



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**  
**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES**  
***“Indio Hatuey”***

**Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes**

**Efecto de alternativas de fertilización biológica  
en el comportamiento agronómico del sorgo (*Sorghum bicolor*  
L. Moench) cv. UDG-110**

**Autora:**

**Ing. Irma Cáceres Amores**

**Tutora:**

**Ing. Hilda B. Wencomo Cárdenas *Dra.C.***

**Cotutora:**

**Ing. Marlèn Navarro Boulandier *Dra.C.***

**Perico Matanzas**

**2018**

***CUANDO SE NOS OTORGA LA ENSEÑANZA SE DEBE  
PERCIBIR COMO UN VALIOSO REGALO Y NO COMO UNA DURA TAREA,  
AQUÍ ESTÁ LA DIFERENCIA DE LO TRASCENDENTE.***

***ALBERT EINSTEIN***

## **AGRADECIMIENTOS**

La elaboración y culminación de un trabajo de tesis, además del sacrificio y del esfuerzo personal, indudablemente lleva implícito el apoyo y la cooperación de personas, a las cuales deseo extender mis más sinceros agradecimientos.

- ✓ A Jesucristo, que, al aferrarme a él, me permitió crecerme en el plano profesional.
- ✓ A Giraldo J. Martín Martín, que me dio la oportunidad de dedicarme a tiempo completo a la realización de mi tesis en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes.
- ✓ A la Dra.C. Hilda B. Wencomo Cárdenas por su dedicación y enseñanza para transformarme de una profesional de la producción en conocedora de los procesos de la Investigación.
- ✓ A DrC. Orlando M. Saucedo Catillo, el cual siempre ha estado dispuesto atenderme en cualquier circunstancia e impregnarme el interés por estudiar el cultivo del sorgo y sus valores humanos.
- ✓ Al comité académico de la EEPF Indio Hatuey y en especial a la Dra.C. Mildrey Soca Pérez, que con sus críticas oportunas me permitieron avanzar y lograr mis objetivos.
- ✓ A la Dra.C Marlen Navarro Boulandier por su ayuda al diseñar el esquema de la investigación y los tratamientos.
- ✓ Al Dr. C. Arístides Pérez Vargas, primer investigador que mostró el interés para que realizara mi tesis de maestría en el cultivo del sorgo.
- ✓ Al Ing. Amado M. Hernández Mijangos Especialista en Investigaciones Agrícolas, que desde el primer momento me ayudó a montar, desarrollar y concluir los experimentos.
- ✓ Al Ing. Irinaldo Castañeda Pimienta Jefe de brigada de la finca de granos y semillas por su apoyo incondicional junto a los obreros de la finca para la atención del experimento.
- ✓ A Leidany Matos Sanabria por su apoyo en la redacción de la tesis y elaboración del control de los resultados de la Investigación y siempre estar dispuesta a ayudar.
- ✓ A los trabajadores de la EEPF Indio Hatuey que me transmiten afecto y cariño.
- ✓ En especial al líder histórico Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y a la revolución cubana que nos da la posibilidad de superarnos cada día más.

**A todos, muchas gracias**

## DEDICATORIA

A mis padres. Por su apoyo incondicional y siempre estar a mi lado.

A mis hijos. A los que tanto amo y he fracasado en el intento de formarlos como profesionales.

A mis hermanos. Por su apoyo incondicional y siempre estar a mi lado para darme su apoyo ante los tropiezos que me ha dado la vida especialmente a Dorita y mis sobrinos Amanda y Nelsito.

A mi tía Arelis Amores Flores y mis primos Nuria Quintana Amores, Niurys y Héctico.

A mis amigas. Ada Muñoz Peña, Midialys Angárica Galarraga y Ariala Vera Hernández.

A mis nueras Mailyn Delgado Santás, Dianela Recio Vera y mi nieta postiza que tanto afecto y cariño me transmiten.

A mi ex compañero Raúl Segredo León por su apoyo incondicional y el amor que entrega a nuestro hijo.

## RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" con el objetivo de conocer el efecto de alternativas de fertilización biológica en el comportamiento agronómico del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cv. UDG-110 en condiciones de campo. Se evaluaron seis tratamientos I control (sin fertilizante); II Agromenas-G- 1,5 t.ha<sup>-1</sup>; III humus de lombriz - 4,0 t.ha<sup>-1</sup>, IV Agromenas-G 1,5 t.ha<sup>-1</sup> + FitoMas-E® lt/ha, V humus de lombriz 4,0 t.ha<sup>-1</sup> + FitoMas-E® lt/ha VI control absoluto: fórmula completa (9-13-17) 140 kg aportado en dos momentos, 50 % de fondo en el surco en el momento de la siembra y el otro 50 % a los 25 días. Con el fin de determinar el comportamiento del cultivar estudiado, se estudiaron los siguientes indicadores productivos: altura de la planta, longitud de la panícula, ancho de la panícula, diámetro del tallo, peso de la panícula, peso granos/panícula, número de granos, peso de los granos, rendimiento agrícola, porcentaje de MS. Los resultados fueron sometidos a un ANOVA y análisis de componentes principales (ACP). Los indicadores del rendimiento lograron valores superiores con el tratamiento VI, la mejor alternativa de fertilización biológica fue el humus de lombriz, seguido de la combinación de éste con FitoMas-E®. La alternativa de fertilización biológica, es una opción viable para la producción de sorgo, ya que son equiparables los resultados obtenidos en algunos indicadores con la fertilización química; lo cual permitirá disminuir el uso excesivo de fertilizantes químicos, que contaminen los suelos, los ecosistemas y la producción. Con el uso de humus de lombriz se logra un comportamiento aceptable en los indicadores morfo-fisiológicos de la planta estudiada, excepto para el peso de la panícula y el número y peso de los granos. Se recomienda continuar profundizando en estos estudios, además de usar otras alternativas de fertilización biológica.

**Palabras claves:** indicadores morfo-fisiológicos, caracterización, sorgo, materia orgánica

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Introducción</b> .....	1
Capítulo 1. Revisión bibliográfica .....	5
1.1 El Sorgo .....	5
1.1.1 Origen, distribución mundial y en Cuba .....	5
1.1.2 Variedades, características y usos.....	6
1.1.2.1. Descripción del cv. UDG-110.....	6
1.1.2.2. Características y potencialidades .....	10
1.1.3 Requerimientos edafoclimáticas.....	11
1.1.4 Valor nutritivo y rendimiento del grano de sorgo.....	13
1.1.5 Fertilización del cultivo del sorgo.....	14
1.1.6 Utilización del sorgo .....	19
1.1.8 La sostenibilidad de los sistemas agrícolas .....	27
1.1.9 El suelo y su degradación .....	28
1.1.10 La materia orgánica .....	30
1.1.11 Materiales orgánicos, uso y aplicación.....	30
1.1.11.1 Humus de lombriz .....	31
1.1.11.2 Agromenas-G.....	32
1.1.11.3 FitoMas-E®.....	33
1.1.12 Influencia de los materiales orgánicos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y la microflora del suelo.....	35
Capítulo 2.- Metodología experimental .....	46
2.1.- Ubicación del área experimental .....	46
2.2.- Características del suelo y el clima .....	46
2.2.1.- Suelo.....	46
2.2.2.- Clima.....	46
2.3.- Preparación de suelo, siembra, establecimiento y calidad de la semilla .....	47
2.3.1- Descripción del experimento en condiciones de campo .....	48
2.3.2- Procedimiento experimental .....	48
2.4. Evaluación de las características del suelo, los fertilizantes biológicos (Agromenas-G y Humus de lombriz) y de los indicadores morfofisiológicos y del rendimiento agrícola. ....	51

