

**CENTRO UNIVERSITARIO DE SANCTI SPÍRITUS**  
**“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”**  
**DEPARTAMENTO AGROPECUARIO**

**Trabajo de Diploma**

*Título: Influencia de diferentes tipos de fertilización en los rendimientos y calidad de la semilla de **Sorghum bicolor** (L) Moench.*

Autor: *Denis Díaz Peláez*

Tutores: MSc. *José A. Nápoles Gómez*  
MSc. *Nelson a. León Orellana*

2006-2007

“Año 49 de la Revolución”

**Resumen**

El trabajo se realizó en el período Marzo-Julio 2003, sobre un suelo pardo con Carbonato de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus. Se evaluó el efecto de diferentes variantes de fertilización en la producción de semilla en sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) variedad ISIAP Dorado. Los tratamientos fueron: testigo (sin tratar), testigo de referencia (140, 60, 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), 25% fertilización mineral más humus (4 T.ha<sup>-1</sup>), 25% fertilización mineral más cachafé (4 T.ha<sup>-1</sup>), 25% fertilización mineral más micorrizas (2 T.ha<sup>-1</sup>), humus de lombriz (4. T.ha<sup>-1</sup>), cachafé (4. T.ha<sup>-1</sup>) y micorriza (2. T.ha<sup>-1</sup>). Sobre un diseño experimental de parcela dividida. La fertilización mineral se realizó para el caso del Nitrógeno fraccionada la dosis 1/3 en la siembra y el resto en la labores de cultivo. La biológica y la orgánica se aplicaron en el momento de la siembra en el fondo del surco. al evaluar la respuesta de la planta ante las distintas variantes de fertilización a los 95 días, el mayor número de plantas por metro lineal se obtuvo en la que se aplicó 25% de fertilización mineral + cachafe y la que se usó minoriza supera en 12 plantas por zona de muestreo. El peso de 100 semillas fue superior en las plantas tratadas con humos de lombriz y su interacción con la fertilización mineral. Los mayores rendimientos se obtuvieron

con las fuentes orgánicas y biológicas superiores a 3,7 t.ha<sup>-1</sup>, además los indicadores económicos confirmaron la factibilidad y posibilidades de las variantes estudiadas.

## **ÍNDICE**

1.	<i>Introducción</i> -----	<b>1</b>
2.	<i>Revisión bibliográfica</i> -----	<b>6</b>
2.1	<i>Origen histórico del sorghum</i> -----	<b>6</b>
2.1.1	<i>Adaptación</i> -----	<b>7</b>
2.1.2	<i>Grupo de sorghum graníferos</i> -----	<b>8</b>
2.1.3	<i>Características generales del sorghum bicolor (L) Moench</i> ----	<b>9</b>
2.1.4	<i>Necesidades nutricionales de sorghum</i> -----	<b>11</b>
2.1.5	<i>Abonos orgánicos, biofertilizantes y órganominerales utilizados para la producción de semilla del sorghum</i> -----	<b>13</b>
2.1.6	<i>Necesidad de utilizar el sorghum en la alimentación animal y humana en la actualidad</i> -----	<b>21</b>
2.1.7	<i>Producción y comercialización del sorghum en América Latina y el Caribe durante el último quinquenio</i> -----	<b>24</b>
3.	<i>Materiales y métodos</i> -----	<b>27</b>
4.	<i>Resultado y discusión</i> -----	<b>32</b>
5.	<i>Conclusiones</i> -----	<b>53</b>
6.	<i>Recomendaciones</i> -----	<b>54</b>
7.	<i>Referencias bibliográficas</i> -----	<b>55</b>

## *Anexos*

## **1. INTRODUCCION**

El sorgo o zahína (*Sorghum vulgare* o *Sorghum bicolor*) es una hierba (Familia *Poaceae*), cuyas semillas se utilizan para hacer harina y como forraje; también se conoce con otros nombres como: mijo grande y maíz de Guinea en África Occidental, kafir en África Austral, duro en el Sudán, Mtama en África Oriental, lowar en la India y kaoliang en China. Es un

cultivo alimenticio importante en África, América Central, y Asia Meridional, siendo la quinta cosecha de cereal en el mundo, en cuanto a su producción (470.000 km<sup>2</sup> cosechado en 1996), y su mayor productor son los Estados Unidos.

El género *Sorghum* se caracteriza por espiguillas que nacen a pares. El sorgo se trata como planta anual, aunque es hierba perenne, y en los trópicos puede cosecharse varias veces al año. Tiene su origen en África del Este y primero divergió de las variedades salvajes en Etiopía hace 5000 años. Se adapta bien al crecimiento en áreas áridas o semiáridas cálidas. Las muchas subespecies se dividen en cuatro grupos sorgos del grano, sorgos de la hierba (para el pasto y el heno), sorgos dulces (jarabes del sorgo), y maíz tipo escoba (para las escobas y los cepillos).

Hoy en Cuba tenemos problemas de salinidad en un millón de hectáreas, erosión de media a fuerte y compactación elevada de los suelos, así como aumentos de suelos no fértiles y desarborización (Monzote, 2000). El cereal *Sorghum bicolor* (L). Moench puede ser una opción favorable para nuestra agricultura al conocerse que es capaz de soportar las condiciones de sequía gracias a su sistema radical muy desarrollado y fibroso, puede explorar aproximadamente el doble del volumen que el maíz y llegar hasta los 0,75 m de profundidad, además ha mostrado buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de Cuba.

El grupo nacional de producción de sorgo ha tenido muy en cuenta estas ventajas para la optimización del uso de los suelos desde el punto de vista agrícola, sobre todo al utilizar métodos sostenibles de producción e incrementar los niveles de explotación de la tierra, en lo fundamental para aquellas áreas con falta de agua para regadío y considerando la severa sequía que azota al país en los últimos años.

A partir de un diagnóstico realizado nacionalmente a productores, científicos y directivos acerca de los factores que habían incidido en la disminución de la producción de este cereal en el país, se identificaron varias limitantes entre las cuales las variedades, la aguda carencia de semilla certificada y la falta de disponibilidad de insumos destinados al cultivo fueron las principales.

En nuestro país las áreas sembradas de sorgo se han ido incrementando a partir del año 2001 hasta alcanzar la cifra de 850 828 ha en el 2004 (Canet *et al.*, 2005) con rendimientos que oscilan entre 1.1 y 2.0 t.ha<sup>-1</sup>. Se han utilizado cinco variedades locales de las 162 accesiones con que cuenta el Banco de Germoplasma Nacional, lo cual resulta insuficiente para la regionalización y establecimiento de variedades con mejor adaptación de cada localidad.

La producción de semillas del cultivo del sorgo en Cuba se ha abordado por parte de un número reducido de instituciones científicas, disponiéndose de un grupo de variedades con excelentes propiedades de calidad y rendimiento del grano para el país, a pesar de esto aún no se dispone de una política varietal rigurosa para el empleo de este cultivo.

Los antecedentes que existen en nuestro país de fertilización del cultivo se limitan a los reportados por el Instituto de Investigaciones en Pastos y Forrajes, el Instituto de Investigaciones del Arroz, el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical y el Instituto de Investigaciones Hortícola *Liliana Dimitrova* los cuales coinciden en la aplicación de 140-150 kg.ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno, 60 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sin existir preferencias de portadores, aunque según Chaviano (2005) el cereal tiene buena respuesta a la fertilización orgánica.

A finales de la década del 60 en el pasado siglo surgió la denominada “Revolución Verde” lo que originó un impacto de gran magnitud en la agricultura a nivel del planeta. En el país se liberaron variedades de cereales (arroz, maíz, sorgo) cuyo atributo fundamental estaba dado por un alto potencial de rendimiento, sobre la base del empleo de dosis de Nitrógeno muy por encima de las entonces utilizadas en variedades tradicionales; este fenómeno convergió con tiempos en que la mayor parte de los suelos dedicados a estos cereales disponían de buena fertilidad, lo que permitió un incremento de los rendimientos.

Como parte de la estrategia de trabajo del Grupo Nacional de Popularización del Sorgo en la provincia Sancti Spíritus el Complejo Agropecuario e Industrial (CAI) “Sur del Jíbaro” es el encargado de producir el mayor volumen de semilla de este cereal en rotación con el cultivo del arroz ya que se dispone en el mismo de toda una infraestructura agrícola que permite la siembra, establecimiento y cosecha del grano. A partir de los monitoreos efectuados en sus áreas se ha observado un descenso en el contenido de materia orgánica, desde 4.13% a

finales de los años 60, hasta 2.08% a mediados de los 90, y un decrecimiento en el grosor de la capa arable, desde 0.28-0.32 m, hasta valores de 0.10-0.12 m durante el mismo lapso de tiempo. La necesidad de utilizar estos suelos de escasa fertilidad, sin su debida restauración, obliga necesariamente a un correcto manejo agronómico en la nutrición, que conduzca a una precisión en las vías, fuentes, dosis y momento de aplicación de fertilizantes que permitan su aprovechamiento máximo.

Conociendo la importancia que esto reviste en nuestro centro se llevan a cabo un grupo de proyectos de investigación, pertenecientes al Programa de Producción Agropecuaria Sostenible del CITMA en Sancti Spíritus y al Programa Nacional de Producción de Semillas del MINAGRI, a los cuales esta vinculada la presente investigación.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado se determinó el siguiente:

### Ø **PROBLEMA CIENTÍFICO**

¿Cómo influye el manejo de la nutrición en los rendimientos de semilla de *Sorghum bicolor* (L) Moench variedad ISIAP Dorado sobre suelos erosionados, teniendo en cuenta los principales indicadores económicos?

Estos problemas tributan resultados al objeto de estudio de estas investigaciones, el cual está dado por: el rendimiento de semilla de sorgo en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus, cuyo campo de acción se concreta en la eficiencia de la utilización de los abonos orgánicos, biofertilizantes y órganominerales sobre los rendimientos agrícolas, cuestión esta que resulta novedosa ya que responde a un manejo agroecológico de la nutrición para lograr altas producciones a más bajo costo.

### Ø **HIPÓTESIS**

La utilización de abonos orgánicos y biofertilizante, solos o combinados con fertilizantes inorgánicos, garantiza el aumento de los rendimientos y calidad de la semilla, sin deteriorar los principales indicadores económicos.

Para la realización de esta investigación se tomaron como base los informes brindados por el Grupo Agroindustrial Pecuário Arrocerero (GAIPA) sobre el descenso en el contenido de materia orgánica y la fertilidad de los suelos en general, así como la disminución de los rendimientos, los que se encuentran muy por debajo de las potencialidades genéticas de las

variedades de arroz de porte bajo que actualmente se cultivan tanto en el sector popular como especializado del CAI “Sur de Jíbaro”.

Todo lo anterior sirvió de base para enunciar los siguientes objetivos:

### Ø **GENERAL**

Evaluar diferentes alternativas de nutrición para la producción de semillas de *Sorghum bicolor* (L). Moench, variedad ISIAP Dorado.

### Ø **ESPECÍFICOS**

1. Evaluar los principales indicadores de calidad de semillas en el cultivo.
2. Analizar el efecto de diferentes fuentes orgánicas y biológicas en la nutrición del sorgo para la producción de semillas.
3. Probar la efectividad del empleo de órganominerales en la fertilización del cereal.
4. Valorar la factibilidad económica del uso de fuentes sostenibles en la fertilización del cultivo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Origen histórico del *sorghum*.

Los primeros informes muestran que el sorgo existió en India en el siglo I d.C. Esculturas que lo describen se hallaron en ruinas asirías de 700 años a.C. Sin embargo, el sorgo quizás sea originario de África Central, Etiopía o Sudán, pues es allí donde se encuentra la mayor diversidad de tipos. Esta diversidad disminuye hacia el norte de África y Asia. Existen sin embargo, ciertas evidencias de que surgió en forma independiente tanto en África como en la India.

Los tipos salvajes encontrados en África Central y del Este no son aconsejables para usar en la agricultura actual, pero los fitogenetistas continúan buscándolos para crear nuevos germoplasmas, con el objeto de incorporar características deseables dentro de las líneas genéticas actuales.

El sorgo como cultivo doméstico llegó a Europa aproximadamente hacia el año 60 d.c. pero nunca se extendió mucho en este continente. No se sabe cuándo se introdujo la planta por

primera vez en América. Las primeras semillas probablemente se llevaron al Hemisferio Occidental en barcos de esclavos procedentes de África.

Los primeros sorgos dejaban mucho que desear como cultivo granífero. Eran muy altos y, por lo tanto, susceptibles al vuelco y difíciles de cosechar. Además maduraban muy tardíamente. Los tipos Kafir y Milo fueron seleccionados como productores de granos por los primeros colonos en las grandes planicies debido a que su tolerancia a la sequía es mayor que la del maíz. Con el advenimiento de las máquinas cosechadoras se hicieron selecciones a partir de los materiales originales, obteniendo tipos más precoces y algo más bajos. Sin embargo, fue la combinación de "tipos" de sorgo granífero, iniciada por John B. Seiglinger de Oklahoma, lo que hizo posible cultivarlos utilizando la cosecha mecanizada.

