aunque el resto de los tratamientos mostraron superioridad sin diferir estadísticamente. En el cuarto corte no hubo diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos estudiados (tabla 2).

Tabla 2. Efecto de los tratamientos en plantas por plantón.

Tratamientos	1er corte	2do corte	3er corte	4to corte
Testigo	7,50 a	14,00 a	18,75 a	40,20
Estiércol vacuno	12,50 b	21,70 bc	23,20 b	38,70
NPK	13,30 b	20,70 b	21,50 ab	33,70
Humus de lombriz	13,90 b	20,50 b	19,75 ab	36,50
Micorriza	14,50 b	25,00 c	20,50 ab	33,70
ES \pm	0,55	0,86	1,17	1,88
CV %	9,05	8,50	9,50	10,30

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

En este experimento, a pesar de que en algunos tratamientos no hubo diferencia significativa, la micorriza tendió a promover un número mayor de plantas por plantón. El gran aumento de la población después del corte puede deberse a la ruptura de la dominancia apical y consecuentemente al aumento del ahijamiento (Ayala, 1984).

La tendencia a ser relativamente superior el tratamiento con micorriza, según Reid (1997) puede ser debido al incremento en la absorción de nutrimentos por las plantas micorrizadas, por el aumento del área superficial de la raíz por la micorriza, la extensión física del sistema hifal, el tiempo y la época en la cual es funcional, así como las condiciones del suelo bajo las

cuales la hifa se está desarrollando, su poder absorbente y la exploración de sitios ricos en nutrientes.

Entre las ventajas producidas por la inoculación con micorriza es especial la contribución que hace a la nutrición mineral de las plantas, fundamentalmente a los procesos de absorción, traslocación y transferencia de minerales, tales como el fósforo y nitrógeno, así como en la adquisición de otros nutrientes como zinc, cobre, potasio, calcio, magnesio y azufre. Esto es corroborado por Marschner (1995), quien señaló que la inoculación de plantas con estos hongos provoca, de manera general, un marcado incremento en los procesos anteriormente señalados. Argumenta también Ezawa *et al.* (1995) que el fósforo orgánico puede pasar a formas solubles a través de las enzimas fosfatasas que producen las propias hifas de estos hongos.

Actualmente se reconoce el efecto directo de las micorrizas sobre la absorción de casi todos los elementos esenciales minerales (George, 2000), a partir de estructuras captadoras de estos y muy similares a los arbuscúlos intrarradicales (Bago *et al.* 2000).

Existen numerosos estudios acerca de los mecanismos a través de los cuales las micorrizas arbusculares incrementan de forma directa la nutrición de las plantas. Sin embargo, estas también benefician de forma indirecta al suelo, mejorando la estructura de este a través de la formación y estabilización de los agregados (Bethlenfalvay *et al.*, 1999; Borie *et al.*, 2000; Jettries y Borea, 2001).

Respecto a la materia orgánica, existen diversos estudios acerca de los mecanismos a través de los cuales indican que la aplicación de materia orgánica propicia mejor estructura de los agregados del suelo. Estudios en suelos francos arenosos y pardos grisáceos en Cuba demostraron el efecto beneficioso del estiércol para acelerar el desarrollo de los pastos y posibilitar el ahorro de fertilizante químico (Crespo, 1990; Cabardellas y Elliot, 1993)

Los resultados de este trabajo, señalan que en las condiciones experimentales en que se obtuvieron, cualquier fertilización aplicada al momento de la siembra beneficia el desarrollo del king grass, ya que todas las fuentes fueron superiores que el testigo.

En la tabla 3 se muestra el efecto de los tratamientos en la longitud del tallo, en el primer corte en los diferentes momentos de medición el testigo fue significativamente inferior. En el segundo corte la respuesta de los tratamientos en ese período, no mostró una tendencia definida; aunque el estiércol vacuno mostró mayores valores a los 15 días. En el tercer corte, a los 15 días, sólo difirieron del testigo (con un valor menor) y el tratamiento, a los 30 días de éste corte y en el cuarto, las diferencias se perdieron, aunque el empleo de la micorriza siempre indujo valores numéricos mayores sin alcanzar significación estadística, quizás al alto valor del coeficiente de variación.

Tabla 3. Efecto de los tratamientos en la longitud del tallo (cm).

Tratamientos	1er corte		2do corte		3er corte		4to corte	
	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días
Testigo	11,00 a	24,50 a	9,97a	17,75 a	7,12a	13,97	10,95	40,50
Estiércol vacuno	17,75 b	34,50 b	13,42 c	24,32 b	7,45a	14,77	10,20	41,32
NPK	18,00 b	35,25 b	12,12 b	22,50 b	9,17ab	15,90	10,01	39,72
Humus de lombriz	18,00 b	36,00 bc	11,50 b	22,50 b	9,22ab	15,65	11,31	40,55
Micorriza	18,25 b	40,00 c	11,97 b	24,50 b	12,67b	15,95	12,55	41,97
ES \pm	0,69	1,14	0,30	0,91	1,18	0,97	1,36	1,87
CV %	8,48	6,70	5,12	8,02	26,00	12,63	24,07	9,24

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

La altura de la planta hasta la medición realizada en el segundo corte, siempre fue significativamente menor en el testigo, sin diferir entre si los demás tratamientos (tabla 4).

En el tercer y cuarto corte no existieron diferencias.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos para altura de la planta (cm).

Tratamiento	1er corte		2do corte		3er corte		4to corte	
	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días
Testigo	50,00a	87,75a	53,35a	72,47a	38,00	64,65	56,20	142,67
Estiércol vacuno	75,00b	109,75b	67,97b	94,92b	46,00	64,30	60,21	148,27
NPK	71,20b	107,00b	67,79b	94,85b	43,75	63,55	61,60	154,25
Humus de lombriz	72,70b	104,50b	69,80b	94,80b	48,50	65,90	61,50	154,00
Micorriza	81,20c	111,50b	70,92b	95,62b	49,50	66,70	63,20	155,25
ES \pm	1,56	2,93	2,21	1,80	4,03	3,78	3,8	4,19
CV %	4,47	5,87	6,70	3,99	17,1	11,85	12,5	5,58

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

El efecto marcado que ejercen los factores climáticos en los procesos bioquímicos y fisiológicos que regulan el crecimiento, en condiciones tropicales, ha sido señalado por diversos investigadores (Cordoví, 1995 y Senra, 1996). Al respecto Mentado, (1988) refiere que a temperatura de 30-35°C, se logra alcanzar un crecimiento y desarrollo normal de las plantas, pero temperaturas superiores e inferiores a éstas restringen el buen desarrollo de las plantas. Las variaciones de temperatura en los diferentes momentos; así como las precipitaciones en que se efectuaron los cortes (inferiores en los primeros cortes y mayores en los dos posteriores) pudieran haber influido en las respuestas en crecimiento.

Los procesos fisiológicos tales como: la fotosíntesis, respiración, fotorespiración y evapotranspiración en las plantas están influenciados por la temperatura, régimen de precipitaciones y distribución, por lo que cualquier variación de estos, se refleja en el crecimiento (Nieves, 2004).

Uno de los factores que perjudican más el crecimiento de las gramíneas en el trópico es la distribución anual de las precipitaciones (Cooper 1970). Al respecto Herrera y Suárez (1979) encontraron que los rendimientos del *Pennisetum* durante la estación de seca representaron el 17% de la producción anual. Por otro lado el crecimiento de los pastos está condicionado en sus diferentes etapas por la influencia que ejercen los diferentes factores edafoclimáticos y el manejo de la fertilización.

Similar tendencia a los indicadores anteriores mostraron los tratamientos en el número de hojas (tabla 5), con el que tampoco existieron diferencias en los cortes 3 y 4 y el testigo siempre fue menor.

Tabla 5. Efecto de los tratamientos para número de hojas.