2.4.1.- Muestreo de suelo y fertilizantes biológicos.....	51
2.5.- Evaluación de caracteres morfo-fisiológicos y de rendimiento agrícola .....	51
2.6.- Cosecha.....	52
2.7 Análisis estadístico .....	53
Capítulo 3. Resultados y discusión .....	54
3.1.-Características del suelo y de los abonos usados .....	54
3.1.1.- Suelo.....	54
3.1.2 Abonos orgánicos .....	57
3.2.- Evaluación de caracteres morfo-fisiológicos y de rendimiento agrícola .....	60
3.2.1. Altura de la planta .....	60
3.2.2. Grosor del tallo.....	64
3.2.3 Peso total de la biomasa .....	66
3.2.4 Longitud de la panícula .....	68
3.2.5 Ancho de la panícula .....	71
3.2.6 Peso de la panícula y de los granos y número de granos.....	74
3.2.7. Rendimiento y contenido de materia seca .....	69
3.2.8. Análisis factorial de los indicadores evaluados .....	72
<b>Conclusiones</b> .....	<b>77</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>78</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>79</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 A: Planta de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) cv. UDG-110; B: panícula y C: granos.....	7
Figura 2.1. Diseño experimental usado .....	50
Figura 3.1. Comportamiento de la altura en función de los tratamientos.....	61
Figura 3.2. Comportamiento del grosor del tallo en función de los tratamientos.....	65
Figura 3.3. Comportamiento del peso total de la biomasa en función de los tratamientos. ....	66
Figura 3.4. Comportamiento de la longitud de la panícula en función de los tratamientos. ....	68
Figura 3.5. Comportamiento del ancho de la panícula en función de los tratamientos... ..	71
Figura 3.6. Comportamiento del peso de la panícula y de los granos y número de granos en función de los tratamientos.....	75



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla: 1.1. Dosis de fertilizantes minerales para un buen desarrollo de la planta de sorgo.....	15
Tabla 1.2. Porcentaje de los principales nutrientes que vuelven al suelo a través de los rastrojos de sorgo granífero. ....	17
Tabla 2.1. Comportamiento del clima en los últimos 6 años (2012-2017).....	47
Tabla 2.2. Comportamiento del clima durante el periodo experimental (diciembre 2016-marzo 2017).....	47
Tabla 3.1. Composición química del suelo en el área experimental.....	54
Tabla 3.2. Caracterización química de los abonos orgánicos utilizados.....	57
Tabla 3.3. Indicadores del rendimiento y contenido de materia seca (%). ....	70
Tabla 3.4. Matriz de las correlaciones fenotípicas.....	72
Tabla 3.5. KMO y Prueba de esfericidad de Bartlett.....	73
Tabla 3.6. Resultados del ACP y relación entre los indicadores evaluados. ....	74

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el panorama mundial en la producción de alimentos plantea el reto de generar propuestas tecnológicas que impliquen la promoción de modelos agropecuarios sostenibles, con una reducción considerable de los insumos externos, con el objetivo de disminuir los costos e incrementar los beneficios económicos por unidad de producto, sin deteriorar el medio ambiente (Martín *et al.*, 2011).

Según reportes de la FAO (2011), el déficit de granos previstos para el año 2050 será de 450 millones de toneladas anuales, por lo que se hace necesario crear estrategias para incrementar la producción con altos rendimientos. Es por ello, que en la Agenda para el 2030 el Sistema de Naciones Unidas en Cuba plantea como objetivos y metas de desarrollo sostenible el objetivo 2: poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. Para la mencionada fecha, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, que fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, y a los fenómenos meteorológicos extremos, a las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra, es una prioridad insoslayable.

Entre las acciones para proteger los ecosistemas agropecuarios y prevenir su degradación, se encuentra la aplicación de abonos orgánicos; esta actividad según criterios de Paneque y Calaña (2004) citado por Sánchez (2011), tiene una importancia muy significativa, ya que la materia orgánica, y particularmente el humus, es el sostén básico para la vida en este medio; además de que puede definir su potencial productivo.

En ese sentido, se visualiza a los fertilizantes biológicos (humus de lombriz, cachaza, gallinaza, entre otros); al igual que minerales naturales y residuos (zeolita, dolomita, Agromena), que contienen elementos útiles al mejoramiento de las propiedades físico-química de los suelos; y por consiguiente, de los cultivos como productos naturales que incrementan la disponibilidad de nutrientes en el suelo y generan sustancias que estimulan el crecimiento vegetal, lo que se revierte en una agricultura más orgánica y sustentable, además de que repercuten de forma positiva en el equilibrio de las poblaciones microbianas que habitan el mismo (Rodríguez et al., 2007).