El desarrollo posterior de los tipos precoces, así como de variedades resistentes a enfermedades e insectos, junto con el mejoramiento de otras prácticas de producción, estableció firmemente el sorgo granífero como un importante cultivo. Pero el proceso más trascendental, sin embargo, aún no había llegado. Como resultado de las investigaciones de Quinby y Stephens de Texas, los híbridos se hicieron realidad hacia 1950 y actualmente los rendimientos alcanzan a más de 13.440 kg.ha<sup>-1</sup> en los sorgos graníferos híbridos.

### **2.1.1 Adaptación.**

Los sorgos graníferos se cultivan generalmente en áreas demasiado secas o cálidas para la producción exitosa de maíz. Se originaron en los trópicos, pero ahora están adaptados a Zonas Norte y Sur, tan alejadas como las latitudes de 45 grados.

Se los cultiva extensivamente en África, India, Manchuria, Argentina y EE.UU. Algunos sorgos también crecen en otras partes de Asia, Europa, América Central y del Sur.

Están adaptados a los climas más áridos debido a: sistema radical, dormancia, enrollamiento de las hojas, baja relación de transpiración y cubierta cerosa.

Además de su tendencia a reanudar el crecimiento cuando se alivia del stress hídrico, la planta de sorgo produce también nuevas cañas cuando se rompe la humedad si la sequía no fue prolongada.

Los sorgos graníferos tienen granos relativamente grandes que se separan fácilmente de

las glumas. El tallo no es dulce. Los colores de los granos son blancos, amarillentos, rojos o rosas, pero entre los Kaoliangs y en los antipájaros predomina el color castaño, con pericarpio y testa coloreados, lo que indica presencia de tanino.

### 2.1.2 Grupos de sorgos graníferos.

Existen variedades consideradas clásicas, que pueden englobarse en unas series típicas de las diversas zonas del mundo en donde se ha cultivado el sorgo desde hace varios milenios.

1. **Kafir:** Originario de África Tropical desde donde se ha extendido por todo el mundo. Se caracteriza por poseer buena ejerción de la panoja (compacta), por ser buen forrajero (plantas de 1.3 a 2.7 m de alto, tallo fuerte y de 12 a 15 hojas verde oscuro) y por su resistencia a la sequía.
2. **Kaoliang:** Constituye uno de los cultivos más antiguos de China. Está adaptado a zonas más frías. Posee poca ejerción de la panoja, es poco macollador, con siete a 10 hojas verde oscuro y cortas. El grano tiene tanino que le confiere un color castaño y propiedades antipájaro.
3. **Shallu:** Procede de la India. También del tipo antipájaro pero en este caso debido a la gran flexibilidad de sus panojas. Es un sorgo de abundante macollaje, con siete a 10 hojas verde claro, panojas erectas cónicas y muy laxas. El grano es pequeño, vítreo, duro, de color blanco amarillento. Este grupo predomina en la Argentina, aunque tiene problemas de vuelco y mildew.
4. **Durra:** Esta variedad está intensamente cultivada en el norte de África, sudoeste de Asia y en la India. Antipájaro por poseer panoja compacta y dura. Es un sorgo susceptible a la sequía. Tiene raquis, glumas y ramas de la panoja pubescentes, hojas oscuras y ejerción de la panoja pobre. Hay dos tipos de Durras: de grano blanco aristado y de grano oscuro mútico.
5. **Feterita:** Procede de Sudán, su característica principal es la precocidad. Es intermedio entre Durra y Milo; tiene ocho y nueve hojas verde claro y buena ejerción de panoja, la que es compacta y puntiaguda en el ápice. El grano, es color blanco tiza con testa marrón.



6. **Milo:** Originario de África, es una variedad importante pues ha sido base de numerosas hibridaciones; es macollador, tiene 0cho y 10 hojas verde oscuro con nervadura blanca, panoja oval, corta y compacta, con ejerción pobre. El grano es blanco, amarillento o marrón y tiene embrión grande.

7. **Hegary:** Da origen a los sorgos sensibles al fotoperíodo. Es resistente a sequía por detención del crecimiento. Tiene abundante macollaje, forraje y tallos jugosos, lo que lo hace muy apto para pastoreo. La panoja es elíptica, semicompacta con aspecto de ramillete y el grano es blanco azulado.

Las diversas variedades de sorgo, antes descritas, fueron cultivadas con sus métodos tradicionales en sus países de origen, y pueden sistematizarse en dos grandes grupos, el de los sorgos chinos, que comprendían al tipo Kaoliang y el de los africanos y de Sudasia, correspondientes a zonas más cálidas que la variedad anterior y que comprende a las variedades Durra, Kafir, Milo, Hegary y Feterita.

Los grupos Hegary y Kafir tienen dormancia, o sea que no florecen hasta que existan condiciones apropiadas de humedad, siendo resistentes a la sequía. En cambio hay otros grupos que mediante su precocidad eluden a la sequía, como el Milo (Ramoá y Sánchez, 1998).

### **2.1.3 Características generales de *Sorghum bicolor* L. Moench.**

#### Clasificación científica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Género: **Sorghum**

Especies

*Sorghum × alnum*

*Sorghum alnum*

*Sorghum bicolor*

*Sorghum caudatum*

*Sorghum × drummondii*

*Sorghum halepense*

*Sorghum propinquum*

La variedad de sorgo para grano ISIAP Dorado, tiene una altura de planta de 146 m, una precocidad entre los 70-75 días y rendimientos potenciales de 3-3.7 t.ha<sup>-1</sup>. Se destaca como variedad para consumo humano por las características químicas y físicas del grano, como por ejemplo 0.023% de tanino y 75% ceroso, respectivamente. Esta variedad ha respondido favorablemente en diferentes zonas agrícolas del país (Oramas *et al.*, 2002).

Tradicionalmente el cultivo de sorgo se sembró a una distancia de 0.70 m entre hileras, ya que esa era la separación a la que se montaban los cuerpos en las sembradoras normales utilizadas. Además, las empresas de mejoramiento siempre realizaron sus selecciones para distancias de 0.70 m entre líneas y en sistemas de labranza convencional.

El achicamiento entre hileras respecto de los tradicionales 0.70 m permite aumentos en la producción de granos. Así mismo, la respuesta al incremento de densidad fue mayor con menores separaciones entre líneas y con ciclos más cortos. Esta tendencia se corrobora para las distintas fechas de siembras analizadas. Las distancias entre surcos menores a los tradicionales 0.70 m mejoran la respuesta del cultivo. Los rendimientos esperados son mayores aún cuando se utilizan ciclos cortos, que también mejoran la estructura del suelo. En consecuencia, en los ensayos comparativos de rendimiento o en las experiencias en lotes de producción, los ciclos largos mostraban generalmente menores rendimientos (Forrajes & Granos Journal, 2000).

#### **2.1.4 Necesidades nutrimentales del sorgo.**

La nutrición de las plantas es un proceso complejo en el cual sucede una gran cantidad de interrelaciones de tipo físico, químico y biológico. La toma de los elementos minerales por las raíces a partir de la solución del suelo, constituye el primer paso en la nutrición de las

plantas (Calderón, 1995).

Para obtener rendimientos económicos en los cultivos productores de grano es necesario conjugar la dosis de nutrientes más adecuada con el mejor momento de su aplicación. Esto se puede lograr conociendo los diferentes períodos de absorción que realizan las plantas, la extracción que hacen y la función de cada uno de los elementos.

El Nitrógeno es el elemento de efecto más rápido, forma parte de múltiples compuestos, como las proteínas y las enzimas, lo que favorece el rápido desarrollo de los tejidos y órganos de la planta al estimular el desarrollo de hojas y tallos, así como interviene en la formación de la clorofila e influye en la asimilación de los Hidratos de Carbono (Marschner, 1995).

Además, el Nitrógeno es el nutriente que más influye en los rendimientos y en la mayoría de los casos se le considera un factor limitante en la producción agrícola. Son diversas las vías por las cuales las plantas lo adquieren para satisfacer exigencias nutricionales, no obstante hoy en día cobra mayor importancia la fijación biológica del Nitrógeno atmosférico llevada a cabo por microorganismos (Hernández, 1989).

El Fósforo participa en la composición de compuestos vitales para las plantas como los ácidos nucleicos y el ATP. Este elemento forma parte en la composición de los núcleos celulares, los cromosomas, el plasma celular y las enzimas (Domínguez, 1989), por lo que juega un papel importante en la formación y crecimiento del sistema radical y su presencia es fundamental para la calidad de las producciones e incremento de las posibilidades de almacenamiento.

El Potasio no entra en la composición de ninguno de los constituyentes de las plantas relacionados con el metabolismo, como las proteínas, la clorofila, las grasas y los carbohidratos. Se destaca entre los demás elementos por su movilidad y solubilidad dentro de los tejidos, propiedades que explican sin duda la rapidez con que puede ser reutilizado por los tejidos cuando es deficiente (Yagodin, 1986).

Domínguez (1989), plantea que el Potasio ejerce una función importante como osmoregulador disuelto en el jugo celular y que su acumulación en la raíz crea un gradiente

osmótico que permite el movimiento del agua en la planta, por lo que es notable su efecto regulador de la actividad estomática para reducir la transpiración y mejorar la utilización del agua.

El sorgo necesita de 70-80 kg.ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno, de 60-70 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 60-70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, fraccionándose 1/3 de Nitrógeno en siembra, junto con todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, y el resto de nitrógeno entre los 25 y 30 días después de la germinación (Funes *et al.*, 1998).

Para producir tres toneladas del grano el sorgo extrae cerca de 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 25 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 20 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Canet *et al.*, 2003).

### **2.1.5 Abonos orgánicos, biofertilizantes y órganominerales utilizados para la producción de semillas o granos.**

Los abonos orgánicos deben tener un contenido de nutrientes N, P, K, Ca, Mg equilibrado, de modo que al ser utilizados mejoren la fertilidad de los suelos y beneficien el estado nutricional de las plantas. Además, los abonos orgánicos no deben tener sustancias que acidifiquen o alcalinicen los suelos y que puedan afectar el desarrollo normal del cultivo.

La calidad de los abonos orgánicos depende de muchos factores que están muy relacionados con el origen y naturaleza de los residuos que se utilicen en su composición, el proceso de fermentación y de los productos para enriquecerlos. Por esta razón los indicadores de los abonos orgánicos pueden variar de un lugar a otro, pero existen parámetros que son básicos para su evaluación: humedad (40-60%), relación C/N entre 20 y 25 a uno y el contenido de materia orgánica debe ser de 50% o más expresado en base seca.

En el abono orgánico es deseable que su contenido de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y K<sub>2</sub>O sea equilibrado y lo más alto posible, de modo que cuando se aplique una dosis dada, los nutrientes minerales que aporte sean suficientes para el desarrollo de cualquier cultivo, sin necesidad de hacer correcciones con la aplicación de fertilizantes químicos.

Abono verde es todo material vegetal que es incorporado al suelo para suministrarle los nutrientes contenidos en su biomasa.

Características elementales que deben cumplir las especies para su selección como abono verde:

- La obtención de las semillas para el abono verde debe ser de fácil producción y almacenamiento.
- Ser de crecimiento rápido, lo que permite cubrir el suelo en un mínimo de tiempo.
- Ser resistente a la sequía, plagas y enfermedades.
- Desarrollar una abundante biomasa y material seco.
- Producir una gran cantidad de biomasa y tener la capacidad de fijación biológica de nitrógeno atmosférico.
- Que le sea intrínseco un desarrollo vigoroso del sistema radical.
- Facilidad para la siembra y mínimo requerimiento para su atención cultural, tanto en cultivo único como asociado.
- De ser posible utilizar plantas multipropósito que a la vez que mejoren y cubran el suelo constituyan fuente de alimentación animal, humana o para otros usos.

Al comparar el efecto de diferentes cultivos como abonos verdes en (*Lycopersicon esculentum* mill), tomates se obtuvieron las mejores producciones con el uso del sorgo forrajero y la canavalia en mezcla con la vegetación espontánea, en un suelo pardo grisáceo medianamente erosionado al sustituir el 25% de la fertilización NPK (Hernández *et al.*, 2005). Al respecto (Cancio *et al.*, 1990) obtuvieron una influencia favorable en el rendimiento del (*Nicotiana tabacum* lin), tabaco y hortalizas, después de incorporar al suelo gramíneas, leguminosas o sus mezclas, resaltando el uso del sorgo por su precoz desarrollo foliar y la protección que ofrece al suelo.

Una práctica muy conocida y aplicada en el mundo entero es el uso de estiércol de diversos animales para restituir nutrientes al suelo. Las dosis utilizadas fluctúan entre 40-80 t.ha<sup>-1</sup>. Tiene la ventaja de que además de restituir los elementos mayores, aporta otros que han sido exportados del campo con las cosechas, además enriquece el suelo con materia orgánica tan necesaria para mantener su fertilidad (Ortega, 1965).

Uno de los residuos de la industria azucarera más investigados y utilizados en Cuba como abono orgánico es la cachaza. Posee un alto valor fertilizante, destacándose por sus altos contenidos de Fósforo, Calcio, Nitrógeno y en menor proporción de Potasio. Por lo general

contiene más del 50% de materia orgánica (Pequeño, 1996).

La cachaza tiene una alta capacidad de humedecimiento y retención del agua, así como de intercambio iónico, es rica en sustancias nutritivas y su alto contenido de azúcar contribuye a acelerar su descomposición por parte de los microorganismos (Pequeño, 1996).