Tratamiento	1er corte		2do corte		3er corte		4to corte	
	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días
Testigo	7,75 a	9,75	7,75 a	9,75 a	6,90	8,00	6,68	8,5
Estiércol vacuno	9,00 b	10,50	9,00 b	10,75 b	6,75	8,50	6,91	9,00
N P K	9,00 b	10,25	9,00 b	10,50 b	6,72	8,25	6,52	9,47
Humus de lombriz	9,00 b	10,50	8,70 b	10,75 b	6,60	8,50	6,25	9,50
Micorriza	9,0 b	10,75	9,00 b	11,00 b	6,92	8,72	7,00	9,67
ES ±	0,26	0,23	0,16	0,18	0,49	0,33	0,40	0,40
CV %	6,08	4,65	3,78	3,53	15,01	8,00	12,23	8,86

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

La longitud de las hojas mostró diferencias significativas según los tratamientos con respecto al testigo, pero sólo a los 15 días del primer corte en que los abonos orgánicos y la fertilización mineral tuvieron valores mayores, pero las diferencias estadísticas se perdieron posteriormente, aunque el testigo continuó siendo el de menor valor en todos los cortes. En los demás cortes ya no hubo diferencias (tabla 6).

Tabla 6. Efecto de los tratamientos para la longitud de la hoja (cm).

Tratamiento	1er corte		2do corte		3er corte		4to corte	
	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días
Testigo	45,25 a	55,50 a	31,25 a	51,75 a	33,00	45,60	43,20	105,40
Estiércol vacuno	66,00 d	72,25 b	43,50 b	71,75 b	35,30	49,80	49,10	108,90
NPK	65,25 cd	68,00 b	40,85 b	67,25 b	41,62	50,80	49,30	111,50
Humus de lombriz	60,50 bc	71,25 b	41,00 b	71,00 b	42,47	54,20	48,70	103,70
Micorriza	56,50 b	73,25 b	41,62 b	72,75 b	42,50	54,70	49,70	111,70
ES \pm	1,54	1,22	2,01	1,23	4,20	4,60	1,90	4,49
CV %	5,25	3,59	10,35	3,68	21,50	18,50	8,12	8,49

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

El grosor del tallo fue significativamente mayor donde se aplicó micorriza sin diferir del humus de lombriz y NPK, también en la primera medición del primer corte después tuvo igual comportamiento que los demás indicadores de crecimiento evaluados (tabla 7), con el testigo mostró los valores más bajos.

El tamaño de la planta difirió de lo expresado por Martínez (1998) y Álvarez (2009) que al evaluar diferentes cultivares de king grass obtuvieron valores superiores (114,8 cm) y de hojas (14,4); así como el grosor del tallo que fue de 14.87mm, demostrando mayor desarrollo en los tres indicadores. Esto se explica debido a que como lo plantearon Gould (1968) y Daher (1983) los caracteres de la morfología vegetativa del tallo y las hojas son más susceptibles de variar debido a las condiciones climáticas.

El componente hojas, en el pasto es de gran importancia, pues en ellas se depositan la mayor cantidad de proteínas y de otras sustancias importantes para la nutrición animal (Herrera, 1983). Por otra parte, esta fracción estructural es también la preferida cuando los animales tienen amplia posibilidad de seleccionar (Ruiz y Vázquez, 1983), citado por Lozada, (2009).

Tabla 7. Efecto de los tratamientos en el grosor del tallo (cm).

Tratamiento	1er corte		2do corte		3er corte		4to corte	
	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días	15 días	30 días
Testigo	0,97 a	1,25 a	0,45 a	0,97 a	0,61	1,06	0,37	0,91
Estiércol vacuno	1,27 b	1,92 b	1,00 b	1,72 b	0,54	1,04	0,27	0,97
NPK	1,45 bc	1,85 b	0,90 b	1,80 b	0,46	1,15	0,32	0,65
Humus de lombriz	1,67 c	1,82 b	0,85 b	1,77 b	0,87	1,16	0,37	0,90
Micorriza	1,50 bc	2,02 b	0,80 b	1,82 b	0,97	1,18	0,38	1,00
ES \pm	0,07	0,08	0,08	0,06	0,30	0,09	0,03	0,10
CV %	10,34	9,66	16,70	7,60	0,60	0,71	18,3	21,0

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

La estructura del pasto o los componentes del rendimiento ha cobrado especial atención en el trabajo de muchos investigadores, así la cantidad de hojas y de tallos de las especies pratenses, tiene una marcada importancia para el empleo correcto del pasto y es considerada tan importante como su calidad nutritiva para la producción animal (Hernández, 1995). De hecho ambas fracciones estructurales guardan una relación directa con el valor nutritivo del pastizal, y permiten evaluar el crecimiento de una planta determinada

El rendimiento de materia verde en el primer y segundo corte fue significativamente menor en el testigo, mientras no difirió entre sí las demás fuentes de fertilizantes (tabla 8). En el tercer y cuarto corte, los tratamientos no difirieron aunque tienen mejores resultados que el testigo, en el primer corte, fue el de mayor valor el de fertilizante químico (NPK) con 12.62 t.ha^{-1} de materia verde, aunque no difirió en los demás cortes, pero en todos los casos el testigo fue el de menor valor, aun cuando en algún momento las diferencias no fueran significativas.

Tabla 8. Efecto de los tratamientos para rendimiento materia verde (t.ha^{-1}).

Tratamiento	1er corte	2do corte	3er corte	4to corte	Total
Testigo	9,10 a	6,60 a	6,50	5,52	27,72
Estiércol vacuno	11,90 b	9,45 b	7,86	5,61	34,82
NPK	12,62 b	9,37 b	7,47	5,66	35,12
Humus de lombriz	11,80 b	9,37 b	7,81	5,95	34,93
Micorriza	12,20 b	9,88 b	8,00	5,71	35,79
ES \pm	0,33	0,62	1,08	1,87	
CV %	5,85	14,70	5,21	23,90	

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

Al igual que en los indicadores antes analizados, en el porcentaje de materia seca (MS), sólo existió diferencias en el primer y segundo corte, con los valores más bajos en el testigo y sin diferir en los demás tratamientos entre sí. También las diferencias se perdieron en los cortes posteriores (tabla 9).

Aunque el rendimiento de materia seca tiene una respuesta coherente con las tendencias anteriores y el testigo fue el de menor valor ya en el tercer y cuarto corte no hubo diferencias, pero sí en el acumulado (tabla 10), donde se hace evidente mayor diferencia entre los tratamientos, quizás por efectos numéricos acumulados. Así, la aplicación de NPK y micorriza, principalmente, con valores muy cercanos de los demás tratamientos, superaron al testigo. El estiércol en general mostró valores intermedios.

Tabla 9. Efecto de los tratamientos para porciento de materia seca total.

Tratamiento	1er corte	2do corte	3er corte	4to corte
Testigo	17,00 a	18,70 a	20,00	21,00
Estiércol vacuno	21,10 b	25,20 b	22,00	21,00
NPK	21,50 b	24,70 b	23,00	21,00
Humus de lombriz	20,70 b	25,10 b	22,00	20,00
Micorriza	21,70 b	26,00 b	24,00	21,00
ES \pm	0,90	0,09	0,14	1,84
CV %	8,70	7,91	5,21	5.9

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

La respuesta de los Hongos Formadores de Micorrizas (HMA) a los componentes del rendimiento de materia seca (MS) y al propio rendimiento, pudiera deberse al contenido de materia orgánica (MO) presente en el suelo al inicio del experimento. Es sabido que la MO es uno de los constituyentes más importantes del suelo, considerado como un indicador por excelencia de la sostenibilidad del sistema suelo-planta-animal y de los cambios que se producen, según los criterios de Mata (2006).

También Magdoff y Van Es (2000), agregan que los suelos con alto contenido de MO y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que refleja la salud del ecosistema y la influencia positiva en las propiedades físicas y químicas.

Por otra parte, se ha indicado también, que la MO constituye un factor importante en la fertilidad de los suelos debido a que los cationes no se pierden con facilidad cuando el suelo es lavado por el agua. También, Munévar (1998) agrega que la descomposición de la MO origina que el humus, y sus partículas orgánicas poseen cargas superficiales negativas; que son importantes en la absorción de cationes minerales. Estas condiciones al mantenerse estables promueven la proliferación micorrízica en un ambiente de alta disponibilidad de nutrientes (Fisher y Jayachandran, 2005). Otro factor que pudiera haber influido en la respuesta de estos HMA fue la estructura del suelo utilizado en ésta investigación, ya que Sieverding (1991) expresó que una de las condiciones adversas que manifiestan las micorrizas está relacionada con la textura del suelo. Esto explica que el número de esporas es frecuentemente más alto en suelos arcillosos que en suelos arenosos, por tanto la colonización en este último tipo de suelo debe ser menor.