Unido a todo esto, está la necesidad de aumentar de manera sostenible la producción de cereales como una alternativa para contribuir con la seguridad alimentaria y cubrir las insuficiencias siempre crecientes de los pueblos. Esto ha propiciado que los productores busquen elevar sus niveles de producción y mayores rendimientos utilizando diferentes especies, variedades; así como alternativas de fertilización. Dentro de ellos, se puede mencionar al sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), el cual es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo (*Triticum aestivum* L.), el maíz (*Zea mays* L.), el arroz (*Oryza sativa* L.) y la cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Martin, 1985). La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales, por lo que se le ha denominado «el cereal del siglo XXI». Debido a su resistencia a la sequía, se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvia errática (Suárez y Zeledón 2003) y es poco susceptible a enfermedades. En los inicios de su producción se empleaba fundamentalmente para la alimentación humana; sin embargo, en la actualidad su consumo por parte de los animales se ha duplicado; asimismo, su uso en la agricultura

urbana para evitar la incidencia de insectos potencialmente plagas Rodríguez *et al.*, (2006).

De igual forma, produce altos volúmenes de biomasa y granos, con bajos niveles de insumos, nutricional e hídrico con alto potencial nutricional bajo condiciones sostenibles de producción. Este cultivo cumple una doble finalidad, ya que tanto al grano como a la paja se les concede un alto valor. En muchas zonas del mundo en desarrollo, la paja representa hasta el 50 % del valor de la cosecha, especialmente en los años de sequía. (Saucedo, 2017).

El principal problema que limita hoy la producción de sorgo para granos en Cuba es la utilización de genotipos que no son aptos para su cultivo en zonas, que, entre otras características, presentan deficiente humedad y altas temperaturas, lo cual ha obligado a que se realicen numerosos estudios sobre el comportamiento de diversos genotipos bajo dichas condiciones. (Martín *et al.*, 1994)

Partiendo de estos preceptos en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey de conjunto con la Universidad Central de Las Villas (UCLV) se llevan a cabo desde hace más de diez años estudios encaminados a elevar el nivel de producción del sorgo de granos y doble propósito en las condiciones climáticas y las características del centro.

A pesar de que existen varias investigaciones sobre este cultivo, existen limitados estudios sobre alternativas de fertilización biológica en la tecnología integral del sorgo en Cuba, lo que constituye una limitante para alcanzar rendimientos estables y sostenibles.

## **Hipótesis**

El empleo de fertilización biológica, es una alternativa viable que puede incidir en los indicadores morfo-fisiológicos del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cv. UDG-110; así como permitir que se logren rendimientos aceptables bajo condiciones sostenibles de producción.

## **Objetivo general:**

Conocer el efecto de alternativas de fertilización biológica en el comportamiento agronómico del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cv. UDG-110 en condiciones de campo.

## **Objetivos específicos:**

1. Determinar en qué medida las características del suelo y los fertilizantes biológicos y su combinación son favorables para el cultivo del sorgo.
2. Conocer el efecto de alternativas de fertilización biológica sobre los indicadores morfo-fisiológicos del sorgo.
3. Seleccionar en base a los indicadores del rendimiento la alternativa de fertilización biológica más efectiva para lograr los mejores rendimientos agrícolas.

# **CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1 El Sorgo**

El sorgo es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena (FAO, 2008). Los principales lugares de producción de sorgo se encuentran en las regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtrópicos (Saucedo et al., 2008).

La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales. Debido a su resistencia a la sequía, se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvia errática (Villeda, 2014)

### **1.1.1 Origen, distribución mundial y en Cuba**

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. (Wikipedia., 2007).

En dicho país, una parte importante de este cultivo, se destina al consumo humano, mientras que en América y Oceanía la mayor parte producida se emplea para el consumo animal; por ejemplo, en la alimentación del ganado (Oramas et al., 2002), en aves de corral (Caballero, 1998a; Oramas et al., 1998a; Gilbert, 1999), además es muy utilizado en otros países como materia prima en la almidonería y la industria alcoholera (Vitale et al., 1998). Asimismo, se han realizado estudios sobre la respuesta a la aplicación de N y P en sorgos sensibles al fotoperiodo (Bationo y Vlek, 1998; Pandey et al., 2001).