La cachaza se obtiene como resultado del proceso de clarificación del jugo de caña en la industria azucarera. La producción de cachaza es tres y cuatro por ciento del peso de la caña que procesa el central. En Cuba la producción de azúcar ha sufrido una merma sensible, afectándose por ende los volúmenes de cachaza disponibles para el sector agrícola.

En la actualidad, ante el rápido agotamiento de los recursos naturales, se comprende mejor la necesidad de adoptar tecnologías para el tratamiento y reciclaje de los desechos. Con su utilización no solo se evita el impacto nocivo de los mismos en el medio ambiente, sino también se disminuye la dependencia de insumos externos.

Según Cuevas *et al.*, (1987), entre las tecnologías para el tratamiento de los desechos, la lombricultura es uno de los que ofrece las mayores ventajas por las siguientes razones:

- Es extraordinariamente económica y de fácil gestión.
- Utiliza espacios relativamente reducidos.
- Es un proceso rápido y continuo.
- Elimina inconvenientes desagradables como el mal olor y las moscas.
- No produce al final ningún desecho pues el material suministrado a las lombrices se transforma en productos utilizables.
- Permite obtener un abono orgánico de magnífica calidad.

Se conoce que la actividad microbiana de humus de lombriz supera de 10 a 20 veces la de la materia orgánica que la lombriz digiere.

La composición química del humus (Cuevas *et al.*, 1987), una de las fuentes orgánicas utilizadas, es como se describe a continuación:

Elemento	%
N	2-3
P	2-3
K	2-3
Materia orgánica	50-60
Extracto húmico	12
Colonias de bacterias	40 x 10 <sup>6</sup> col bac/g de humus activo
pH	6.7-7.3
Capacidad de retención de agua	612
Relación C/N	21.1, 1:1
Intercambio catiónico	167.6 meq/100g
Cationes de Calcio	2.5
Mg	2.5-3
Na	0.02
Fe	0.20
Al	0.95
Zn	40 ppm
Mn	30 oom
Co	2 ppm

El humus de lombriz, además de aportar nutrientes, ejerce un efecto muy favorable en las propiedades del suelo. Ello se debe a su elevado contenido de microorganismos y a la presencia de sustancias húmicas cuyos grupos funcionales interactúan con los minerales del suelo formando complejos estables (Paneque, 1988).

El cachafé es un producto orgánico con una composición nutrimental similar al humus (Baguet, 1997), utilizándose con mayor frecuencia en hortalizas y plátano en dosis de dos a seis t.ha<sup>-1</sup>, en dependencia del tipo de suelo y el grado de erosión del mismo.

El cachafé, se obtiene por primera vez en el Laboratorio Provincial de Suelos de Sancti Spíritus (Baguet, 1997), Este producto consiste en la unión del residual sólido de mayor volumen en la industria azucarera (torta de filtro o simplemente cachaza), con residuales

humanos que se extraen por los carros cisternas de fosas y letrinas no conectados a la red albañal. Es un abono orgánico apto para su utilización con fines productivos.

La composición del cachafé ha sido informada por la dirección de Suelos de Villa Clara, como sigue:

Elemento	%
N	1.75
P	2.12
K	0.87
Materia orgánica	30-36
pH	6.9-7.2
Relación C/N	10.06
Ca	10.3
Mg	1.94
C	17.6
Humus	57

Otros reportes del Instituto de Investigaciones de Suelos del MINAGRI (2002), para muestras de cachafé analizadas en las provincias de Pinar del Río, Habana y Villa Clara los contenidos medios de macronutrientes se comportaron como se refiere a continuación:

Elemento	%
N	1.45
P	2.56
K	0.65

El manejo juicioso del Nitrógeno en el ambiente es esencial para el desarrollo de una agricultura más productiva y sostenible (Newbold, 1989). En este contexto, la importancia de la fijación biológica del Nitrógeno para la seguridad de los alimentos en el mundo es realmente incuestionable y el uso de cultivos capaces de efectuar una fijación simbiótica del Nitrógeno es el componente primario de una agricultura sostenible (Vance *et al.*, 2000).



Los volúmenes de Nitrógeno fijados por los rizobios son realmente significativos, existen informes de hasta 350 kg.ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno por época en algunas leguminosas (Vance, 1997). En leguminosas de pastos se han registrado cantidades que difieren de acuerdo a la zona geográfica donde son evaluadas.

Plantas inoculadas con cepas de hongos micorrizicos de tipo versículo arbuscular (MVA) presentaron diferencias significativas en el aumento de peso húmedo y seco de la parte aérea. *Glomus fasciculatus* aumentó en 80% el peso húmedo y en 65% el seco en *Melinis minutiflora* y en 100% la absorción de P y K y en 80% la de Mg, pero no aumentó la absorción de Ca (Caldeira *et al.*, 1983).

Mediante la inoculación de especies apropiadas de micorrizas al suelo es posible aumentar la producción de materia seca de *C. macrocarpum*, la absorción de minerales, el peso seco de los nódulos y reducir la tasa de fertilización con P en más del 50% (Purcino y Lynd, 1985).

En *Zea mays L*, *Panicum maximun*, *H. rufa*, y *Cinodon dactylon*, se estudió la presencia de azospirillum constatándose el predominio de *A. lipoferum* en la raíz del maíz y de *A. brasilensis* en bermuda sin predominio de una u otro en los otros dos pastos. En la rizosfera de todas predominó *A. lipoferum*. El porcentaje de cepas de *A. brasilensis* desnitrificantes fue de 12.9 y 9.2 en *C. dactylon* y *H. rufa* respectivamente; Mientras en maíz fue de 6.1 y *P. maximun* solo 1.2% (Caballero y Valdés, 1983).

La inoculación con micorrizas (Saif, 1987) aumentó considerablemente el porcentaje de cobertura de *P. phaseoloides* en comparación con plantas sin inocular y roca fosfórica. En otro ensayo se inoculó con una mezcla de 3 hongos *Entrosporas sp.*, *Glomus sp.* y *Acaulospora sp.* La presencia de micorrizas aumentó significativamente el crecimiento y absorción de P de todas las plantas.

La inoculación con especies efectivas de MVA pueden incrementar significativamente el crecimiento de siratro en un rango práctico de P en suelos con poblaciones nativas de MVA en condiciones de suelos enmendados (Medina *et al.*, 1988).

En estudios realizados sobre la interacción rizobio MVA en leguminosas forrajeras tropicales

cultivadas en medio inerte, se observó el efecto de doble simbiosis, mejorando la absorción de P (Paulino et al., 1987).

El nivel de infección por MVA en raíces de *Leucaena leucocephala* cultivada en una mezcla de arena-suelo en invernadero se incrementó rápidamente con el transcurso del tiempo, alcanzando un valor máximo de 84%, 30 días después de la siembra. El desarrollo de la infección no estuvo acompañado por disminución en el crecimiento en ninguna etapa del desarrollo; sin embargo, las raíces con MVA presentaron niveles altos de Cobre que no se había translocado hacia los brotes (Manjuanth y Habte, 1988).

Newman (1981), observó que el crecimiento de los pastos se incrementa mediante la infección con micorrizas únicamente en suelos con deficiencias extremas de P y destaca la importancia de investigar más sobre el efecto de las micorrizas en la transferencia de otros nutrimentos.

Al comparar el crecimiento y la absorción mineral de 24 leguminosas y gramíneas forrajeras tropicales para condiciones de invernadero en un Oxisol estéril de bajo contenido de P, una parte inoculada y otra sin inocular con hongos micorrizógenos se determinó que las plantas no infestadas siempre contenían cantidades de elementos minerales menores que las plantas micorrizógenas (Saif, 1987).

López y Pared, (2005), al evaluar la combinación de *Rhizobium*, *Trichoderma* y dos cepas de Micorriza, como alternativa en el manejo ecológico del cultivo del frijol común reporta un efecto estimulante de los biofertilizantes utilizados en el desarrollo de la planta, así como un incremento de los rendimientos respecto al testigo, destacándose la variante donde se utilizó la inoculación de *G. clarum*- *Rhizobium*-*Tricoderma* (2.22 t.ha<sup>-1</sup>)

Bécquer et al., (2005), al evaluar el efecto de una variedad de trigo canadiense (*Triticum aestivum*, L.) con rizobios aislados de leguminosas nativas de Sancti Spíritus, Cuba; encontró un incremento significativo en las variables estudiadas (peso de 1000 semillas, peso seco espigas, peso seco aéreo, peso seco raíz y longitud del tallo) con respecto al testigo, sin diferir estadísticamente del tratamiento con fertilización inorgánica recomendada por instructivos técnicos. En estudios similares (Salas et al., 2005) al evaluar la inoculación de maíz (*Zea mays*, L.) con 30 cepas nativas de *Bradirizobium* sp. y 12 cepas de

referencias pertenecientes a diferentes géneros y especies de rizobios reporta un incremento significativo en la longitud del tallo y peso seco aéreo en algunos tratamientos inoculados con cepas cubanas de *Bradirizobium sp.* Con respecto al testigo.

La utilización de los organominerales esta dirigida a obtener una mayor respuesta productiva de los cultivos, reducir los volúmenes de materia orgánica a utilizar y minimizar el empleo de compuestos inorgánicos, todo lo cual influye en el comportamiento de los principales indicadores económicos. Para definir las diferentes proporciones se debe tener en cuenta: contenido de nutrientes del suelo, necesidades nutrimentales del cultivo, porcentaje de macronutrientes y micronutrientes presentes en la fuente de fertilización a utilizar, quiere esto decir que para dar respuesta a determinadas situaciones nutricionales de los suelos se requiere de un nivel de información lo más actualizado posible de las condiciones en que se encuentra el suelo sobre el que se realizará la siembra.

### **2.1.6 Necesidad de utilizar el sorgo en la alimentación animal y humana en la actualidad.**

El consumo individual de proteína de los 5.3 billones de habitantes de nuestro planeta es aproximadamente 70.0 g.día<sup>-1</sup>, o 23 millones de toneladas de Nitrógeno por año (Waggoner, 1994).

Para mantener este nivel de consumo y teniendo en cuenta que la población mundial se duplicará en los próximos 40 años, se necesitará el doble o el triple de la producción total de alimentos (Vance, 1997).

Es sabido que la explosión demográfica del siglo XX ha sido mantenida por una combinación del proceso Haber-Bosch para producir amonio como fertilizante, y por la revolución verde, en la cual las variedades de vegetales altamente productivas fueron hibridadas en el contexto de un consumo pleno de Nitrógeno, sin embargo: ¿Debemos realmente mantener esta producción de la misma forma, con los mismos costos? (Newton, 1999).

Para contar con variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) de consumo humano y animal, con buenas características agronómicas y rendimientos aceptables de granos, se hace necesario entre otros, realizar estudios con material de grano blanco, ya que estos presentan poco contenido de taninos y compuestos fenólicos que a partir de una

determinada proporción en el grano afectan el color, la apariencia, la palatabilidad y el valor nutritivo del grano y sus productos (Salgado *et al.*, 1991).

Son variadas las razones para volver a incorporar el cultivo de sorgo en la agricultura y las podemos resumir de la siguiente manera:

- a) El sorgo contribuye a la sustentabilidad del sistema de producción, originando hasta 15 t de Materia Seca  $\text{.ha}^{-1}$  con una relación C/N amplia, lo que hace lenta la degradación de su rastrojo protegiendo bien al suelo.
- b) Es un cultivo que presenta mayor estabilidad de rendimiento que el maíz, ante fluctuaciones hídricas y térmicas durante su crecimiento y desarrollo.
- c) Es el cultivo que tiene la mejor relación entre área sembrada vs. Área cosechada (seguridad de cosecha), entre los cereales de producción local.
- d) Resiste altas temperaturas y déficit hídrico en mayor medida que el maíz, al que sustituye eficientemente en áreas marginales.
- e) Su grano tiene excelente capacidad de conversión en carne bovina y porcina, por lo que puede ser el cereal a producir en las áreas ganaderas, dejando el grano de maíz para industrialización o exportación.
- f) Tiene un costo de producción ( $\text{peso.ha}^{-1}$ ) significativamente inferior al maíz, y labores culturales (siembra, fertilización, control de malezas y plagas, cosecha, etc.), relativamente sencillas.
- g) No debemos olvidar también que el maíz no rebrota, condición que en un esquema agrícola pecuario, es una ventaja más a favor del sorgo.

Tomando en cuenta lo anterior, es de esperar que en las próximas campañas el sorgo granífero ocupe un lugar dentro de las decisiones empresariales agrícolas, ya que además existen referencias de su amplio uso en la alimentación en diferentes especies de animales.

Utilizando restos de cosecha y soca en sorgo han sido reportado estudios por (Arias *et al.*, 1981) donde se obtuvieron en todos los tratamientos ganancia de peso para bovinos en pastoreo.

Los consumos voluntarios, digestibilidad, ganancia de peso vivo y la conversión alimenticia alcanzan valores superiores al tratamiento control cuando fueron comparados en dietas con diferentes niveles de grano y paja de sorgo en raciones para ovejas (Goiri y Parra, 1981).

Al realizar comparaciones relacionadas con la alimentación de novillos en dietas con la presencia de sorgo seco y silaje de grano de sorgo húmedo, suplementado con semillas y pellets de algodón (Balbuena *et al.*, 2001), informan incrementos de peso vivo en el orden de  $600 \text{ g.día}^{-1}$  superiores al tratamiento testigo (con suplementación mineral).