Calderón y González (2007 y 2008) obtuvieron resultados favorables con la aplicación de HMA, pero utilizando una adecuada fertilización bien sea mineral u orgánica; aspecto que fue considerado en esta investigación.

Tabla 10. Efecto de los tratamientos para rendimiento de materia seca ($t\ ha^{-1}$).

	1er corte	2do corte	3er corte	4to corte	Total período
Testigo	1,55 a	1,22 a	1,30	1,16	5,23 a
Estiércol vacuno	2,52 b	2,30 b	1,73	1,18	7,73 b
NPK	2,72 b	2,32 b	1,72	1,19	7,95 bc
Humus de lombriz	2,45 b	2,35 b	1,72	1,19	7,71 b
Micorriza	2,65 b	2,57 b	1,92	1,20,	8,34 c
ES \pm	0,21	0,21	0,17	0,27	0,32
CV %	19,00	19,60	10,51	36,7	7.13

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

En el presente trabajo las cantidades de fertilizante orgánico y biológicos aplicados al king grass probablemente fueran suficientes para mantener la productividad de manera similar a la fertilización química, presumiblemente debido a las cantidades contenidas de nitrógeno y fósforo en el suelo, lo cual fue demostrado también por Arteaga *et al.* (1985). No obstante, su acumulación a la intemperie pudiera significar algún grado de pérdida de nutrientes, a pesar de emplear la dosis recomendada por Crespo y Artiaga (1984). Por otro lado Arteaga (1991),

demostró que la aplicación de estiércol vacuno puede alargar la vida productiva de los forrajes y asoció su influencia con las propiedades físico químicas de los suelos.

La producción de forraje verde y seco presenta una tendencia a disminuir a medida que avanzan los cortes, lo que se puede explicar por las variaciones climatológicas que se presentaron durante el período; gradualmente más satisfactorias para la planta (Arévalo, 1986) y al mismo tiempo ya que los nutrientes sólo se mantienen disponibles en el suelo por períodos cortos y una alta proporción se pierde por percolación, filtración o evaporación (Rodríguez, 1988).

Herrera y Ramos (1990), hallaron que el corte cada 45 días es una frecuencia muy severa, esto está dado por el bajo porcentaje de producción obtenido en época de seca.

Los análisis de correlación realizados por Crespo y González (1986) indicaron un efecto lineal en la producción de forraje en *Pennisetum purpureum* al aplicar dosis anuales de estiércol de bovino de 0, 10, 20 y 30 t ha⁻¹. Estos resultados también son similares a los encontrados por Vélez *et al.* (1985) que aplicaron estiércol bovino en dosis de 2,8; 5,6; 11,2; 16,8; 22,4 y 31,3 t ha⁻¹ por un año y encontraron incrementos significativos en la producción de forraje de pasto estrella.

El desbalance estacional y la producción de MS de los pastos tropicales es un fenómeno conocido en nuestro país (Crespo 1974; Paretas 1976; Pérez Infante, 1977; Funes 1977 y Ramos 1983). Este comportamiento se refleja en el presente trabajo pues estuvo sometido a un déficit de agua durante todo el período evaluado, sobre todo en los tres primeros cortes.

Vázquez y Torres (1982) plantean que cualquier variación que exista en los procesos fisiológicos como consecuencia de las temperaturas, régimen de precipitación y su distribución influye directamente en la producción de materia seca.

En Cuba, estudios realizados por Herrera (2001) se demostró la influencia de los factores climáticos en el rendimiento y la calidad de los pastos, además indicó que el rendimiento de MS de Pangola durante la estación lluviosa, estuvo determinado por las precipitaciones y las

altas temperaturas, mientras que en la estación seca por las bajas temperaturas. Costa *et al.* (1990) atribuyeron los bajos rendimientos encontrados en especies del género *Panicum* durante la estación seca a bajos valores de temperaturas y radiación solar que se manifiesta en este período.

Según Ramírez *et al.* (2008) el rendimiento aumenta con la edad de corte con los mayores valores a los 105 días (16,52 t ha⁻¹ de MS en corte lluvioso y 4,96 poco lluvioso), edad muy superior a la realizada en este experimento. .

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron superiores a los logrados por Martínez (1999) que obtuvo rendimientos de 6,27 t ha⁻¹ de MS, de igual forma a los obtenidos por Ramírez *et al.* (2003) con 4,96 t ha⁻¹ de MS, Nieves (2004) que fueron de 0,93 t ha⁻¹ de MS y por Álvarez (2009) que obtuvo rendimientos de 3,12 t ha⁻¹ de MS en el CT-169 sin fertilización.

Los resultados en rendimiento de forraje verde y seco, indican que la aplicación de abonos orgánicos y biológicos puede sustituir efectivamente la fertilización química en este pasto. Además, es posible obtener efectos residuales de igual magnitud a las aplicaciones, por períodos prolongados de tiempo.

Los resultados obtenidos en el estudio arrojaron que los abonos orgánicos, químicos y biológicos incrementaron los rendimientos de Materia Seca total, resultados similares a los logrados por González *et al.* (1996) al aplicar dosis crecientes de estiércol bovino y ovino al buffel cultivado en un suelo de baja fertilidad y pobre contenido de materia orgánica.

Con la aplicación de abonos orgánicos y biológicos se obtuvieron rendimientos similares a los alcanzados con los fertilizantes químicos; ello coincide con lo señalado por Mirabal (1990), quien determinó que desde el punto de vista biológico, el contenido de humus en el suelo influye en la actividad microbiana de este y puede reemplazar en su totalidad a los fertilizantes químicos, con la ventaja de que la cantidad de microorganismos que posee (un billón por gramo) contribuye a la recuperación plena de los suelos aunque hayan sido infértiles.

La investigación demuestra que la fertilización orgánica y biológica puede ser una alternativa económica y ecológicamente viable para atenuar los efectos de la escasez de fertilizantes químicos que afecta la producción de los pastos; así como que la cantidad de abono orgánico que se aplicará en los cultivos está condicionada por varios factores (Restrepo, 1996), como son la fertilidad original del suelo donde se desarrolle el cultivo, el clima y la exigencia nutricional de las plantas.

La materia seca alcanzó hasta un 22% en la planta y el de las hojas se mantiene iguales o menores, lo que coincide con los obtenidos por Herrera, (1990) que planteó que la materia seca de la planta llega hasta un 20% mientras que las del tallo y hojas puede ser mayor o menor dependiendo de la planta y las prácticas de manejo.

El desarrollo agrícola sostenible implica la combinación de fuentes orgánicas e inorgánicas de nutrientes, tal afirmación fue plasmada en la declaración final para la acción ambiental global efectuada en 1992 en Río de Janeiro, el cual fue firmado por los jefes de estado y de gobierno durante la conferencia de la ONU.

El porcentaje de MS en hojas sólo difirió en el primer corte, con valores significativamente inferiores en el testigo, mientras los demás tratamientos no difirieron entre sí. En el segundo, tercer y cuarto corte las diferencias no fueron significativas (tabla 11).

Los factores que pudieron conspirar contra la expresión del potencial de esta especie, puede haber sido la fecha de plantación (Tonatto *et al.*, 2004). Las condiciones de humedad del suelo fue un factor limitante para el desarrollo de king grass. El régimen pluviométrico fue de 536.0 mm en el período en que se realizó el estudio, que según Cooper (1970) lo óptimo es de 700-3 000 mm.

Tabla 11. Efecto de los tratamientos para porciento de materia seca en hojas.

Tratamientos	1er corte	2do corte	3er corte	4to corte
Testigo	15,00 a	18,00	24,70	20,70
Estiércol vacuno	20,50 b	20,40	24,70	20,20
NPK	20,70 b	20,70	25,00	22,00
Humus de lombriz	20,00 b	20,00	24,70	21,50
Micorriza	20,30 b	20,70	25,50	21,70
ES \pm	1,74	1,09	1,04	0,88
CV %	18,50	12,80	8,32	8,31

a,b,c Valores con superíndice no comunes difirieron a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

Es posible esperar que cuando no existan limitantes nutricionales en el suelo el pasto puede mantener un desarrollo (expresado en $t\ ha^{-1}$ de MS) rápido en hojas, ya que estas pudieran ser fotosintéticamente más activas que cuando existen carencias o limitaciones de algunos elementos nutricionales. Por otro lado, es posible que en la eficiencia fotosintética y por lo tanto en el crecimiento y rendimiento influya el hecho de ser una planta C4 para la fotosíntesis, el cual parece ser energéticamente más factible que el clásico ciclo del Calvin. De ser esto así, pudiera suceder que con menos cantidad de hojas se pudiera soportar un rápido desarrollo del pasto y más aún donde existan buenas cantidades de elementos nutritivos.