En Cuba, el sorgo se ha consumido como alimento humano y animal durante los últimos 100 años, en zonas limitadas del país tales como Bejucal, Alquizar, Quivicán y otras (Oramas *et al.*, 2003). A pesar, de que no existe tradición de cultivo de este cereal se han dado pasos importantes en la extensión del mismo, ya que constituye una alternativa viable y factible (Saucedo *et al.*, 2005). Por ello, la necesidad de reducir importaciones, debido a los altos precios del trigo y otros cereales a nivel internacional, ocasionado en buena medida por las dificultades para su adquisición, motivadas por el férreo bloqueo impuesto a Cuba por E.U., lo recomiendan para la producción de granos destinados a la elaboración de productos para la alimentación humana.

Por otro lado, el desarrollo que es necesario alcanzar en la cría de aves y cerdos para garantizar los planes alimentarios del país está motivando a los productores a la siembra de sorgo y otros granos para producir alimento para los animales de cría (Pons, 2005).

### **1.1.2 Variedades, características y usos**

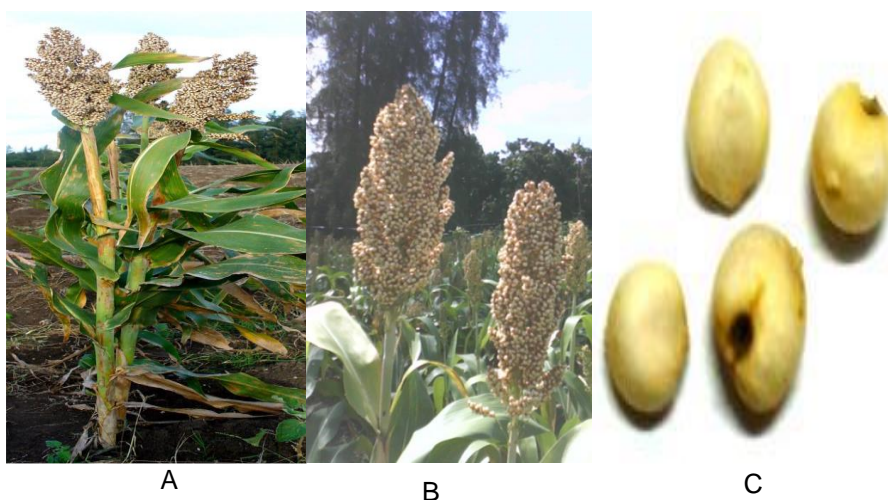
Se han estudiado diferentes variedades de sorgo, tales como: CIAP 2, CIAP 6 y CIAP132-R; sin embargo, Saucedo (2008) plantea que el cv. UDG-110, presenta un alto grado de tolerancia a la sequía y evasividad al calor; mientras que otras variedades registradas presentan cualidades importantes.

#### **1.1.2.1. Descripción del cv. UDG-110**

La Facultad de Agronomía de la Universidad de Guadalajara, México, liberó en el año 1989 el cv. UDG-110 (figura 1.1) de polinización libre, la cual fue introducida y seleccionada en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas a finales de 1990.

El período comprendido entre la siembra y germinación varía de 3 a 5 días. A partir de la misma y hasta la diferenciación floral transcurren de 35 a 45 días, en esta etapa la planta

tiene una altura de 45 a 55 cm. Posteriormente a los 25 a 30 días se observa el embuchamiento. El estado de buche, el cual ocurre cuando la planta tiene de 95 a 120 cm, presentando el número total de nudos (Saucedo et al., 2005). Según este autor, el tiempo transcurrido entre el estado de buche y el inicio de la emergencia de la panícula es de 7 a 8 días.



**Figura 1.1 A: Planta de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) cv. UDG-110; B: panícula y C: granos.**

La floración o antesis es de 6 a 8 días. En ésta fenofase la planta alcanza su máxima área foliar y su altura fluctúa entre 122 y 142 cm (Saucedo et al., 2005). En la estación de seca, posteriormente de 18 a 20 días el grano presenta el estado lechoso y la planta presenta su porte total. El grano pasa de estado lechoso a estado mazoso a los 10 a 12 días y posteriormente de 13 a 15 días aparece el hilo o capa negra indicadora de que la planta alcanzó la madurez fisiológica. Sin embargo, la madurez total (comercial) se alcanza cuando el grano contiene de 16 a 18% de humedad, lo cual ocurre entre 114 a 138 días a partir de la germinación en dependencia de la época de siembra.