En investigaciones del grano de sorgo en la alimentación de terneros, (Monje, 2002), evaluó dietas con la inclusión de maíz, sorgo (molido seco y húmedo) y la mezcla de ambos granos en las raciones base, observando el mejor comportamiento en el tratamiento donde utiliza el sorgo molido para los siguientes parámetros: consumo, ganancia diaria, eficiencia de conversión y rendimiento de la canal en los animales sacrificados.

### **2.1.7 Producción y comercialización del sorgo en América Latina y el Caribe (ALC) durante el último quinquenio**

El sorgo es ampliamente conocido como materia prima en la preparación de alimentos para animales. Es considerado como un sustituto del maíz amarillo con la desventaja de poseer un menor poder alimenticio. Se calcula que 1200 gramos de sorgo equivalen en capacidad alimenticia a 1000 gramos de maíz. Esta desventaja se ve reflejada en el precio. Una ventaja de este grano para su cultivo, es la mayor resistencia a la falta de agua y su adaptabilidad a suelos menos fértiles (marginales). En algunos países también se consume en forma directa en la preparación de tortillas, coladas y bebidas. La producción en ALC se concentra fundamentalmente en México, Argentina y Brasil en donde se produce el 90% del total de la región. Durante el año 2002 se produjeron 11 millones de toneladas en los países del continente. En las islas del Caribe se produce en Haití y República Dominicana en cantidad que no supera las 100 mil toneladas (Lizarazo, 2004).

La tierra dedicada a este cultivo es de 3.5 millones de hectáreas, caracterizándose por ser un cultivo muy atomizado, producido en pequeñas extensiones, en regiones de extrema pobreza. Esto se evidencia en los países del Caribe y Centroamérica donde los rendimientos por hectárea son en promedio  $0.83$  y  $1.4 \text{ t.ha}^{-1}$  respectivamente. El mayor

rendimiento se observa en Argentina con cantidades superiores a las cinco t.ha<sup>-1</sup>. Las exportaciones en un alto porcentaje se han realizado entre los países de la región con variaciones que han ido de las 500 mil toneladas hasta 1.5 millones. Prácticamente el único exportador permanente ha sido Argentina. Las importaciones han estado creciendo a una tasa anual promedio de 2.7% alcanzando en el último año la cantidad de 5.4 millones de toneladas. El principal importador es México con cinco millones de toneladas anuales. Lo anterior demuestra que la región en general es deficitaria, en al menos 3.5 millones de toneladas anuales (Lizarazo, 2004).

Según González y Graterol, (2003), durante el ciclo de siembra del año 2000 se incrementó en Venezuela la superficie bajo sorgo superando las 100.000 hectáreas. Entre los factores que originaron este incremento y expansión se encuentran los avances tecnológicos, el mejoramiento genético, las pruebas regionales de materiales con amplia adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la región y el alto potencial de los cultivares desarrollados. Los resultados obtenidos de los ensayos bajo las tres localidades mostraron que los materiales expresaron buena adaptabilidad a las condiciones agroecológicas y un alto potencial de rendimiento de granos, donde se destacaron los híbridos XPM-1177 con 4.081 kg.ha<sup>-1</sup>, MTC-001167 con 3.947 kg.ha<sup>-1</sup> y P82G55 con 3.659 kg.ha<sup>-1</sup>.

En Cuba durante el período 2001-2004 las variedades más utilizadas son: ISIAP Dorado, UDG 110, LV-4 y C-21 con rendimientos que oscilan entre 2.8 y 3.8 t.ha<sup>-1</sup>, a escala experimental, aunque a escala de producción los rendimientos medios no sobrepasan las dos t.ha<sup>-1</sup>, dado en lo fundamental por una mala regionalización varietal del cultivo ya que solamente dos variedades tienen cubierta el 65% de las áreas sembradas en el país, lo cual representa un serio peligro para la obtención de producciones planificadas encaminadas a dar respuesta a la demanda de semilla certificada para la esfera productiva; otro elemento negativo a nuestro juicio lo constituye el poco conocimiento de los principios básicos para el uso y explotación de un cultivo que ofrece excelentes perspectivas de alimentación en las condiciones climáticas actuales. En la medida que se logre un incremento de los volúmenes de siembra se debe trabajar en la adquisición de implementos agrícolas para la mecanización de la siembra, aporque, fertilización y cosecha del grano en aras de garantizar una mayor calidad en las áreas sembradas, así como mejorar las condiciones de trabajo del personal especializado en la actividad. Constituye una tarea estratégica rotar el

cultivo del sorgo con áreas destinadas a la producción de papas y arroz, al ser cultivos priorizados dentro de la agricultura en cuanto a suministro de insumos, esto permite obtener producciones adicionales y mejorar los suelos con un manejo agroecológico (rotación de cultivos). También se debe fomentar la producción de semillas dentro del sector privado con un riguroso control por parte de los especialistas conocedores de la temática para disponer de una pureza varietal en correspondencia con las necesidades actuales.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se realizó en Sancti Spíritus, provincia ubicada en la región central de Cuba entre los 21°32'-20°24' de latitud Norte y 79°4'-80°13' de longitud Oeste, (Academia de Ciencias de Cuba, 1988), a una altitud sobre el nivel del mar de 104.5 m con una pendiente del 2% exposición Sur, en un terreno situado en las áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus localizada en los 21°55'25" de longitud Oeste, en el punto de confluencia de la Carretera Central y el Río Tuinucú, asentándose sobre una de sus márgenes con una altitud que oscila alrededor de los 40 m sobre el nivel del mar.

Los datos climáticos históricos fueron reportados por el Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus perteneciente al Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de la Academia de Ciencias de Cuba (ACC) y abarcan el período 1978-1998, los mismos fueron tomados en la Estación meteorológica ubicada en el municipio de Sancti Spíritus, con la característica de ser la más cercana al área donde se realizó el estudio.

Los elementos climáticos estudiados fueron:

- Temperatura promedio (°C),
- Temperatura máxima (°C),
- Temperatura mínima (°C),
- Humedad relativa (%),
- Lluvias (mm)
- No. días con lluvia.

El tipo de suelo empleado fue pardo con carbonato Cuba, MINAGRI, Instituto de Suelos, (1995), y se le tomó muestras para ser analizadas en el laboratorio de la Estación

Experimental de Suelos Barajagua, atendiendo a los siguientes elementos:

- pH. (Cl K). Método potenciométrico. Norma: 22 – 2000.
- $P_2O_5$  y  $K_2O$  (meq.100g<sup>-1</sup>). Método Oniani y Machiguin (Colorimetría). Norma: 52 – 1999.
- Materia Orgánica (%). Método Walkley Blas, 1980 (Colorimetría). Norma: 65 – 2000.
- $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , T (meq.100g<sup>-1</sup>). Método Complexométrico. Norma: 65 – 2000.
- $Na^+$ ,  $K^+$  (meq.100g<sup>-1</sup>). Método fotometría de llama. Norma: 65 – 2000.

El experimento se ejecutó en el período comprendido de marzo a julio de 2003, utilizándose la variedad ISIAP dorado.

La preparación de suelo se efectuó de forma tradicional, combinando labores de tracción animal con mecanizada. Se roturó con arado, grada, cruce, grada, recruce y grada de forma mecanizada. La labor de surque se realizó con arado criollo tirado por bueyes.

La siembra se ejecutó a chorrillo, utilizando una dosis de semilla de 15.0 kg.ha<sup>-1</sup> en surcos separados a 0.70 m, los tratamientos se aplicaron en el fondo del surco momento antes de la siembra.

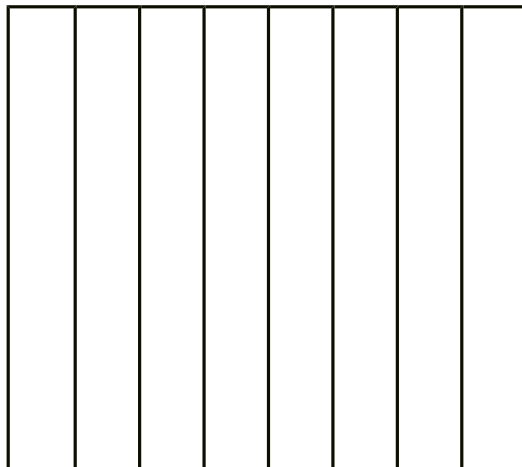
Descripción de los tratamientos:

1. Testigo (sin fertilización).
2. Testigo de referencia (140, 60, 60 kg.ha<sup>-1</sup> de  $N_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ).
3. 25% Fertilización mineral + humus (4 t.ha<sup>-1</sup>).
4. 25% Fertilización mineral + cachafé (4 t.ha<sup>-1</sup>).
5. 25% Fertilización mineral + micorrizas (2 t.ha<sup>-1</sup>).
6. Aplicación de humus de lombriz (4.0 t.ha<sup>-1</sup>).
7. Aplicación de cachafé (4.0 t.ha<sup>-1</sup>).
8. Aplicación de micorriza (2.0 t.ha<sup>-1</sup>).

Se utilizó un diseño de parcela dividida ubicando en la parcela principal (3 360 m<sup>2</sup>) el sorgo



y en las subparcelas (420 m<sup>2</sup>) los tratamientos (Croquis 1).



Croquis 1. Dimensiones de las subparcelas experimentales.

Parcela principal: 60 x 56 m.

Subparcelas: 60 x 7 m.

No. de surcos x subparcelas: 10.

No. de surcos evaluables: 6.

No. de surcos de efecto borde: 4 (los 2 surcos más próximos a las subparcelas con las que limita).

Cantidad de muestra por tratamiento: 10.

Área de la muestra: 2 m lineales.

A los 45 y 60 días se midió altura (m), y en el momento de la cosecha: número de plantas por metro lineal, cantidad de hojas por planta, largo de la panoja (m) y rendimiento de semillas (t.ha<sup>-1</sup>). Para evaluar el largo de la panoja se realizó la medición desde la base

hasta el ápice de la misma.

La labor de aporque se realizó a los 35 días posteriores a la germinación con el empleo de la tracción animal. La cosecha se realizó de forma manual y la trilla fue mecanizada.

En el análisis de los indicadores económicos están incluidos los gastos por los siguientes conceptos:

- Ä Preparación de suelo.
- Ä Semilla para la siembra (listado oficial de precios 2006).
- Ä Labor de siembra.
- Ä Labor de aporque.
- Ä Cosecha y postcosecha.
- Ä Sacos para envasar la producción.
- Ä Fuerza técnica.
- Ä Humus, cachafé, micorrizas y fertilización mineral.

La fertilización mineral ( $140, 60, 60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$ ) se aplicó teniendo en cuenta las necesidades nutrimentales del sorgo reportado por (Canet y Chaviano 2001). Para hacer más eficientes las aplicaciones de Nitrógeno se fraccionó la dosis, un tercio en siembra, junto con todo el Fósforo y el Potasio y el resto conjuntamente con la labor de cultivo. Los portadores utilizados fueron: Urea, Trifosfato y Cloruro de Potasio.

La fertilización orgánica y biológica, en correcto estado para su utilización se efectuó en el momento de la siembra de forma manual, depositando sustrato en el fondo del surco.

La cepa de micorriza empleada fue *Glomus aggregatum* Topes, y el sustrato fue producido en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus, tomando como referencia las dosis reportadas por (Ávila y Hernández, 1998).

El humus de lombriz también fue producido por el grupo de biofertilizantes del propio centro y la calidad de ambos productos estuvo avalada por el personal técnico calificado para estos fines.

Los volúmenes de cachafé utilizados fueron suministrados por el Laboratorio Provincial de

Suelos con el objetivo de validar su producto en un nuevo cultivo.

En el procesamiento estadístico se aplicó análisis de varianza, luego de la transformación adecuada de los datos en los casos que así lo requirieron, como los valores porcentuales, y la prueba de rangos múltiples de Duncan (1955), para la comparación entre las medias cuando aparecieron diferencias. Todos los análisis se realizaron con el paquete SPSS/PC para Windows versión 6.1.3.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos climáticos históricos se reflejan en la (tabla 1), donde los volúmenes de precipitación se mantienen por encima de los 1500 mm anuales, esto es considerado favorable para el rendimiento de los cultivos de forma general, y muy en particular para el sorgo que es capaz de soportar estrés hídrico durante todo su ciclo, de ahí que se puedan realizar siembras del cultivo durante todo el año, evitando que la cosecha del grano coincida con los períodos más lluviosos (Canet *et al.*, 2005).