Unido a lo anterior está el hecho del mayor porcentaje de hojas en el período seco, lo que coincide con lo informado por Funes (1977) y Ramos *et al.* (1980). Esto pudiera ser atribuido a la necesidad de mantener el crecimiento de la planta en una época caracterizada por bajas temperaturas y precipitaciones

CONSIDERACIONES ECÓNICAS

El análisis económico referido a la producción de MS en el período evaluado (tablas 12 y 12a), se tuvo a partir de una ficha de costo, para lo cual se tomaron la cantidad de jornales, el acarreo, el tiempo de aplicación y los insumos en CUP.

Los gastos incluidos por concepto de fertilización mineral fueron: costo actual de \$509,00 la tonelada, biológicos (micorriza) \$28,00 el kilogramo, orgánicos (humus de lombriz) \$192,00 la tonelada, el acarreo y aplicación manual considerando 16 jornales de \$16,67 para éstas operaciones. Para la aplicación de estiércol sólo se consideró el acarreo y distribución en la hectárea, sin darle valor al estiércol vacuno debido a que se considera su producción en las propias vaquerías. Estas actividades se realizaron manualmente, si se tiene en cuenta que una persona con carreta, puede cubrir una hectárea en tres días, aplicando una dosis de $30\ t\ ha^{-1}$.

Tabla 12. Gastos y costo por tonelada producida.

Insumo	Costo unitario (\$)	Cantidad t ha ⁻¹	Jornada acarreo y aplicación	Gastos		Gastos totales por ha
				Insumo (\$)	Fuerza de trabajo	
Estiércol vacuno	0	30	16	0	150,00	150,40
NPK	509,0	1	2	509,00	18,80	527,80
Micorriza	14,0	2	1	28,00	9,40	37,40
Humus de lombriz	48,0	4	8	192,00	75,00	267,00
Testigo	0	0	0	0	9,40	9,40

Tabla 12. (Continuación).

Tratamiento	Producción en t/MS	Valor de la t de MS (CUP)	Valor del total de la producción MS (CUP)	Gastos (CUP)	Ganancias (CUP)	Costo por pesos
Estiércol vacuno	7,73	52,10	402,73	150,40	252,33	0,37
NPK	7,95	52,10	414,20	527,80	-113,60	1,27
Micorriza	8,34	52,10	434,51	37,40	397,11	0,09
Humus de lombriz	7,71	52,10	401,69	267,00	134,69	0,66
Testigo	5,23	52,10	272,48	9,40	263,08	0,03

Las mayores ganancias se obtuvieron al aplicar micorrizas, pues se incrementaron los rendimientos de materia seca y los gastos no fueron significativos. El empleo de fertilizantes minerales no fue efectivo, pues ocurrieron pérdidas de \$113.60 CUP, en este tratamiento fue mayor el costo por peso.

V. CONCLUSIONES

1. El mejor comportamiento morfofisiológico del CT-169 se obtuvo con la aplicación de micorriza 2 kg ha^{-1} .
2. Las aplicaciones de $4,0 \text{ t.ha}^{-1}$ de humus de lombriz, de $30,0 \text{ t.ha}^{-1}$ de estiércol vacuno ó micorriza 2 kg ha^{-1} , produjeron rendimientos similares a los alcanzados con el NPK y superior al testigo, por lo que se pueden sustituir totalmente las aplicaciones de fertilizantes químicos para la producción de king grass.
3. Los menores costos en la producción de forraje se alcanzaron con el uso de la micorriza.

VI. RECOMENDACIONES

- Emplear micorriza 2 kg ha^{-1} , así como el estiércol vacuno a una dosis de $30,0 \text{ t.ha}^{-1}$ o de $4,0 \text{ t.ha}^{-1}$ de humus de lombriz en condiciones similares a las que prevalecieron en el experimento.
- Continuar las evaluaciones, para precisar frecuencia y momento óptimo de aplicación de los abonos orgánicos, así como conocer la dinámica evolutiva del suelo, en cuanto a su estado físico, químico y biológico.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Ajwa, H.A. & Tabatabai, M.A. 1994. Decomposition of different organic materials in soil. *Biol. and Fert. of Soil.* 18:175
- Altieri, M. 1996. Bases agroecológicas para una agricultura sustentable. En: Agroecología y Agricultura sostenible. 1. CLADES-CEAS-ISCAH. La Habana. p. 122
- Álvarez, J.L. 2009. Evaluación del comportamiento agroprodutivo de tres clones del género (*Pennisetum purpureum*) en la granja “Veguitas” de la Empresa Cuenca Lechera en Las Tunas. Tesis de grado
- Angers, D.A. 1998. Water-stable aggregation of Quebec salty clay soils: some factors controlling its dynamics. *Soil and Till. Res.* 47:91
- Arévalo, E. 1986. Avalicao pelo campim coloniao (*Panicum maximum* Jacq.) do efeito de esterco e da ureia aplicados em uma areia quartzosa tratado com e sem Ca (OH)₂. Tese de mestrado. Escola Superior de Agricultura, Luis de Queiroz da Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, Brasil. p. 81
- Arias, E.; Martínez, F.; Morales, A. & García, C. 2008. Manual de procedimiento para abonos orgánicos. Biblioteca ACTAF. 1a ed. Cuba
- Arteaga, O.; Mojena, A. & Espinoza, W. 1985. Efectividad del estiércol vacuno y otras fuentes comerciales en la nutrición fosfórica de la bermuda cruzada 1. *Ciencia Técnica en la Agricultura. Pastos y forrajes.* 8 (2):65
- Arteaga, O. 1991. Enmiendas químicas y orgánicas para pastos y forrajes. p. 1
- Arzola, J.; Morgan, O.; González, P.J.; Rivera, R. & Plana, R. 2008. Resultados de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en los sistemas de fertilización para gramíneas forrajeras en la Empresa Pecuaria Genética “Niña Bonita”. [CD-ROM]. Memorias XVI Congreso Científico del INCA. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba
- Arzola, N.; Fundora, O. & Machado, J. 1981. Suelo, planta y abonado. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p. 315
- Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza.* 11:3

- Ayala, J.R. 1984. Algunos factores que influyen en el establecimiento del king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). Tesis en opción del grado de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Ayala, J.R. 1990. King grass: plantación, establecimientos y manejo en Cuba. p. 45
- Azcón, R. 2000. Papel de las micorrizas y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetativo y sostenibilidad agrícola. Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. Mundi Prensa. México
- Bago, B.; Azcón-Aguilar, C.; Shachar-Hill, Y. & Pfeffer, P.E. 2000. El micelio externo de la micorriza arbuscular como puente simbiótico entre la raíz y su entorno. En: Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. (Eds. A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato). IRENAT. Colegio de Postgraduados. Mundi Prensa. Montecillos, México. p. 78
- Balbín, M.I & Valdés, R. 2003. Metabolismo del nitrógeno en plantas. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Facultad de Agronomía, Departamento de Química. Cuba
- Barroso, L. 2004. Crecimiento, desarrollo y relaciones hídricas de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) en función del abastecimiento hídrico. Tesis de grado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 112 p.
- Behnke Jr, R.H.; Scoones, I. & Kerven, C. (eds). 2000. Range ecology at disequilibrium. Overseas Development Institute and others institutions. London, UK
- Benzing, A. 1998. Suelos pobres requieren materia orgánica. *LEISA*. 13:14
- Bernaza, G & Páez, O. 2005. Recopilación realizada sobre el humus de lombriz. [Disponible en:] <http://www.soil-fertility.com/WORMCASTING/INDEX.SHTML>
- Bernaza, G. & Acosta, M. 2006. Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible. [Disponible en:] http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp. [Consulta 02-03-2009]
- Bethlenfalvay, G.J.; Cantrell, I.C.; Mihara, K.L. & Schreiner, R.P. 1999. Relationships between soil aggregation and mycorrhizae as influenced by soil biota and nitrogen nutrition. *Biol. and Fert. of Soils*. 28 (4):356
- Blanco, F & Salas, E.(1997. Micorrizas en la agricultura. Contexto mundial e investigaciones realizadas en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 21 (1):55
- Borie, F.; Rubio, R.; Morales, A. & Castillo, C. 2000. Relación entre la densidad de hifas de hongos micorrizógenos arbusculares y producción de glomalina con las características