Según reportes de Saucedo et al., (2005) presenta ligera fotosensibilidad, alargando su ciclo y longitud de la planta en siembras realizadas en el período marzo-agosto. Las



plantas del cv. UDG-110 se caracterizan porque su tallo alcanza una longitud medida de la base de la planta a la base de la panícula de 95 a 140 cm; en condiciones desfavorables y hasta 175 cm en ambientes idóneos en siembras realizadas en el periodo septiembre-diciembre; mientras que en la siembra desde marzo-agosto alcanza una longitud del tallo de 150 a 200 cm; es poco fibroso de sabor semidulce durante el llenado del grano; asimismo, presenta de 9 a 12 nudos en el periodo de siembra de septiembre a diciembre y de 14 a 17 nudos entre marzo y agosto.

De igual modo, es válido mencionar que el número de nudos se corresponde con el número de hojas para las siembras realizadas. Su índice de área foliar (IAF) oscila de 4,11 en marcos de siembra de 0,90 x 0,10 m hasta 8,20 a distancias de 0,70 x 0,5 m.

En ese sentido, González (1961) comenta que el sorgo tiene hábito y fisiología vegetal (metabolismo de las plantas C<sub>4</sub>) similares a los del maíz (*Zea mays*). Presenta un sistema radical profuso que le brinda una estructura de soporte muy desarrollada, lo que permite acumular gran cantidad de reservas; además le confiere una mayor capacidad de penetración y mejor persistencia en climas secos, donde la escasez de agua se mantiene por períodos prolongados; su tallo es grueso, con espinas que nacen por pares, y la altura puede oscilar de 1 a 3 m. Los nudos presentan abundantes pilosidades. Las hojas son alternas, aserradas, lanceoladas, anchas y ásperas en su margen; estas tienen la propiedad de quitinización durante los períodos secos, lo que retarda el proceso de desecación.

La altura de la planta está influenciada por factores tales como la humedad, la temperatura y la competencia que son determinantes en el crecimiento del sorgo (Compton, 1990).

Por su parte, Valladares (2010) señala que en su sistema radicular el sorgo presenta raíces adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas raíces laterales; la profusa ramificación y amplia distribución es la razón por la que presenta resistencia a la sequía. La planta puede permanecer latente durante largos períodos de sequía sin que las partes florales en desarrollo se mueran; continuando su crecimiento cuando las condiciones ambientales le sean favorables. Presenta un tallo cilíndrico, erecto, sólido y puede alcanzar alturas desde 0,5-5 m de longitud, el cual está dividido en nudos y entrenudos, variando en número según la variedad.

Este mismo autor refiere que el tallo presenta un número de hojas comprendido entre 5 y 24; que están provistas de una vaina más larga que los entrenudos a los que cubre y rodea completamente; la vaina termina en una corta lígula membranosa y el limbo de la hoja es de forma lanceolado-acintada y de una longitud comprendida entre 30 y 100 cm. Tiene una inflorescencia llamada panícula (racimo), es compacta en algunas variedades y abierta en otras como en los forrajeros y en los escoberos. Cuenta con un raquis central completamente escondido por la densidad de las ramas de la panícula o totalmente expuesto.

Compton (1990) plantea que la longitud de la panícula, se reduce tanto, con el aumento de la densidad de siembra, como con la disminución de las distancias entre hileras, esto por la competencia entre las plantas por nutrientes, luz y humedad del suelo, el tamaño potencial de la panícula ocurre después de los 45 a 50 días, cuando ya ha desarrollado la panícula. La inserción de la panícula es importante para la cosecha mecanizada y para la tolerancia a enfermedades. La panícula es corta o larga, suelta y abierta, compacta o semi-compacta; puede tener de 4 a 25 cm de largo, de 2 a 20 cm de ancho y puede llegar

a tener hasta 6 000 flores. Mientras que Methol (2013, en línea) señala que, de acuerdo con la polinización, el sorgo es una planta autofértil. Asimismo, asevera que a veces ocurren polinizaciones cruzadas por el efecto del viento. Las flores se agrupan en una panícula. Existen dos tipos de flores: algunas de ellas son sésiles (no tienen órgano de soporte) son hermafroditas, y las otras tienen un pedúnculo (que es la última ramificación, en una inflorescencia, del eje que lleva una flor), y generalmente son machos.