Tabla 1. Promedio histórico del comportamiento climático en la Estación de Sancti Spíritus. Altura: 96.58 msnm. Latitud: 21°56'. Longitud: 79°27'

<b>Var/ Meses</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Temp. Prom. (°C)	21.3	21.9	23.0	24.3	25.2	26.1	26.5	26.3	25.7	24.9	23.6	22.0	24.2
Temp. Max. (°C)	27.3	28.4	29.5	31.0	31.3	31.7	32.4	32.4	31.5	30.2	28.8	27.7	30.2
Temp. Mín. (°C)	16.6	16.7	17.6	19.0	20.7	22.1	22.1	22.2	22.1	21.3	19.8	17.8	19.8
Hum. Rel. (%)	81	78	76	75	80	84	83	84	87	86	85	83	82
Lluvias (mm)	35.6	44.6	<b>55.1</b>	<b>57.8</b>	<b>255.8</b>	<b>231.3</b>	<b>162.2</b>	214.8	230.8	194.0	62.3	34.5	1578.8

No. días con Lluvia	5	4	6	7	14	16	15	18	19	15	9	6	136
------------------------------	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	---	---	-----

---

Si comparamos los promedios históricos del período marzo-julio (tabla 2) con el 2003 observaremos que los registros asociados a las precipitaciones fueron superiores para la etapa experimental, factor que beneficia el buen comportamiento del cultivo, pues se plantea que éste requiere un mínimo de 250 mm durante su ciclo para llegar a producir grano y pueden obtenerse buenos rendimientos con 350 mm; pero para lograr altas producciones, el requerimiento de agua varía entre 450 y 600 mm, dependiendo del ciclo del híbrido elegido y las condiciones ambientales (Ramoá y Sánchez, 1998).

Esta situación es muy favorable para el establecimiento y explotación de cultivos que se pueden sembrar durante todo el año ya que la etapa se ubica en un período de tránsito de la época poco lluviosa a la época lluviosa.

El cultivo del sorgo granífero es relativamente sencillo y de menor costo que el maíz, además de poseer algunas cualidades que le otorgan ventaja respecto al maíz, en lo referente a su resistencia a sequía. También posee mayor cerosidad en tallos y sensibilidad estomática en hojas, para responder rápidamente con una menor tasa de transpiración, tiene mayor cabellera radicular que el maíz en relación a su masa aérea, así como sus raíces penetran más profundamente (hasta 2.5 m), haciendo más eficiente su sistema de búsqueda de agua.

Una ventaja ecofisiológica significativa en relación al maíz, es que el sorgo expresa la capacidad de detener parcialmente su ritmo de crecimiento en distintas etapas fenológicas del cultivo, cuando aparece alguna limitante ambiental, para retomar el ritmo normal una vez superada esta; el maíz una vez iniciado el crecimiento, conserva su ritmo hasta el final, no teniendo tan eficiente capacidad de recuperar el crecimiento perdido en ciertas etapas (Martín, 2005).

Gran parte de los requerimientos hídricos del sorgo son fundamentales en la etapa de encañazón - floración. Además, este cultivo tiene la capacidad de germinar con 12°C de

temperatura en el suelo, aspecto que debería posibilitar en nuestra zona sembrarlo antes que el maíz o la (*Glycine max L*) soja, para aprovechar su potencial de crecimiento a lo largo del período caliente del verano y la escasa disponibilidad de agua de los lotes o zonas que suelen elegirse para su cultivo. La semilla debe ubicarse dentro de los 0.02 primeros m del suelo, teniendo en cuenta que es una planta rústica con una gran capacidad de emergencia aún en suelos planchados (Martín, 2005).

El resto de las variables climáticas (tabla 2) para el período evaluado presentan valores que favorecen el buen desarrollo del cultivo, así tenemos que la temperatura se mantuvo dentro del rango reportado como óptimo para el crecimiento del cultivo (24-30°C) según Canet *et al.* (2005).

Tabla 2. Promedio del comportamiento climático en la Estación de Sancti Spíritus, período marzo-julio de 2003.

<b>Var/Meses</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>
Temp.Prom. (°C)	25.1	24.0	25.9	25.7	26.4	26.3
Temp. Max. (°C)	30.0	30.2	31.1	31.2	31.9	31.9
Temp. Mín. (°C)	20.1	18.7	21.5	22.1	22.3	22.4
Hum. Rel. (%)	77	75	82	85	84	85
Lluvias (mm)	<b>109.2</b>	<b>91.8</b>	<b>305.6</b>	<b>249.6</b>	<b>258.7</b>	219.7
No. días con Lluvia	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	19

El comportamiento atípico de las variables evaluadas lo fundamentamos en la gran variabilidad que ha experimentado el clima en los últimos años al punto que hoy manejamos términos y estrategias para enfrentar la sequía u otros fenómenos que eran impensables en años anteriores.

La elección de la época de siembra y cosechas tempranas del grano tienen una directa incidencia en las pérdidas de granos por daños de pájaros por ello se recomienda realizar el corte de las panículas antes del mes de Abril evitando en gran medida este problema. Otro factor a tener en cuenta es la siembra en lotes alejados de aguadas o represas y de montes cerrados. Algunas experiencias de siembra en el medio de lotes de soja o maíz, también han reducido el ataque de pájaros.

En la provincia Sancti Spíritus los suelos pardos con Carbonato según (Hernández, 1989), se ubican dentro de aquellos con mayor representatividad (14.3%), y presentan como factor limitante principal la erosión, aspecto que se corresponde con las características del área en estudio. Se puede apreciar en el (anexo 1) que el suelo estaba en óptimas condiciones para efectuar la labor de siembra.

En la (tabla 3) se observan las características agroquímicas del suelo pardo con Carbonato, recomendado por la regionalización de los pastos para el uso en la producción de semillas de sorgo en la ganadería; aunque estamos en presencia de un suelo fuertemente erosionado con valores muy bajos y bajos de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente, el contenido de materia orgánica es considerado mediano y la capacidad de cambio catiónico es baja.

Tabla 3. Tipo de suelo pardo con Carbonato.

<b>Determinaciones analíticas</b>								
<b>pH (Cl K)</b>	<b><math>P_2O_5</math> (meq.100g- 1)</b>	<b><math>K_2O</math> (meq.100g- 1)</b>	<b>Mat. Org. (%)</b>	<b><math>Ca^{++}</math> (meq.100g- 1)</b>	<b><math>Mg^{++}</math> (meq.100g- 1)</b>	<b><math>Na^+</math> (meq.100g- 1)</b>	<b><math>K^+</math> (meq.100g- 1)</b>	<b>VT</b>
6.75	2.38	12.67	3.18	39.37	6.94	0.45	0.28	43.32

Cuando utilizamos distancia entre surcos de 0.7 m es posible realizar una adecuada labor de aporque con tracción animal y/o mecánica (anexo 2), labor beneficiosa para romper la estructura del suelo, favorecer la circulación de oxígeno y un óptimo enraizamiento de las plantas para la asimilación de la humedad y los nutrientes en la rizosfera del suelo.

Para un correcto establecimiento del sorgo según (Villasana, 2005), se debe mantener el cultivo libre de malezas; de lo contrario, las malas hierbas disminuyen los rendimientos por la competencia que presentan al cereal. Por otra parte, son huéspedes de plagas y enfermedades, dificultan la recolección, aumentan el porcentaje de impurezas, comunican humedad al grano e inciden negativamente en el ritmo de crecimiento de las plantas. Para conseguir un eficiente control de malezas en el experimento se realizaron labores de preparación del terreno con calidad, sabiendo que en los primeros días el sorgo se

desarrolla más lento que las plantas no objeto de cultivo, sobrevivientes después de efectuada la siembra (Canet *et al.*, 2001), esto también se corrobora durante la etapa de establecimiento del cultivo. El aporque realizado a los 35 días de germinadas las plantas, combinado con el fraccionamiento de la fertilización mineral para los tratamientos con órganominerales y el testigo de referencia facilitó alcanzar en la primera evaluación alturas superiores a 1.03 m (tabla 4), destacándose los tratamientos donde se utilizan fuentes orgánicas y biológicas. Resultados similares se observaron en la segunda evaluación (60 días) donde el testigo de referencia también alcanza niveles estadísticamente superiores al resto de los tratamientos, este comportamiento se corresponde con lo reportado por (Oramas *et al.*, 2002), quienes informan 1.46 m como altura en cultivos con 75 días de germinados, lo cual está considerado un porte medio para la especie en estudio.

Tabla 4. Altura de la planta durante el período de establecimiento del cultivo.

Tratamientos	Altura (m)	
	45 días	60 días
Testigo (sin fertilización)	1.05 <sup>d</sup>	1.13 <sup>c</sup>
Testigo de referencia	1.04 <sup>d</sup>	1.21 <sup>ab</sup>
25% Fertilización mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	1.08 <sup>cd</sup>	1.14 <sup>c</sup>
25% Fertilización mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	1.09 <sup>bc</sup>	1.14 <sup>c</sup>
25% Fertilización mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	1.05 <sup>d</sup>	1.13 <sup>c</sup>
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	1.14 <sup>a</sup>	1.20 <sup>b</sup>
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	1.12 <sup>ab</sup>	1.25 <sup>ab</sup>
Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	1.11 <sup>abc</sup>	1.26 <sup>a</sup>
ES ±	0.0059	0.0084

Letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente ( $P < 0.001$ )

Fósate, (2000), en estudios realizados con 46 cultivares de sorgo de diferente ciclos (corto, intermedio y largo) y sembrados a 0.70 m entre hileras, informa un rango de altura en el momento de la cosecha de 1.03 a 1.24 m; valores similares a los obtenidos con el ISIAP Dorado.

En la (anexo 3) se observa la altura de la planta a los 45 días de germinada la semilla,

apreciándose un buen vigor de las plantas y tallos en el cultivo estimulada por la labor de aporque realizada con anterioridad.

El buen ritmo de crecimiento experimentado por el sorgo durante los primeros 60 días de edad de las plantas e independientemente de los tratamientos evaluados, se corresponde con una adecuada aplicación de labores culturales previas a la siembra y durante el período de establecimiento, etapa en la cual se define prácticamente el futuro productivo del cultivo.

También debemos vincular este comportamiento a la efectividad de las propiedades alelopáticas del sorgo ya que en la medida que se logre un rápido establecimiento del área, menos posibilidades de permanencia tendrán las plantas no objeto de cultivo, las cuales compiten fuertemente por la humedad, la luz y los nutrientes del suelo afectando considerablemente la etapa reproductiva del cereal.

Otro aspecto importante es que a los 60 días aproximadamente comienza el proceso de emisión de flores y demás etapas de formación del grano. Los valores promedio de altura favorecen la posible mecanización de la cosecha y disminuyen los riesgos de pérdidas causados por acame, ya que la diferencia en altura entre el final de la fase vegetativa y el momento de la cosecha están asociados a la inserción y longitud de la panícula.

Una gran homogeneidad entre los diferentes tratamientos puede verse en la (tabla 5) al medir la cantidad de hojas por planta durante la cosecha, esto puede estar relacionado con la correcta distribución de la semilla en el fondo del surco al momento de la siembra, un adecuado alistamiento y profundidad de tape. La presencia de una densidad de población media muy favorecida por las condiciones climáticas durante el período experimental repercute en el ritmo de emisión de hojas para iniciar la etapa reproductiva del cultivo.

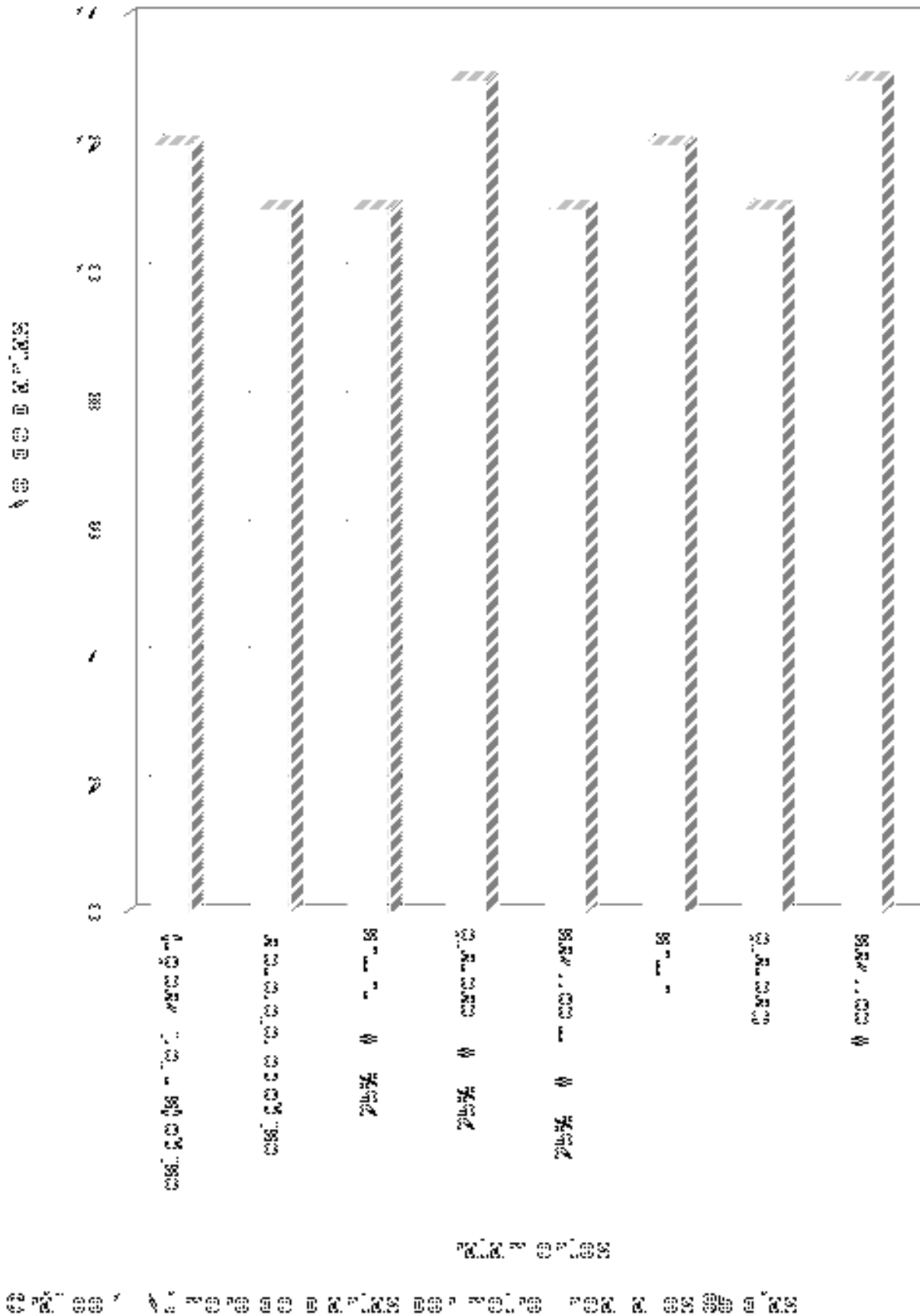
A pesar que la evaluación realizada permitió observar en las plantas de sorgo un promedio de 12 hojas al momento de la cosecha, pudo apreciarse cuando analizamos el tallo la presencia de alrededor de 17-18 entrenudos, lo cual indica que la planta ha perdido de cinco a seis hojas durante su ciclo de vida. Esta cualidad resulta muy beneficiosa para que el cultivo tolere estrés hídrico, pues al reducirse el área foliar disminuyen las pérdidas de agua por concepto de transpiración.