- físicas y químicas de suelos bajo cero labranza. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73:663
- Borlaug, N.E. & Dowsweil, C.R. 1994. Feeding a human population that increasingly crowds a fragile planet. 15 World Congress of Soil Sciences. Vol. 1. Inaugural and state of the art Conferences. Acapulco, México. p. 3
- Broersma, K.; Juma, N.Q. & Robertson, J.A. 2000. Plant residue and cropping systems effects on N dynamics in a gray luvisolic soil. *Can. J. of Soil Sci.* 80:227
- Cáceres, O. & González, E. 2000. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. *Pastos y Forrajes*. 23:87
- Cairo, P. 1997. Manejo de los suelos en una agricultura orgánica. III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Conferencias p. 20
- Calcio. 2009. Nutrientes secundarios esenciales para la planta. [Disponible en:] <http://www.agropecstar.com/portal/doctos/agronomia7.htm>. [Consulta: septiembre 2009]
- Calderón, Maida & González, P.J. 2008. Efectos de la fertilización orgánica y la aplicación de Hongos Micorrizógenos Arbusculares en pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo lixiviado. [CD-ROM]. XVII Congreso Científico del INCA. La Habana, Cuba
- Calderón, Maida & González, P.J. 2007. Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos tropicales*. 28 (3):33
- Cambardella, C. & Elliott, E. 1993. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland Soils. *Soil Science Society of America Journal*. 57 (4):1071
- Cameron, A. & Mullaly, J. 1969. Effect of nitrogen fertilization and limited irrigation on seed production of Molopo buffel grass. *Qld. J. Agri. Anim. Sci.* 26:41
- Castellanos, M. & Muñiz, O. 1984. Metodología de los microelementos. Reunión Nacional de Metodología de la Investigación Científica. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 1
- CEGUT. 2001. Biofertilizantes. Guía del profesor. Coordinación general de universidades tecnológicas (CGUT). Francisco Tetarca, No. 321. México. [Disponible en:] http://fenix.utim.edu.mx/man/general/biblioteca/agro2004/Manual_Biofertilizantes_M.pdf [Consulta: febrero 15 de 2010]
- Chicco, C.F. & French, M.H. 1960. Agronomía tropical. Maracay. 10:35

- Chimitdorzaievo, G.D. & Andrianovo, L.V. 1994. El humus móvil al aplicar fertilizantes orgánicos no tradicionales. CIDA
- Chouteau, M. 1971. Características agro-botánicas de la planta de tabaco. Seitta, Annales 13
- Clavero, T. 1998. Características de crecimiento radicular del pasto elefante enano (*P. purpureum* cv. Mott). *Pastos y Forrajes*. 21:63
- Collins, K. & Hawks, N. 1993. Fertilization. FN: Principles of flue-cured tobacco production. Raleigh, North Carolina.
- Compagnoni, L. & Putzolu, G. 1988. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Editorial De Vecchi. Barcelona, España. 127 p.
- Cooper. 1970. Los Pastos en Cuba. Tomo I. Producción. EDICA. La Habana, Cuba
- Cordoví, E. 1995. Estudio del comportamiento agronómico del pasto estrella y *Brachiaria purpurascens* en vertisuelo en la provincia Granma. Tesis de grado científico. ICA. La Habana, Cuba
- Corredor, Gloria A. 2008. Micorrizas arbusculares: Aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. [Disponible en:] <http://www.turipana.org.co/Micorrizas.html>. [Consulta: septiembre 2008]
- Costa, F.; García, C.; Hernández, M.T. & Polo, A. 1990. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. CSIC-CEBAS. Murcia, España. 168 p.
- Crespo, G. & González, S. 1986. Algunos factores que afectan el contenido de micro elementos en los pastos y recomendaciones de aplicación. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Pastos y Forrajes*. 9 (1):35
- Crespo, G. 1974. Response of six topical pastures to increasing levels of nitrogen fertilization. Proc. XII Int. Grassld. Congr. p. 93
- Crespo, G. 1990. Utilización de la materia orgánica en king grass. Plantación, establecimiento y manejo en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. EDICA. La Habana, Cuba. p. 171
- Crespo, G. & Arteaga, O. 1984. Utilización del estiércol vacuno para la producción de forraje. IDICT-ISCAH. La Habana, Cuba. p. 31
- Crespo, G. & Rodríguez, Idalmis. 2000. El reciclado de los nutrientes en el sistema suelo-planta-animal. Una contribución al conocimiento científico en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 72 p.

- Cruz, A. 2001. Efecto de la fertilidad del suelo y la calidad del alimento en la susceptibilidad al parasitismo animal. Trabajo de diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Universitario "Vladimir I. Lenin". Las Tunas, Cuba
- Cruz, Madelin; Vieito, E.; González, P. & Seguí, P. 2000. Evaluación del estiércol vacuno en la producción de semilla de dolichos (*Lablab purpureus*) y su efecto sobre las propiedades químicas del suelo. *Ecosistema Ganadero*. 1:24
- Curbelo, R.; Gandarilla, J.; Caballero, R. & Barroso, R. 1989. Corrección de la acidez y abonado de un suelo Ferralítico dedicado al cultivo del pasto estrella. Primer Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Programa y resúmenes. Cuba. p. 138
- Daher, R. 1993. Diversidade morfológica e isoenzimática en Capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Tesis de maestrado. UFV. Vicosá, Brasil
- Degens, B.P.; Sparling, G.P. & Abott, L.K. 1996. Increasing the length of hyphae in a sandy soil increases the amount of water-stable aggregates. *Applied Soil Ecol.* 3:149
- Díaz de Villegas, M.E.; Villa, P. & Frías, A. 2002. Evaluation of the siderophores production by *Pseudomonas aeruginosa* PSS. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 44:112
- Díaz, L. 1999. Principios de nutrición vegetal aplicados a la producción de tabaco (negro). Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones del Tabaco. La Habana. p. 188
- Díaz, L. & González, F. 1980. Influencia de la extracción y utilización de los elementos nutricios: nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo del tabaco. II. Variedad "Corajo". Resúmenes. 5 Seminario Científico del CENIC. La Habana, Cuba
- Dibut, A.B. 2000. Obtención de un bioestimulador del crecimiento y el rendimiento vegetal para el beneficio de la cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, Cuba
- Dibut, A.B. 2009. Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana, Cuba. 113 p.
- Díez, J.J. 2007. Comportamiento productivo y persistencia en pastoreo de tres especies del género *Brachiaria*, en suelo Pardo Grisáceo de Las Tunas. Tesis en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Universidad "Camilo Cienfuegos". Matanzas .Cuba
- Dinchev, D. 1972. Agroquímica. Editorial Revolucionarias. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba

- Dodd, J.C. & B.D. Thompson. 1994. The screening and selection of inoculant arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil*. 159:149
- Durán, J.L. 1996. Los suelos tropicales y su manejo ecológico. En: Agroecología y agricultura sostenible. 2. CLADES-CEAS-ISCAH. La Habana, Cuba. p. 64
- Duthil, J. 1967. Producción de forrajes. Mundi-Prensa. Madrid, España
- INCA. Ecomic[®], biofertilizante de amplio espectro para la producción agrícola. INCA. <http://www.inca.edu.cu/productos/pdf/ecomic.pdf>. [Consulta: septiembre de 2009]
- Elliot, J.M. 1981. A survey of flue-cured tobacco grown in Ontario in 1981. *Lighter (Briguet)* 51 (2):4
- Espinosa, F.; Argento, P.; León, J.C. & Perdomo, E. 2001. Evaluación del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Zootecnia Tropical*. 19:59
- Ezawa, T.; Saito, M. & Yoshida, T. 1995. Comparison of phosphatase localization in the extraradical hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus* spp. *Gigaspora* spp. *Plant and Soil*. 176: 57
- Fauci, M.F. & Dick, R.P. 1994. Soil microbial dynamics: short and long term effects of inorganic and organic nitrogen. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 58:801
- Fenter, W.E. & León, C.A. 1978. Utilization of phosphate rock in tropical soils in Latin America. Paper presented at phosphate rock seminar technion israd. Institute of Technology. Haifa. Israel
- Fernández, F. 1999. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares en la producción de posturas de cafeto. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, Cuba
- Fernández, F. 2003. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso el Caribe. (Eds. R. Rivera y K. Fernández). MINREX. La Habana, Cuba. p 166
- Fernández, F.; Cañizares, E. & Orozco, M.O. 1990. Influencia de la fertilización fosfórica y la aplicación de enmiendas calcáreas y orgánicas sobre dinámica de esporas y producción de micelio externo vesículo arbuscular en un cafetal joven. Memorias VII Seminario Científico del INCA. *Cultivos Tropicales*. 1:185
- Ferrero, R. & Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia ErgoSun*. 8 (2):175