Valladares (2010) afirma que los granos son pequeños (1 000 gramos es el peso aproximado de 1 000 granos). El color de la semilla es blanco, rojo, café o amarillo. Es una cariósida que contiene un alto contenido de almidón. Éste varía en el color que va desde el blanco a tonalidades oscuras de rojo y pardo, pasando por el amarillo pálido, hasta pardo púrpura profundo. Los colores más comunes son el blanco, el bronce y el pardo. Los granos son por lo general esféricos, pero varían en dimensión y forma. La cariopsis puede ser redondeada y con puntas romas, de 4-8 mm de diámetro. El peso de 1 000 granos de sorgo tiene un amplio margen de variación, de 3 a 80 gramos, pero en la mayoría de las variedades va de 25 a 30 gramos; y está cubierto parcialmente de glumas.

#### **1.1.2.2. Características y potencialidades**

De acuerdo con lo informado por Saucedo (2008), el sorgo presenta las siguientes características:

- a) Un sistema radical muy ramificado (su índice radical duplica al del maíz) y un déficit de presión de difusión en sus raíces, también superior al de la mayoría de los cultivos.
- b) Una capa de cera que recubre las hojas y tallos, que disminuye la evaporación.

- c) Células motoras o higroscópicas que están regular y abundantemente dispuestas a lo largo de la nervadura central de las hojas, de modo que producen un acartuchamiento de toda la hoja cuando falta el agua, formando un ambiente confinado que disminuye la evaporación; este mecanismo es una importante contribución a la economía de agua. En el maíz, en cambio, las células motoras existen en focos aislados y como consecuencia, su resistencia a la sequía es mucho menor.
- d) Un número de estomas mayor que en el maíz, pero su tamaño es mucho menor (aproximadamente la mitad). Esto le brinda mayor seguridad a la apertura y cierre, respondiendo con prontitud a las variaciones de humedad del ambiente.
- e) Facultad de entrar en “reposo vegetativo” cuando falta el agua. Los sorgos, en general, entran en período de dormancia o reposo vegetativo, que abandonan cuando hay de nuevo disponibilidad de agua.

### **1.1.3 Requerimientos edafoclimáticas**

Sus características de adaptabilidad en las condiciones edafoclimáticas de Cuba fueron estudiadas por (Funes y Yepes, 1978) y descritas por (Machado y Menéndez, 1979), quienes reportaron su buena plasticidad. Se plantea que este cultivo ofrece perspectivas favorables en relación con otros granos (Baffes, 1998), debido a que tiene menos requerimientos agrotécnicos, en general, y presenta una mayor plasticidad respecto a la época de siembra y el tipo de suelo (Sánchez, 1998; Oramas et al., 1998b).

Es una especie fotoperiódica. En Nicaragua (García et al., 2003) reportaron respuestas acerca de las variedades fotosensibles, y en El Salvador asocian el sorgo al maíz (DGEA, 2004); mientras que (Arias et al., 2004) plantean que si se asocia con soya representaría una opción ventajosa en Cuba, no sólo para mejorar la eficiencia de utilización de la tierra,

sino para promover una mayor calidad del forraje cosechado, sin afectar la producción del grano.

Correa (2001) planteó que la temperatura está relacionada con la época de siembra, pues las altas temperaturas aumentan las pérdidas, por coincidir con su período reproductivo. Crece bien en suelos cuyo pH oscile entre 5,5 y 8,5; sin embargo, el ideal está entre 5,5 y 6,5. Soporta la sal y se plantea que las variedades azucaradas exigen la presencia de carbonato cálcico en el suelo, lo que aumenta el contenido en sacarosa de los tallos y las hojas. Prefiere suelos sanos, profundos, que no sean demasiado pesados. No debe utilizarse como cultivo antecedente de los cereales de otoño. La temperatura de 38°C merma los rendimientos ya que provocan el aborto de sus flores; mientras que las de 27°C, resulta ideal para el período reproductivo. Asimismo, 21°C representa la mínima para un buen crecimiento, y 18°C, la óptima del suelo para su germinación.