Tabla 5. Número de hojas por planta en el momento de la cosecha.

<b>Tratamientos</b>	<b>No. hojas.planta<sup>-1</sup></b>
Testigo (sin fertilización)	12
Testigo de referencia	12
25% Fertilización mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	12
25% Fertilización mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	12
25% Fertilización mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	12
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	12
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	12
Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	12

En el (gráfico 1) no se observan diferencias significativas en cuanto a la densidad de plantas respecto a los tratamientos evaluados, donde la densidad poblacional oscila entre las 160 000 y 185 714 plantas por hectárea, valores estos dentro del rango reportado para esta especie por Martín (2005) y Sánchez *et al.*,(1998). Se debe precisar que la distribución de las plantas a lo largo del surco de forma homogénea es necesaria para de esta forma evitar competencia con plantas no objeto de cultivo, y además hacer un uso eficiente del suelo en explotación.



Fossati, (2000), reporta una densidad de plantas por metros cuadrados de 12.1-13.9 e independientemente del ciclo de la planta, lo cual representa una población de plantas por

hectárea de 120 000 a 139 000, cifra inferior a la obtenida con los diferentes tratamientos probados en el presente estudio, lo cual puede estar relacionado con la época de siembra, condiciones edafoclimáticas, características del híbrido o variedad, etc.

Según Martín, (2005), la densidad de siembra debe ajustarse a las condiciones de cada zona, pero en términos generales se consideran seis a siete plantas por metro lineal a 0.35 m entre surcos ó nueve a 10 plantas por metro lineal a 0.52 m (entre 160 000 y 180 000 plantas.ha<sup>-1</sup>).

En estudios realizados sobre densidades de población en el cultivo del sorgo durante las épocas de frío y primavera por (Ortiz *et al.*, 2003), no se encontraron diferencias significativas entre las densidades (714 000, 260 000 y 160 000 plantas.ha<sup>-1</sup>), en cuanto a rendimiento para ninguna de las dos campañas. Estos resultados confirman que el comportamiento de las diferentes variantes objeto de estudio no obedece a una situación poblacional sino a la influencia de las fuentes alternativas empleadas.

Durante la etapa de establecimiento pudimos observar una gran homogeneidad dentro del área experimental, sin embargo consideramos oportuno ilustrar (anexo 4) una incorrecta distribución de las plantas en el hilo del surco, situación esta que tiene una marcada influencia en los rendimientos a pesar de tener un número adecuado de plantas.ha<sup>-1</sup>, de ahí la importancia de realizar la labor de siembra con personal previamente adiestrado e ir pensando en la necesidad de realizar siembras mecanizadas en áreas que por su extensión así lo ameriten y de esta forma hacer un uso más eficiente del recurso suelo.

En la (anexo 5) se observan panículas con un buen vigor y tamaño que constituyen una muestra promedio de las mismas al momento de la cosecha.

El largo de la panícula (tabla 6) es un indicador del estado nutricional de la planta y por ello resulta lógico que todas las variantes de fertilización superen estadísticamente ( $P < 0.001$ ) al tratamiento testigo absoluto, con los mayores valores (0.26; 0.25; 0.25; 0.25 y 0.27 m) para los órganominerales, cachafé y fertilización inorgánica respectivamente.

También resulta interesante el buen comportamiento del tratamiento con micorrizas que

obedece en gran medida a un efectivo establecimiento en el suelo de la cepa utilizada, justificado por la buena calidad del sustrato empleado y una distribución de las lluvias en el período evaluado superior a la media histórica reportada por el Instituto de Meteorología de Sancti Spiritus (2005); condiciones estas favorables para hacer un uso eficiente del Fósforo disponible en la rizosfera, elemento de vital importancia en la producción de semillas de cualquier especie vegetal.

Tabla 6. Evaluación del largo de la panícula en el momento de la cosecha.

<b>Tratamientos</b>	<b>Largo panícula (m)</b>
Testigo (sin fertilización)	0.20 <sup>c</sup>
Testigo de referencia	0.27 <sup>a</sup>
25% Fertilización mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	0.25 <sup>ab</sup>
25% Fertilización mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	0.25 <sup>ab</sup>
25% Fertilización mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	0.26 <sup>ab</sup>
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	0.23 <sup>b</sup>
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	0.25 <sup>ab</sup>
Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	0.24 <sup>b</sup>
ES ±	0.3829

Letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente ( $P < 0.001$ )

Cuando la cosecha de las panículas se realiza de forma manual, resulta difícil establecer una altura de corte, ya que está sujeta al área a cosechar, grado de especialización que tengan los productores y al método a emplear para realizar la labor de trilla.

Solórzano (1982); Carvallo *et al.*, (1980) y Hons *et al.*, (1986), en estudios realizados han demostrado que los mayores niveles de Nitrógeno y Fósforo absorbidos por la planta se acumulan en la panícula, elementos nutritivos exportados del suelo y que deben ser restituidos.

Con relación al peso de 1000 semillas (tabla 7), los valores alcanzados están en correspondencia con los reportados por (Sánchez *et al.* 1998), en trabajos sobre densidad óptima en sorgo, existiendo una ligera tendencia a aumentar el peso de la semilla en el

tratamiento con humus de lombriz solo e interactuando con la fertilización mineral.

Tabla 7. Peso de 1000 semillas.

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso (g)</b>
Testigo (sin fertilizar)	22.0
Testigo de referencia	23.5
25% Fertilización mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	24.5
25% Fertilización mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	23.6
25% Fertilización mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	20.3
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	24.2
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	22.3
Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	23.2

Otros reportes apuntan los valores promedios para el peso de 1000 granos de variedades de sorgo entre 25 y 30 g, en correspondencia con el área geográfica y el buen estado nutrimental del suelo. (FAO, 1995).

Estudios realizados en cultivares de ciclos corto, intermedio y largo reportan pesos promedios de 1000 granos entre 29.2 y 29.7 g (Fossati, 2000). Esto evidencia que el peso no debe estar asociado al ciclo de la planta sino al factor varietal y las condiciones edafoclimáticas.

Cuando analizamos el comportamiento de los diferentes tratamientos podemos destacar cómo el tratamiento con micorrizas (2 t.ha<sup>-1</sup>) obtiene valores similares al tratamiento con humus (4 t.ha<sup>-1</sup>) y al de 25% fertilización mineral + humus (4 t.ha<sup>-1</sup>) sin embargo cuando se combina con el 25% de la fertilización mineral se obtienen los valores más bajos respecto al resto de las variantes aunque no difieren estadísticamente entre ellos.

En el (anexo 6) podemos observar una muestra de la semilla una vez terminada la labor de trilla y limpieza.

El análisis de pureza se realizó en el departamento de semillas del MINAGRI de Sancti Spíritus. Los niveles de pureza de la semillas oscilan entre 97.7 y 99.0% (tabla 8), lo cual indica la homogeneidad del área experimental, aspecto este que se corrobora con la mínima

presencia de otros granos en las muestras analizadas.

Estos resultados a nuestro juicio están justificados por el hecho de que el área experimental fue sometida a las mismas labores agrotécnicas y la densidad de población fue bastante homogénea en los tratamientos estudiados.

Tabla 8. Análisis de pureza (%).

<b>Tratamientos</b>	<b>Semilla pura</b>	<b>Material inerte</b>	<b>Otras semillas</b>
Testigo (sin fertilizar)	98.7	1.3	0.0
Testigo de referencia	97.7	2.1	0.2
25% Fertilización mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	99.0	1.0	0.0
25% Fertilización mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	98.9	1.1	0.0
25% Fertilización mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	98.7	1.3	0.0
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	97.9	2.1	0.0
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	98.9	1.1	0.0
Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	98.5	1.5	0.0

La cosecha se realizó a los 95 días de germinada la semilla, edad que ubica al ISIAP Dorado como una variedad de ciclo medio. Los mejores rendimientos con diferencias estadísticas ( $P < 0.001$ ) se obtienen al aplicar humus de lombriz y cachafé, solos o combinados con la fertilización mineral y en el testigo de referencia (tabla 9) alcanzando rendimientos superiores a 4.6 t.ha<sup>-1</sup>. Las dos primeras fuentes orgánicas presentan una composición de nutrientes muy similar, superior a los aportes por aplicación de micorrizas.

Resultados similares son reportados por (Ávila *et al.*, 2005), al obtener rendimientos de grano en *Glycine max* superiores a 1.03 t.ha<sup>-1</sup>, al realizar aplicaciones de 4 t.ha<sup>-1</sup> de humus de lombriz y la inoculación con *Bradirizobium sp.* (50 g.kg<sup>-1</sup> de semillas) parámetros estos que no difieren estadísticamente de la fertilización mineral utilizada (N:80 kg.ha<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:60 kg.ha<sup>-1</sup> y K<sub>2</sub>O:45 kg.ha<sup>-1</sup>).

Medina *et al.*, (1987), al estudiar el efecto de *G. intradices* en el crecimiento de varias

leguminosas en suelo pasterizado y no pasterizado encontraron que los pesos secos de tallos y raíces se incrementaron ( $p < 0.05$ ), después de la inoculación en suelos no pasterizados para *Macroptilium atropurpureum*, *A. americana* y *A. villosa*, *S. hamaca* y *Stylosanthes guianensis*; pero no para *Arachis sp.* ni *Vigna adenantha*. Los resultados demuestran el potencial de micorrizas vesículo-arbuscular (MVA) para incrementar el rendimiento de leguminosas forrajeras en suelos con baja disponibilidad de P coincidiendo con la respuesta observada en los tratamientos evaluados (tabla 9) con presencia de micorrizas que difieren estadísticamente del tratamiento testigo absoluto en un suelo con niveles de  $P_2O_5$  considerados como de muy bajos descritos anteriormente.

Debemos destacar que los rendimientos alcanzados (tabla 9) superan a los obtenidos por (González y Hurtado, 2001), coinciden con los de (Oramas *et al.*, 1998), en estudios realizados a variedades de sorgo para grano, así como con lo informado por (Rabí, 2004), al hacer referencia a un rango óptimo de producción de 2.0 a 4.4 t.ha<sup>-1</sup> en correspondencia con las regiones de mayor experiencia en el cultivo. Los resultados muestran que la obtención de altos rendimientos está asociada a un buen manejo agronómico, el cual incluye la utilización de una fertilización adecuada, que depende fundamentalmente del tipo y fertilidad del suelo, la producción esperada y el consumo de nutrientes, y además condiciones climáticas favorables (volumen, intensidad y distribución de las precipitaciones) de ahí que el tratamiento testigo sin fertilización presente los más bajos rendimientos, pero que son superiores a los reportados para la media nacional (1.5 t.ha<sup>-1</sup>) en el período 2001-2004 por (Canet *et al.*, 2005).

Según las cifras de la Oficina de Planificación y Estadística del MAC (1994) citado por (González, 1995), el rendimiento promedio del sorgo de 1 730 kg.ha<sup>-1</sup> puede ser incrementado atendiendo a la fertilización como uno de los principales problemas agronómicos, confirmando la importancia del tema objeto de estudio en el presente trabajo.

Tabla 9. Comportamiento del rendimiento de semillas.

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento semilla (t.ha<sup>-1</sup>)</b>
Testigo (sin fertilización)	2.48 <sup>c</sup>
Testigo de referencia	4.75 <sup>a</sup>

25% Fertilización mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	4.85 a
25% Fertilización mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	4.85 a
25% Fertilización mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	4.09 b
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	4.75 a
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	4.61 a
Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	3.77 b
ES ±	0.0991

Letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente (P<0.001)

En investigaciones realizadas en México como parte del proyecto “Transferencia de tecnología en el cultivo de sorgo blanco para consumo humano”, los rendimientos productivos oscilaron entre 250 y 2000 kg.ha<sup>-1</sup> de grano (Herrera *et al.*, 2003). Estas cifras se corresponden con resultados alcanzados por algunos productores no especializados en la actividad, y son inferiores a los obtenidos en el presente trabajo.