- Fisher, J.B. & Jayachandran, K. 2005. Presence of arbuscular mycorrhizal fungi in South Florida native plants. *Mycorrhiza*. 15:580
- Fundora, L.R.; González, J.; Ruiz, L.A. & Cabrera, J.A. 2009. Incrementos en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada del fitoestimulante Fitomas-e y el biofertilizante Ecomic® en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*. 30 (3):14
- Funes, F. 1977. Introducción y evaluación inicial de gramíneas en Cuba. Tesis Cand. Dr. Cienc. ISCAH. La Habana
- Funes, F.; Yáñez, S. & Zambrana, T. 1998. Semillas de pastos y forrajes tropicales. Métodos prácticos para su producción sostenible. p. 138
- George, E. 2000. Nutrient uptake. In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and function. (Eds. Y. Kapulnik and D. D. Douds). Kluwer Academic Publishers. Netherlands
- Gliessman S.R. 2001. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica
- Gliessman, S.R.; Rosado-May, F.J.; Guadarrama-Zugasti, C.; Jedlicka J.; Cohn A.; Méndez, V.E.; Cohen, R.; Trujillo, L.; Bacon C. & Jaffe, R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas* <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp>. [Consulta: octubre 5 de 2009]
- Gold, K. 1968. Grass systematics. Mc. Graw-Hill Book Company. p. 13
- Gómez, L. & Carnet, R. 1971. Memoria. EEPF "Indio Hatuey". p. 24
- González, D.A.; Viana, J.A.C. & Moreira, H.A. 1977. Productividade de dois cultivares de *Pennisetum purpureum* Schum, submetidos a dois níveis de fertilidade em diferentes estações do ano. *Arquivos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais*. 2:153
- González, S.A., Eguiarte, U.J.A. & Galina, M.A. 1996. Aplicación y efecto residual del estiércol en la producción y calidad del buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Texas-4464) en el trópico seco gramíneas basados en datos obtenidos por el Dpto. Agrícola. *Serie Téc. Científica A-6*. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Grof, B. 1969. Effect of sulfuric acid on the germination capacity of *Brachiaria decumbens*. Tech. Rep. Univ. Qld. Australia

- Gutiérrez-Baeza, O.A. 2002. Producción de biofertilizantes a partir de rizobacterias aisladas de plantas agroforestales. [CD-ROM]. Congreso Científico del INCA. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba
- Hagedorn, F.; Steiner, K.G.; Sehayange, L. & Zech, W. 1997. Effects on rainfall patterns on nitrogen mineralization and leaching in a green manure experiment in South Rwanda. *Plant and Soil*. 195:365
- Harley, J.L. & Smith, S.E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. New York, USA. 483 p.
- Hernández, A.; Heydrich, M.; Velásquez, M. & Hernández, N. 2006. Perspectivas del empleo de rizobacterias agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 24:42
- Hernández, A. & Clavel, N. 1983. Características morfológicas y clasificación de los suelos de las microestaciones de pastos y forrajes. Reporte de investigación No. 4. Instituto de Suelos. Academia de Ciencias de Cuba
- Hernández, A. 2002. Obtención de un biopreparado a partir de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. INCA. La Habana, Cuba
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosh, D. & Rivero, L. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. AGRINFOR. La Habana, Cuba. 64 p.
- Hernández, Consuelo; Arteaga, O. & Muñoz, P. 1989. Efecto de la aplicación del estiércol vacuno sobre un suelo Pardo Grisáceo. *Cienc. y Técn. en la Agric. Suelos y Agroquímica*. 12:13
- Hernández, D. 1995. Manejo del *Panicum maximum* cv. Likoni para la producción de leche. Efecto de la oferta de materia seca. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. p. 14
- Hernández, I. 2000. Utilización de las leguminosas arbóreas *L. leucocephala*, *A. lebbeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. ICA. La Habana. 138 p.
- Hernández, María I. & Chialloux, Marisa. 2001. La nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), *Temas de Ciencias y tecnologías*. 5 (13):11

- Hernández-Lauzardo A.; Bautista, S.; Velásquez, M. & Hernández, A. (2007). Uso de microorganismos antagonistas en el control de enfermedades post cosecha en frutos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25: 66-74
- Herrera, J. & Suárez, J.J. 1979. Riego. En: Los pastos en Cuba. Producción. Habana, Cuba. 1:289
- Herrera, J.P. 2001. Régimen de riego de algunas gramíneas forrajeras en la región occidental de Cuba. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 50:323
- Herrera, R.A. 1994. Ecología de las micorrizas en ecosistemas tropicales. XVII Reunión Latinoamericana de Rhizobiología (RELAR). Ciudad de La Habana, Cuba. p. 38
- Herrera, R.S. & Ramos, N. 1990. Evaluación agronómica del king grass. En: King grass. Plantación, establecimiento y manejo en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. EDICA. La Habana, Cuba. 111 p.
- Herrera, R.S. 1983. La calidad de los pastos. En: Los Pastos en Cuba. Tomo 2 (Ed. J. Ugarte y col.). Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 59
- Herrera, R.S. 1990. Introducción y características. En: King grass. Plantación, establecimiento y manejo en Cuba. EDICA. La Habana, Cuba. p. 1
- Herrick, J.E. & Lal, R. 1995. Soil physical properties changes during dung decomposition in a tropical pasture. *Soil Sci Soc. of Am J.* 59:908
- ICA. 1998. Software Estadística. Versión 2.0
- INCA. 1998. Dossier del producto *EcoMic®*. Resultados de la campaña de validación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 45 p.
- INCA. 1999. Efecto de las aplicaciones del biofertilizante *EcoMic* (HMA) en cultivos de interés económico, durante el periodo 1990-1998. Informe de investigaciones. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 45 p.
- INCA. 2002. Biofertilizante *EcoMic®*. Una alternativa ecológica para sus cultivos. Plegable. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba
- INCA. 2007. *EcoMic®*, biofertilizante de amplio espectro para la producción agrícola. <http://www.inca.edu.cu/productos/pdf/ecomic.pdf>. [Consulta: febrero 13 de 2009]
- Instituto de Suelos. 2001. Programa Nacional de Mejoramiento y conservación de suelos. Principales factores
- Jackson, M.L. 1970. Análisis químico de suelos. University of Wisconsin. USA. p. 282

- Jettries, P. & Borea, J.M. 2001. Arbuscular mycorrhiza-a key component of sustainable plant-soils ecosystems. En: Hock (ed) *The Mycota IX. Fungal Associations*. Springer-Verlag. Berlín. p. 95
- Katyal, J. 1984. Micronutrientes. FAO fert. *Plant Nut. Bull.* 7:77
- Lalande, R.; Gagnon, B. & Simmard, R.R. 1998. Microbial biomass and alkaline phosphatase activity in two composted amended soils. *Can. J. of Soil Sci.* 78:581
- Lamela, L.; Simón, L.; Suárez, J. & Pérez, A. 2002. La gestión de la innovación y de la transferencia de tecnologías en la EEPF "Indio Hatuey". Estudios de caso. *Pastos y Forrajes*. 25:31
- Layten, D.A. 1999. Tobacco production, chemistry and technology. Edition Coresta. p 76
- Lombriastur. 2008. Lombricultura. <http://www.asturhumus.net/>
- Lombricompuesto. 2009. <http://www.alecoconsult.com/index.php?id=humus-de-lombriz>
- Lozada, A. 2009. Influencia del empleo de micorrizas en tres cultivares de *Panicum maximum* Jacq. la zona central de Las Tunas. Tesis en opción al grado científico de Master en Ciencias
- Machado, R. & Seguí, Esperanza. 1997. Introducción, mejoramiento y selección de cultivares comerciales de pastos y forrajes. *Pastos y Forrajes*. 20:1
- Machado, R.; Dudar, Y.A. & Roche, R. 1976. Morfogénesis (Microfenología) de los pastos tropicales en Cuba. Series Técnico Científicas A-14. EEPF "Indio Hatuey". p. 2
- Magdoff, F. & van Es, H. 2000. Building soils for better crops. SARE. Washington DC.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. London
- Martínez, O. 1998. Banco de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical. Mejora de la ganadería mestiza de doble propósito. Ed. Asro. Pata. SoA. Maracaibo, Venezuela. p. 250
- Martínez, R.O. 1999. Como guardar alimentos para la seca con la hierba elefante CT-115. Manual Agro-Red para la ganadería. 2:14. p. 66
- Martínez-Viera, R.; Dibut, A.B.; Arozarena, N.; Tejeda, Grisel; González, Rosalía C.; García, Rosa; Ríos, Yoania; Díaz Suárez, Gabriela; González, Aida C.; Rodríguez, Janet; Ortega, Marisel; Simanca, Ma. Elena. 2004. Los biofertilizantes como pilares de la agricultura sostenible. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". La Habana, Cuba

- Mata, R. 2006. El suelo es el primer factor para la sostenibilidad de los agroecosistemas. *Revista Aportes*. (132):13
- Medina, L. & Cordero, E. 1991. Influencia de la variedad y el momento de recolección en el comportamiento de algunos constituyentes orgánicos y inorgánicos. *Centro agrícola* 18 (2) mayo agosto.
- Menguel, K. (1981). Factor of nutrient availability and their relevance for crop production. *La Potasa* sec. 4
- Mesa, A.R. 1983. Niveles críticos de P en cvs. de *Panicum maximum* Jacq. *Pastos y Forrajes*. 6:221
- Miller, R.M. & Jastrow, D.J. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. Chapter I. In: *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*. (Eds. Y. Kapulnik y D.D. Douds. Jr.). Kluwer Academic Publisher. Netherlands
- Mirabal, A. 1990. Fertilización de origen biológico. CIDA. La Habana. p. 39
- Mondini, C.; Chiumenti, R.; da Borso, F; Leita, L. & De Nobili, M. 1996. Changes during processing in the organic matter of composted and air-dried poultry manure. *Bioresources and Techn.* 55:243
- Munévar, F. 1998. Revisión sobre conceptos básicos sobre el suelo. En: *Curso de actualización de conocimientos sobre suelos con aplicación en el cultivo de la palma aceitera. Módulo 2. Principales características químicas del suelo*. CENIPALMA. p. 4. Bogotá, Colombia
- Murulanda, A.; Azcón, R. & Ruíz-Lozano, J.M. 2003. Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. *Physiologia plantarum*. 119:523
- Narváez, F. 2007. Humus de lombriz. <http://lombricultivos.8k.com/humus.html>
- Nieves, K. 2004. Evaluación del comportamiento agroproductivo y composición química de cuatro géneros de gramíneas promisorias para la producción ganadera bajo las condiciones edafoclimáticas de Las Tunas. Tesis de maestría. Universidad de Granma.
- Noda, Yolai. 2009. Las micorrizas: una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*. 32:105
- Nova González, A. 2003. El mercado y los precios de los productos orgánicos. *Agricultura Orgánica*. 8 (3):26

- Novo, S.R. 2002. Curso Internacional de microbiología del suelo, los biofertilizantes y la biofertilización. ASOINCO Asociación de Ingenieros Agrónomos Colombianos residentes en el Ecuador. Quito
- Oniani, O.G. 1964. Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de los suelos Krasnozen y Podsólicos en Georgia. *Agrojima*. 6:25
- Oquendo, G. 2002. Fomentos y explotación de pastos y forrajes. p. 34
- Pacheco, O.P.; Pérez, D.G. & Ávila, A. 1985. Fertilización fosfórica en diferentes especies de pastos en un suelo Fersialítico de Camagüey
- Palm, C.A. & Sánchez, P.A. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol and Biodiem*. 23:83
- Paretas, J.J & González, A. 1990. Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Ministerio de la Agricultura, Universidad de La Habana. 177 p.
- Paretas, J.J. 1976. Uso del N en pastos tropicales. Tesis de Candidatura. Universidad de La Habana. Cuba
- Paretas, J.J.; Aspiolea, J.L.; Ávila, A.; Crespo, G.; González, S.; López, Mirta & Hernández, Marta. 1983. Fertilización de pastos y forrajes. I. Reunión Nacional de Agroquímica
- Paretas, J.J.; Aspiolea, J.L.; Ávila, A.; Crespo, G.; González, S.; López, Mirta & Hernández, Marta. 1983. Fertilización de pastos y forrajes. I. Reunión Nacional de Agroquímica
- Paretas, J.J.; Senra, A. & López, Mirtha. 1975. Recomendaciones prácticas sobre varias gramíneas basados en datos obtenidos por el Dpto. Agrícola. *Serie Téc. Científica A-6*. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Pérez, J.; García, G. & Esparza F. 2002. Papel ecológico de la flora rizosférica en fitorremediación. *Avances y Perspectivas*. 21:297
- Pérez, A. & Roídos, J. 1994. Nitrogen biofertilizer for developing countries. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 56 Commission IV: Poster. Sessions. Acapulco, México. p. 335
- Pérez, F. 1990. Efectividad de la aplicación de fertilizantes minerales en tabaco en dependencia del grado de cultivación y la humedad del suelo. *Cultivos Agroindustriales*, V. 1, No.3. 1990.
- Pérez, N. 2004. Control biológico de patógenos vegetales. Manejo ecológico de plagas. CEDAR. p 231

- Pérez-Infante, F. 1977. Posibilidades de los pastos en los trópicos. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 11:119
- Piñuela, J. 2004. El humus de lombriz". <http://www.freesevers.com/>
- Plenchette, C.; Fraser, T. & Hamel, C. 2007. Mycorrhizal soil infectivity: a new approach for its determination. Proceeding of the Annual Meeting of the Canadian Society of Agronomy, Plant Canada, Saskatoon, SK. p. 164
- Portieles. M.; Arteaga, O y Mojena. A. (1985). Estudio de la fertilización química y orgánica en la pangola. *Cienc. y Téc. En la Agric. Suelos y Agroq.* 8:23
- Potasio. 2009. Nutrientes esenciales para la planta. <http://www.agropecstar.com/portal/doctos/agronomia6.htm>
- Primavesi, Ana. 1990. Manejo ecológico do solo a agricultura em regioes tropicals. 9na. ed. Nobel. Sao Paulo, Brasil
- Raismam, J.S & González, Ana. 2009. ¿Cuáles son los principales géneros de hongos micorrizícos. <http://www.biologia.edu.ar/fungi/fungiclas.htm>
- Ramírez, J.L.; Leonard, I. & Kijora, Claudia. 2003. Efecto de la época y la edad en algunos componentes químicos del pasto king grass
- Ramos, N. 1983. Contribución al estudio de especies y variedades del género *Cynodon* para la producción de forraje. Tesis Candidato a Doctor en Ciencias. Cuba
- Ramos, N.; Herrera, R.S. & Curbelo, R. 1980. Resumen de la II Reunión ACPA
- Reid, C.P. 1997. Function of Mycorrhizas in soil. In: Root physiology and symbiosis. (Eds. Reidacker and J. Gagnaire-Michard). 6:392
- Restrepo, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de agricultores en Centroamérica y Brasil. p. 49
- Rivas, G.G. 1997. Micorrizas: manejo integrado de plagas. *Hoja Técnica.* 20:1
- Rivera, R. 2000. Disponibilidad de nutrientes y fertilización en los sistemas agrícolas micorrizados: resultados en la producción de posturas de cafeto y de raíces y tubérculos. XII Seminario Científico. Programa y Resúmenes. INCA. Habana, Cuba. p. 102
- Rivera, R.; García, D. & Fernández, K. 2002. Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* y hongos MVA sobre el rendimiento y la nutrición nitrogenada del arroz. XI Seminario Científico y IV Taller de Biofertilización en los Trópicos. Programa y Resúmenes. INCA. Habana, Cuba. 93 p.