Espinosa *et al.*, (1992), al estudiar el rendimiento y calidad nutritiva de cuatro híbridos y una variedad de sorgo forrajero, bajo riego complementario, muestran producciones de grano alrededor de 4000 kg.ha<sup>-1</sup>; en condiciones similares (Mena, 1982), expone producciones de grano entre 3819 y 5993 kg.ha<sup>-1</sup> en sorgo granífero. Resulta necesario precisar que existe una gran diferencia entre producción de grano y producción de semillas, de ahí que podamos plantear que los niveles de rendimiento alcanzados con las diferentes alternativas de fertilización se correspondan con los obtenidos en México.

Los valores de semilla obtenidos en sorgo var. ISIAP Dorado han sido inferiores a los reportados por (Fossati, 2000), para cultivares híbridos de diferentes ciclos y con una menor densidad poblacional, rendimientos que fluctúan entre 5053 y 7857 kg.ha<sup>-1</sup>. También (Solórzano, 1986), en estudios sobre época de siembra del cultivo del sorgo obtiene rendimientos de grano que varían de 2799 a 6640 kg.ha<sup>-1</sup> en dependencia del volumen de precipitaciones caído durante el ciclo de la planta e informa un rendimiento promedio de 3011 kg.ha<sup>-1</sup> que se corresponde con los rendimientos de semilla de los diferentes tratamientos evaluados. En general, el sorgo se considera un cereal con rendimientos de producción variables según (León y Angulo, 1989), quienes reportan en Venezuela un



promedio nacional de 2140 kg.ha<sup>-1</sup> con fluctuaciones de 2000 a 4000 kg.ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento de semillas obtenido para las diferentes variantes estudiadas supera los promedios reportados por el grupo nacional del sorgo, lo cual debe estar influenciado por los niveles de precipitaciones caídos durante la fase experimental, así como por su distribución; situación esta que permite al cultivo expresar todo su potencial productivo en correspondencia con la fertilización empleada, ya que estamos en presencia de una planta que sí responde eficientemente a los insumos aplicados, a pesar de tener la cualidad de tolerar situaciones adversas que convierten en improductivos a otros cultivos de interés agrícola.

Los valores de rendimiento de semilla alcanzados constituyen, sin duda, motivo de reflexión y análisis de las posibilidades que nos brinda el ISIAP Dorado para satisfacer las necesidades de simientes destinados a la esfera productiva, para lo cual resulta imprescindible una acertada estrategia de siembra que responda a los intereses de los productores conservando la pureza varietal, aspecto este que debe ser debidamente fiscalizado por el personal especializado para estos fines en las diferentes provincias del país.

Hoy cuando los componentes de Carbohidratos presentes en la formulación de piensos destinados a la alimentación de diferentes especies animales han experimentado una sensible merma en la producción nacional, obligándonos a adquirir los mismos a través de importaciones. En esta compleja situación aparece con gran fuerza el cultivo del sorgo dentro del sector productivo demostrando sus potencialidades y posibilidades bajo condiciones climáticas muy cambiantes en cuanto a las lluvias y distribución de las mismas. En la medida que logremos eliminar las dependencias externas para la producción de alimentos de consumo animal, estaremos consolidando las bases de la economía nacional, siempre avalado por un adecuado estudio de factibilidad económica.

Según Oramas *et al.*, (2002), el ISIAP Dorado es una variedad apta para el consumo humano e incluso existen en nuestro país instituciones que han realizado producciones bien puntuales a partir de harina de sorgo (kake, galletas, etc.) e incluso el grano ha tenido una buena aceptación en la producción de cerveza nacional.

El sorgo no es un cultivo milagroso que esta destinado a resolver todos los problemas en la alimentación animal, pero sí es una excelente opción a considerar por todo el que pretenda enfrentar las limitaciones de recursos con el empleo y uso de las técnicas sustentables.

En la historia muchos cultivos han tenido su época de esplendor, en la actual no cabe dudas que puede ser la oportunidad del sorgo.

El empleo de las fuentes orgánicas y biológicas y la interacción de estas con la fertilización mineral garantizan una producción sostenible de semillas reduciendo el uso de fertilizantes minerales, adquiridos en moneda libremente convertible con un efecto negativo a la economía del país y al medio ambiente.

Cuando realizamos la valoración del comportamiento de los principales indicadores económicos observamos que las variantes propuestas son económicamente viables (tabla 10), correspondiéndole los mayores valores de ganancia a los tratamientos con humus y cachafé solos o mezclados con el 25% de la fertilización mineral.

En la valoración económica (tabla 10), podemos observar cómo por concepto de utilización de las fuentes orgánicas solas o combinadas con el 25% de la fertilización mineral se incurre en los mayores gastos en moneda nacional, motivado por las dosis utilizadas y el precio a los que se cotizan ambos productos a instancia local, lo cual se recompensa satisfactoriamente con el valor de la producción, que genera las mayores ganancias sin incurrir en gastos de CUC.ha<sup>-1</sup> (Convertible cubano) como es el caso del testigo de referencia y los tres compuestos órganominerales estudiados.

Los rastrojos de sorgo aportan una cantidad de nutrientes importante (50% de los extraídos), sin embargo por concepto de panícula se pierden contenidos importantes de Nitrógeno, Fósforo y otros elementos que deben ser restituidos al suelo, por esta razón es que el tratamiento testigo absoluto en función del tiempo esta destinado a convertir en improductivos los suelos, término incompatible con las necesidades actuales y futuras de una agricultura con enfoques de sostenibilidad.

Tabla 10. Valoración económica (pesos.ha<sup>-1</sup>).

<b>Tratamientos</b>	<b>Total de gastos</b>	<b>Valor de la producción</b>	<b>Ganancia</b>	<b>Costo por peso</b>
Testigo (sin fertilizar)	180.45	3 893.60	3 713.15	0.046
Testigo de referencia	211.05	7 457.50	7 246.45	0.028
25% Fert. mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	802.56	7 614.50	6 811.94	0.105
25% Fert. mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	802.56	7 614.50	6 811.94	0.105
25% Fert. mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	408.39	6 421.30	6 012.91	0.064
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	749.80	7 457.50	6 707.70	0.100
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	749.80	7 237.70	6 487.90	0.104
Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	326.71	5 918.90	5 592.19	0.055

El tratamiento de micorrizas (2 t.ha<sup>-1</sup>) alcanza resultados económicos muy superiores al testigo y es una variante factible para los productores especializados en la actividad.

En la (tabla 11) consideramos como gastos en CUC.ha<sup>-1</sup> solamente los insumos por concepto de fertilización mineral y formulamos la idea de comercializar la producción en dicha moneda. Las cifras de ganancia calculadas permiten considerar al sorgo como un cereal de mercado seguro.

Tabla 11. Valoración económica (CUC.ha<sup>-1</sup>).

<b>Tratamientos</b>	<b>Total de gastos</b>	<b>Valor de la producción</b>	<b>Ganancia</b>	<b>Costo por peso</b>
Testigo (sin fertilizar)	-	4 860.80	4 860.80	-
Testigo de referencia	115.83	9 310.00	9 194.17	0.012
25% Fert. mineral + humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	28.96	9 506.00	9 477.04	0.003
25% Fert. mineral + cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	28.96	9 506.00	9 477.04	0.003
25% Fert. mineral + micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	28.96	8 016.40	7 987.44	0.004
Humus (4 t.ha <sup>-1</sup> )	-	9 310.00	9 310.00	-
Cachafé (4 t.ha <sup>-1</sup> )	-	9 035.60	9 035.60	-

Micorrizas (2 t.ha <sup>-1</sup> )	-	7 389.20	7 389.20	-
------------------------------------	---	----------	----------	---

---

Resulta razonable precisar que los productos orgánicos debidamente certificados tienen una mayor cotización en el mercado mundial, y esto no se debe interpretar solamente desde el punto de vista económico ya que los daños medioambientales que originan la utilización de los compuestos minerales es un aspecto ampliamente reconocido en la actualidad, pero muy difícil de medir la magnitud de su afectación.

Uno de los costos provenientes de la utilización discriminada de fertilizantes se relaciona con la contaminación por los nitratos del agua potable, así como de los lagos y ríos. Este problema no existía 50 años atrás cuando las cosechas y el Nitrógeno utilizado eran menos del 50% de los que son ahora (Bockman, citado por Newton, 1999). El otro tipo de costo es la producción de Óxidos de Nitrógeno, los cuales conllevan a perturbaciones atmosféricas potenciales. Tanto del Óxido Nitroso como el Óxido Nítrico se originan de las poblaciones de microorganismos del suelo (Newton, 1999). La desnitrificación produce cerca de 90% de Nitrógeno gaseoso y 10% de Óxido Nitroso, el cual es un gas invernadero con una energía reflectiva 180 veces mayor que el Dióxido de Carbono.

En la actualidad se hace necesario reflexionar acerca de la necesidad del empleo de fuentes alternativas de fertilización que den respuesta a las necesidades nutrimentales de los cultivos y el equilibrio del suelo para no comprometer el futuro productivo de las áreas destinadas a semillas, sobre todo cuando se trabaja con especies extractoras de nutrientes como es el caso de *Sorghum* (Guzmán *et al.*, 1998).

Por la valoración anterior podemos confirmar la factibilidad económica del empleo del sorgo para la producción de semillas, considerando muy seriamente el uso de las fuentes orgánicas y biológicas evaluadas, así como el empleo de órganominerales con dosis mínimas del componente inorgánico para alcanzar producciones sostenibles a diferencia del tratamiento testigo sin fertilizar que presenta como mayor limitante el elemento suelo.

## 5.CONCLUSIONES

1. El sorgo grano (ISIAP Dorado) alcanza rendimientos superiores a 3.7 t.ha<sup>-1</sup> cuando se emplean fuentes sostenibles para su fertilización.

2. El testigo de referencia alcanzó resultados similares a los obtenidos con humus y cachafé, pero con insumos en USD (Dólar estadounidense) y la conocida afectación al medio ambiente.
3. La aplicación de  $4.0 \text{ t.ha}^{-1}$  de humus y cachafé constituyen la mejor opción, ya que solamente se incurre en gastos por insumos en Moneda Nacional y no se afecta el medio ambiente.
4. El empleo de órganominerales alcanza resultados similares a los obtenidos con humus y cachafé; pero con insumos en USD, al igual que la variante de referencia.
5. Resulta económicamente factible la utilización del sorgo para la producción de semillas, bajo condiciones similares a la tecnología que se propone en el presente trabajo.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Estudiar otras variedades de sorgo con potencialidad para la producción de semillas.
2. Evaluar el comportamiento ante otras fuentes orgánicas y biológicas.
3. Divulgar los resultados obtenidos a productores estatales y privados.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Academia de Ciencias de Cuba. 1988. Nuevo atlas nacional de Cuba. Instituto de geografía. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, La Habana, Cuba.

Arias, I.; López, G.; Aurreocochea, P. y Mendoza, L. 1981. Ganancia en peso de bovinos en pastoreo de resto de cosecha y soca de sorgo. Sección Nutrición y Forrajes. Estación Experimental del Nor-Oriente de Guárico. CIAR - LLACEN - FONAIAP. M.A.C. p.7.

Ávila, U. y Hernández, Maria. 1998. Informe final "Inoculaciones de distintas dosis de micorrizas vesículo-arbusculares en *Clitoria ternatea* SN-139". Dic. 1998. Estación

## Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spíritus.

Ávila, U.; Becquer, C.J.; Salas, Beatriz; Nápoles, A.J.; Ortega, E. y Palmero, L. 2005. Respuesta de soya (*Glycine max*) a la fertilización orgánica y biológica. Memorias VI Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (FITOGEN'2005), Sancti Spíritus, Cuba. pp. 152-153.

Baguet, J. 1997. Abonos orgánicos a partir de residuales urbanos. Forum de Ciencia y Técnica, Provincia Sancti Spíritus.

Balbuena, O.; Kucseva, C.D.; Stahringer, R.C.; Gándara, R.F. y Slanac, A.L. 2001. Grano de sorgo seco y silaje de grano de sorgo húmedo para engorde de novillos. Rev. Arg. Prod. Animal 21 (Supl. 1):4-5.

Bécquer, C.J.; Salas, Beatriz; Archambault, D.; Anya, A. y Slaski, J. 2005. Inoculación de trigo (*Tricum aestivum*, L.) con rizobios aislados de ecosistemas ganaderos de Sancti Spíritus, Cuba. Memorias VI Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (FITOGEN'2005), Sancti Spíritus, Cuba. pp. 46-47.

Caballero, M. y Valdés, M. 1983. Incidencia *Azospirillum* en algunas gramíneas del trópico subhúmedo cálido de México, Turrialba. 33 (1):83-88.

Caldeira, S.F.; Chaves, G.M. y Zambolim, L. 1983. Asociacao de micorriza vesicular arbuscular com cafe, limao-rosa e capim gordura. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 18 (3):223-228.

Calderón, F. 1995. Concepción moderna de la nutrición vegetal. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá. p. 305.