- Rivera, R. 2003. Avances en el manejo efectivo de la simbiosis micorrizica en los agrosistemas. Sistemas Agrícolas Micorrizados Eficientemente. Conferencia impartida en la Universidad de Matanzas a especialistas de Ciencias del Suelo de la provincia
- Rivera, R.; Fernández, F.; Hernández, A.; Martín, J. & Fernández, K. 2003. El manejo efectivo de la simbiosis micorrizica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. Ediciones INCA. 166 p.
- Rivero, C. 1999. Materia orgánica del suelo. *Alcance*. 57:1
- Robinson, G.W. 1967. Soil: Their origin, constitution and classification and introduction to pedology. Ed. Omega. Barcelona, España
- Rodríguez, P.; Eguiarte, V.; Rodríguez, R. & Hernández, V. 1988. Crecimiento de becerros en praderas de con suplementación. Memorias del X Aniversario del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco. p. 81
- Rodríguez, Idalmis; Crespo, G.; Torres, Verena & Fraga, S. 1997. Estudio de la velocidad de descomposición de las bostas vacunas en un pastizal de *Cynodon nlemfuensis*. Estación de lluvia. *Rev. cub. Cienc. agric.* 31:186
- Rosiah, V. & Kay, B.D. 1994. Quantifying the changes in clay stabilization after the introduction of forages. *Soil Sci.* 157:318
- Roy, R.N. 1991. Integrated plant nutrition systems and sustainable development of soil productivity. FAO. Roma, Italy
- Ruiz, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en raíces y tubérculos en suelos Pardos y Ferralíticos Rojos de la Región Central de Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, Cuba
- Ruiz, T.E. & Febles, G. 2004. La desertificación y la sequía en el mundo. AIA. 8(2): 3. <http://sementesboigordo.com.br/produtos.php?id=5>. [Consulta: 15/10/07]
- Sánchez, C. 2001. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares y abonos verdes en la producción de posturas de cafeto en algunos tipos de suelos. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, Cuba. 105 h.
- Sánchez, P.A. & Salinas, J.G. 1991. Low input technology for managing oxisols and ultisols in tropical América. *Advances in Agronomy*. 34:279
- Sánchez, P.A. & Salinas, J.G. 1983. Suelos ácidos. Estrategia para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 93 p.

- Senra, A. 1996. Reducción del número de potreros en vacas lecheras aplicando los principios básicos de manejos y eficiencias del pastizal. Ponencia XI Forum Ciencia y Técnica. San José de las Lajas, La Habana
- Sieverding, E. 1991. Vesicular arbuscular mycorrhiza in tropical agrosystem. Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, Federal Republic of Germany. 371 p.
- Socorro, C.; Alejandro, R. & Parets Selva, E. 2004. Manejo agroecológico de suelos y nutrición vegetal. En: Modelo alternativo para la racionalidad agrícola. (Eds. A.R. Socorro) St-Arnaud, M. & Vujanovic, V. 2007. Effects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis on plant diseases and pests. In: Mycorrhizae in crop production. (Eds. D. Khasa, Y. Piché and A. Coughlan). Haworth Press. Binghamton, N.Y. p. 67
- Steiner, K.G. 1996. Causes of soil degradation and development approaches to sustainable soil management GTZ, Weikersheim, Germany the humid tropics Orino Delta, Venezuela. 2. Fertilizer with introduced forage grasses. *Bulletin IRI Research Institute*. 43:1
- Tonatto, J.; Romero, E.R.; Leggio, M.F.; Sotomayor, L. & Alonso, L. 2004. LCP-4. Influencia de la época de plantación en el crecimiento, desarrollo y productividad de caña. EEAOC: *Avance agroindustrial*. p. 18
- Trettin, C.C.; Davidian, C.; Jurgensen, M.F. & Lea, R. 1996. Organic matter decomposition following harvesting and site preparation for a forested wetland. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 60
- Tso, T.C. 1990. Production, physiology, and biochemistry of tobacco development and education in agricultural and life sciences. Institute of International Development and Education in Agricultural and Life Sciences. New York, USA. 753 p.
- Turruella, E.; Carrión, M. & Ramírez, F. 2002. Manual de abonos orgánico para la Agricultura Urbana en Cuba.
- Vázquez, E.B. & Torres, S.E. 1982. Fotosíntesis. Fisiología. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. p. 81
- Velázquez, E.R.; Larez, O.R. & Bryan, W.B. 1975. Pasture and livestock investigations in the humid tropics Orino Delta, Venezuela. 2. Fertilizer with introduced forage grasses. *Bulletin IRI Research Institute*. 43:1
- Vélez, S.; Arroyo, A. & Rodríguez, A. 1985. Response of stargrass to fertilizer and solid cattle manure in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 69 (3):323
- Voisin, A. 1974. Dinámica de los pastos. Tecnos. Madrid, España. p. 456

- Warman, P.R. & Cooper, J.M. 2000. Fertilization of a mixed forage crop with fresh and composted chicken manure and NPK fertilizer: Effects on soil and tissue Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn. *Can. J. of Soil Sci.* 80:345
- Wei, L.C., Loeppert, R.H. & Ocumpaugh, W.R. 1997. Fe-deficiency stress response in Fe-deficiency resistant and susceptible subterranean clover: Importance of induced H⁺ release. *J. Exp. Botany.* 48:239
- Wen, C. 1975. Studies on the relationship of mineral nutrition and quality of leaf tobacco. I. Influences of K, Ca and Mg on the absorption and metabolism of phosphorus. Taiwan Tob. Wine Monop. *Bur. Tob. Res. Inst. Bull.* 3:29
- Wen, G.; Bates, T.E.; Voroney, R.P.; Winter, J.P. & Schellembert, M.P. 1997a. Comparison of phosphorus availability with application of sewage sludge, sludge compost and manure compost. *Soil Sci. and Plant Anal.* 28:1481
- Wen, G.; Winter, J.P.; Voroney, R.P. & Bates, T.E. 1997b. Potassium availability with application of sewage sludge and manure compost in field experiments. *Nutrient Cycling in Agroec.* 97:233
- Whitmore, A.P. & Groot, J.J.R. 1997. The decomposition of sugar beet residues: mineralization versus Immobilization In contrasting soil types. *Plant and Soil.* 95:237
- Whyte, R.O. 1974. Las gramíneas en la agricultura MINED. La Habana, Cuba
- Yagodin, B.A. 1986. Sustancia orgánica del suelo. En: Agroquímica I. Editorial Mir. Moscú. p. 416
- Yepes, S. 1975. Comportamiento del pasto en invierno sin riego ni fertilización. Serie Técnico Científicas A-9. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Younge, O.R. & Pluncknett, D.L. 1965. Beef production with heavy phosphorus fertilization infertile wet lands of Hawaii. Proc. 9th Intern. Grassld. Congr. Sao Paulo, Brasil

ANEXOS

Anexo 1. Precipitaciones de los últimos 10 años.

Mes/año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Enero	28,0	21,0	0,0	22,0	0,0	0,0	5,0	48,0	0,0	22,9
Febrero	60,0	0,0	20,0	34,0	0,0	0,0	15,0	96,0	0,0	61,5
Marzo	11,0	39,0	92,0	59,0	0,0	18,0	16,0	52,0	51,0	1,0
Abril	25,0	51,5	0,0	135,0	0,0	81,0	111,0	58,0	48,0	5,1
Mayo	123,8	178,5	128,0	27,0	124,0	108,0	170,0	300,0	73,0	108,0
Junio	121,5	172,0	48,0	231,0	293,0	212,0	292,0	172,0	132,5	234,4
Julio	115,8	166,0	0,0	84,0	278,0	154,0	125,0	252,5	67,0	52,2
Agosto	226,4	157,0	0,0	85,0	58,0	72,0	182,0	190,0	135,0	130,7
Septiembre	342,2	261,4	264,5	111,0	98,0	336,0	20,0	261,0	179,0	88,5
Octubre	72,8	172,5	60,0	206,0	46,0	165,0	233,0	271,0	51,5	144,7
Noviembre	0,7	0,0	72,0	18,0	0,0	0,0	131,0	9,0	150,0	110,7
Diciembre	148,0	0,0	0,0	56,0	20,0	0,0	32,0	10,0	17,0	1,0
Total	1275,2	1218,9	664,5	1068,0	917,0	1146,0	1332,0	1719,5	904,0	960,7

Anexo 2. Temperatura.

Año	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura media
2004	30,5	21,3	25,9
2005	29,3	21,9	25,8
2006	30,0	22,2	25,8
2007	29,8	22,0	26,0
2008	30,0	22,0	25,6
2009	29,6	21,7	25,5