Cancio, T.; Peña, J.L. y Peña, F. 1990. El factor cobertura y la erosión del suelo. Ciencia y Técnica Agricultura. Suelos y Agroquímica. 13 (3):57-63.

Canet, R. y Chaviano, Mariela. 2001. Guía técnica para producir Sorgo en áreas ganaderas. Inst. Inv. Arroz. MINAGRI.

- Canet, R., Chaviano, Mariela, Alemán, L. y Cabello, R. 2003. Guía técnica para la producción del (*Sorghum bicolor* L. Moench). Inst. Inv. Arroz. MINAGRI. La Habana. 1<sup>er</sup> Edición. p. 7-8.
- Canet, R.; Alemán, L. y Armenteros, M<sup>a</sup> de los A. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench) en Cuba. Memorias VI Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (FITOGEN'2005), Sancti Spíritus, Cuba. pp. 166-167.
- Carvalho, O. S.; Fontes, L.; Filho, W.; Cardoso, A. y Defelipo, B. 1980. Absorcao e distribucao de nitrogenio, fósforo e potasio em sorgo granífero em funcao da abudacao nitrogenada. Revista CERES 27 (152):535-548.
- Chaviano, Mariela. 2005. El Sorgo: contribución al desarrollo sostenible y ecológico de la producción popular de arroz. Rev. Agr. Org. Año 11, No. 1. pp. 8-11.  
Cuba, MINAGRI, Instituto de Suelos: Nueva versión de clasificación genética de suelos de Cuba. 1995. Ciudad Habana. p. 26.
- Cuevas, R.J.; Campos, Lilia; Mayea, Ojeda y Vales, Victoria. 1987. Instructivo técnico para el desarrollo de la lombricultura en Cuba.
- Domínguez, A. 1989. Tratado de fertilización. 2<sup>da</sup> edición. Madrid. Mundi Prensa. p. 585.
- Duncan, D.B. 1955. Múltiple range and múltiple F. Test. Biometric 11:1.
- Espinoza, F.M.; Argenti, Patricia; Gil, J.L.; Perdomo, E. y León, L. 1992. Rendimiento y calidad nutritiva de cuatro híbridos y una variedad de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* Pers.) bajo riego complementario. Rev. Zootecnia Tropical. Vol. 10 (2): 171-188.
- FAO. 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. No. 27. Roma.
- Forrajes & Granos Journal. 2000. Ciclos, densidades y distancias del sorgo en siembra directa. Portal E-campo S.A.

Fossati, J. 2000. Comportamiento de cultivares de sorgo granífero. Campaña 1999/2000. INTA Rafaela. Hola Informativa N° 5. Agosto de 2000. <http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/default.htm>

Funes, F.; Yañez, S. y Zambrana, Teresa. 1998. Semillas de pastos y forrajes tropicales. Métodos prácticos para su producción sostenible. ACPA, la Habana, Cuba. pp. 91-93.

Goiri, G. y Parra, R. 1981. Valoración Sección Nutrición y Forrajes. Instituto de Producción animal. Fac. Agronomía. Univ. Central Venezuela-Maracay. p.6.

González, C. y Hurtado, E. 2001. Aspectos generales de la producción de cerdos a campo. Rev. ACPA. No.3. pp. 40-44.

González, R. y Graterol, Y. 2003. Comportamiento de 23 híbridos de sorgo granífero bajo condiciones de norte-verano en el estado Portuguesa. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 20:297-305.

González, R.O. 1995. Acumulación relativa de nutrimentos (N-P-K) en tejidos de sorgo granífero. Documento FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias de/ Estado Portuguesa. Acarigua. <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fdivul.html>

Guzmán, J.J.; Marrero, Virginia y Roque, Adilen. 1998. El cultivo de Sorgo y sus requerimientos nutrimentales más importantes. MINAGRI. IIH "Liliana Dimitrova". En: Producción de cultivo en condiciones tropicales, La Habana. p. 211-213.

Hernández, Consuelo; Muñoz, P.; Ojeda, L.; León, G.; Izaguirre, Nersy y Castellón, Arelys. 2005. Comportamiento de algunos abonos verdes en suelos pardo grisáceos. Memorias VI Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (FITOGEN'2005), Sancti Spíritus, Cuba. pp. 214-215.

Hernández, Neice. 1989. Contribución al estudio de la regionalización de gramíneas en la provincia Sancti Spíritus. Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. en Ciencias. ISCAH-ICA. La Habana, Cuba. pp. 8-9.



Herrera, J.L.; González, Gabriela; Ovalle, O. y Valenzuela, J.S. 2003. Validación y transferencia de tecnología del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) variedad Ansb – 2000 con potencial para su utilización en el consumo humano, en tres estados del semidesierto. Informe final Programa de sorgo de la UAAAN, periodo enero-diciembre. pp. 451-457.

Hons, F. M.; Moresco, R. M.; Wiedenfeld, R. P. and Cothrem, J. T. 1986. Applied nitrogen and phosphorus effects on yield and nutrient uptake by high energy sorghum produced for grain and biomass. Agron. Journal. Vol. 78:1069-1078.

Instituto de Investigaciones de Suelos. MINAGRI. 2002. Resultados del contenido de nutrientes en el cachafé.

León, Alicia y Angulo, I. 1989. Materias Primas Alternativas para la Producción de Alimentos Concentrados para Animales en Venezuela. FONAIAP Divulga, No 31. <http://www.fonaiap.gov.ve>.

Listado oficial de semillas de Pasto y Forraje. 2002. Instituto de Investigaciones en Pastos y Forrajes. MINAGRI.

Lizarazo, J.L. 2004. La importancia de los Commodities Agrícolas en el Desarrollo de América Latina y el Caribe Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. Rev. InterCambio InterCambio. Área de Comercio y Agronegocios. pp. 14-25. [www.iica.int](http://www.iica.int)

López, Y. y Pared, E.R. 2005. Evaluación de la combinación de *Rizobium*, *Trichoderma* y dos cepas de *Micorriza* como alternativa en el manejo ecológico del cultivo del frijol común. Memorias VI Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (FITOGEN'2005), Sancti Spíritus, Cuba. pp. 150-151.

Manjanth, A. y Habte, M. 1988. Desarrollo de la infección por micorrizas vesículo arbusculares y absorción de nutrimentos intranslocables en *Leucaena leucocephala*. Plant and Soil 106 (1).

- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London. Academic Press.
- Martín, G. 2005. Cultivos: Sorgo granífero Volver al futuro. Rev. Producción (Mayo-Junio 2005). Cátedra de Forrajes y Cereales, FAZ – UNT. <http://www.volveralfuturo.htm>
- Medina, O.A.; Sylvia, D.M. y Kretschmer, A.E. 1987. Growth response of tropical legumes to inoculation with *Glomus intradices*. Tropical Grasslands. 21(1):24-27.
- Medina, O.A.; Sylvia, D.M. y Kretschmer, A.E. 1988. Respuesta de siratro a micorrizas vesículo-arbusculares.2. Eficacia de micorrizas a diferentes niveles de fósforo. Soil Sci. Society of America Journal. 52 (2).
- Mena, T.H. 1982. Ensayos regionales de sorgo granífero. FONAIAP-CENIAP. Maracay, Ven. p. 20.
- Monje, A. 2002. Utilización de grano de sorgo en sistemas de feedlot de terneros. Fuente: INTA EEA Concepción del Uruguay. Año II - N° 70. <http://www.telecom.com.ar>
- Monzote, Martha. 2000. Agricultura orgánica paradigma del siglo. Rev. Agr. Org. Año 6. No.1: 7-10.
- Newbold, P. 1989. The use of nitrogen fertilizar in agricultura where do we go practically and ecologically? Plant and Soil. 115:297-311.
- Newman, E.I. 1981. Las micorrizas en relación con la nutrición mineral de los pastos. In: Meeting on the use of nuclear techniques to study. The role of Micorriza in increasing food crop production. Viena.
- Newton, W.E. 1999. Nitrogen fixation and the biosphere. In: Hight lights of nitrogen fixation research. Eds. Martínez, Esperanza and Menéndez, Georgina. Kluwer Academic Plenum Publishers, 1:1-8.

Oramas, G.; Torres, M.C.; Díaz, Miriam; Sánchez, M.; Rodríguez, E. 1998. Nueva colección de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para diferentes fines. MINAGRI. IIH "Liliana Dimitrova". En: Producción de cultivo en condiciones tropicales, La Habana. p. 160-161.

Oramas, G.; Valdés, Lourdes; Hernández, L.; Queri, O.; García, Nancy; Sánchez, M. y González, Albis. 2002. Informe de nuevas variedades. ISIAP Dorado, primera variedad de sorgo de grano blanco para consumo humano en Cuba. Rev. Biofertilizantes. Vol. 23. No. 4. <http://www.inca.edu.cu/Revista%20Página%20INTRANET/CultivosTropicales.htm>

Ortega, F. 1965. El contenido de materia orgánica y la relación carbono nitrógeno de los principales suelos tropicales de Cuba. Rev. de Agricultura 1. Edit. A. Ciencias. pp. 18-25.

Ortiz, C.; Fernández, I.; Guzmán, J. y Marrero, Virginia. 2003. Niveles de nitrógeno y densidad de población en el rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para grano. Rev. Electrónica Granma Ciencia. Vol.7, No.2, Mayo-Agosto. ISSN 1027-975X.

Paneque, V.M. y Bertol, M.P. 1988. Abonos orgánicos. Concepto práctico para su evaluación y aplicación (Folleto). INCA. Dpto Biofertilización y nutrición de las plantas y Dpto Fitotecnia. La Habana, Sept.

Paulino, V.T.; Ocampo, J.A. y Bedmar, E.J. 1987. Interacción rizobio micorriza vesículo-arbuscular en la fijación de N en leguminosas tropicales cultivadas en medio inerte. Rev. Agricultura (Brasil), 62(1).

Pequeño, J. 1996. Agroquímica. Edit. 4. Universitaria. La Habana, Cuba. pp. 355-413.

Purcino, A.A. and Lynd, J.Q. 1985. Tripartite symbiosis of *Stylosanthes scabra* Vog influenced by soil fertility treatments of a Typic Eustrustox, *Agronomy Journal*, 77 (3): 455-458.

Rabí, O. 2004. Dos pájaros de un tiro. El Habanero. Edición digital. <http://www.elhabanero.cubaweb.cu>

Ramoa, H.A. y Sánchez, M.A. 1998. Cultivo de Sorgo Granífero. Documento Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. pp.10-21.

Saif, S.R. 1987. Respuesta de crecimiento de especies forrajeras tropicales a micorrizas vesículo-arbusculares. 1. Crecimiento, absorción mineral y dependencia de micorrizas. *Plant and Soil*, 91(1).

Salas, Beatriz; Bécquer, C.J.; Archambault, D.; Anya, A. y Slaski, J. 2005. Inoculación de maíz (*Zea mays*, L.) con rizobios aislados de ecosistemas ganaderos de Sancti Spíritus, Cuba. Memorias VI Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (FITOGEN'2005), Sancti Spíritus, Cuba. pp. 148-149.

Salgado, J.; Martínez, F.; Vargas, L.; Capote, V. y Harewood, C.H. 1991. Estudio comparativo de 5 métodos para la determinación de taninos en Sorgo. *Rev. Cubana de Ciencia Avícola*. No.18 (2):167-168.

Sánchez, M.; Oramas, G.; Fernández, Jany; Benítez, E.; Rodríguez, I.; Pérez, N. y Villafranca, Y. 1998. Densidad de población óptima en sorgo enano de grano V-3018. En: Producción de cultivo en condiciones tropicales, La Habana. pp. 47-48.

Solórzano, P.A. 1986. El sorgo granífero: su producción en Venezuela PROTINAL. p. 140.

Solórzano, P.R. 1982. Efectos de niveles de nitrógeno y poblaciones sobre el rendimiento de sorgo granífero y sobre la acumulación y distribución del nitrógeno en la planta. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Maracay. 12 (3-4):301-326.

Vance, C.P. 1997. Nitrogen fixation capacity. IN: CAB International. Eds. McKersie, B.D. and Brown, D.C.W. 15:375-404.

Vance, C.P.; Graham, P.H. and Allan, Deborah. 2000. Biological Nitrogen Fixation: phosphorus-a critical need? In: Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress on Nitrogen Fixation. Foz do Iguaku,

Parana, Brazil. September 12-17. pp. 505-504.

Villasana, R. 2005. Período crítico de competencia entre el cultivo del Millo (*Sorghum vulgare Pers*) y las malezas. Rev. Agricultura Orgánica. No. 3. 2005. pp. 22-23.

Waggoner, P.E. 1994. How much land can ten million spare for nature? Council for Agricultural Science and Technology. Report. 121. p. 63.

Yagodin, B.A. 1986. Agroquímica. Moscú. MIR.

### **(Anexo 1)**



Área experimental lista para realizar la labor de siembra.



**(Anexo 2)**



. Plantación de sorgo al finalizar la labor de aporque.

**(Anexo 3)**





Medición de la altura de las plantas a los 45 días.

**(Anexo 4)**



Medición del número de plantas por metro lineal durante el establecimiento.

**(Anexo 5)**





Muestra representativa de las panículas en el momento de la cosecha.

**(Anexo 6)**



Muestra de semillas listas para ser almacenadas.