El sorgo se considera el cultivo más eficiente en el uso del agua (Graveros, 2003). Es tolerante a la sequía, capaz de sufrir escasez de agua durante un período de tiempo bastante largo y reemprender su crecimiento más adelante cuando cesa esta. Por otra parte, necesita menos cantidad de agua que otros granos para formar un kilogramo de materia seca, debido a mecanismos de escape o de tolerancia a la sequía (especialmente en la etapa de diferenciación floral) sin perjudicar el rendimiento (Castro et al., 2000). Se plantea que el período crítico de necesidad de agua comprende desde el momento que aparece la panícula en las hojas del vértice de las plantas, hasta el final del estado leñoso del grano.

La enzima carboxilasa fosfoenilpiruvato es la responsable de que esta planta tenga la habilidad para mantener la eficiencia fotosintética bajo estrés (Maranville y Madhavan,

2002). También se plantea que cuando el tejido experimenta estrés hídrico, en este se produce un cierre estomático para restringir la pérdida de agua, o debe ajustar el tamaño de la célula o el potencial osmótico, de manera tal que el potencial hídrico de la célula baje para mantener la fluidez del agua líquida (Krieg, 2000).

La preparación adecuada del terreno es esencial para obtener una buena cosecha (Saucedo, 2008; Pérez y Hernández, 2009). Se recomienda arar a una profundidad de 10 a 20 cm de acuerdo con el tipo de suelo, entre 22 y 30 días antes de la siembra, ya que de esa forma se controlan los insectos y las especies arvenses.

Se debe establecer el cultivo en la época de siembra recomendada, para evitar los excesos o deficiencias de agua durante el crecimiento y desarrollo de la planta. En este sentido Correa (2001) plantea que la época está relacionada con la temperatura del suelo; a menor temperatura, aumentan las pérdidas. La siembra se realiza a chorrillo, con sembradora mecánica o manual, colocando la semilla entre 1 y 3 cm de profundidad.

#### **1.1.4 Valor nutritivo y rendimiento del grano de sorgo**

El aporte fundamental de los cereales es energético y su proteína es de inferior calidad que la de los granos de las leguminosas. El sorgo tiene un menor valor energético que el maíz, tampoco presenta elevado el contenido de caroteno, ni las cualidades pigmentantes del maíz; pero mayor en proteína y lisina. Su composición se asemeja más al trigo en lo que respecta al contenido energético, proteico y lisínico. Su composición química varía de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas en que se evalúe su comportamiento (Boada, 2005); éste autor, señala las siguientes cifras: porcentaje de materia seca (89), contenido de proteína bruta (11), de grasa (3), de almidón (71), de fibra (2), de cenizas (2) y energía metabolizable (3,2Mcal/Kg. MS). Estas patentizan el valor

alimenticio de este grano, sobre todo en proteína y el bajo contenido de fibra. Por su parte, Saucedo (2012) informa porcentajes relativamente mayores en algunos indicadores: porcentajes de materia seca (+ más de 90), contenido de proteína bruta (12,3), de grasa (3,65), de cenizas (1,67), de almidón (73); y que estos varían de una región a otra, en dependencia de las condiciones de cada lugar. Cifras y consideraciones similares son planteadas por Soto (2004).

El valor alimenticio puede verse disminuido por el contenido de taninos condensados (Chessa, 2007) y comparándolo con otro cereal, tiene más proteína y menos aceite que el maíz, lo cual se traduciría en un contenido de energía metabolizable ligeramente inferior. Todos los sorgos graníferos poseen sustancias tánicas hidrolizables (ácido gálico y ácido elágico) como constituyentes de sus granos no representan un factor negativo de su valor nutritivo. Sólo en los sorgos que poseen taninos condensados en su cubierta seminal (la testa) pigmentada (catequinas, flavonoides y leucoantocianinas), se ve afectada el valor alimentario.

Según Giorda y Cordes (2012), para lograr una mayor productividad del cultivo de sorgo, es necesario implementar estrategias simples y de bajo costo. Es fundamental considerar aspectos entre ellas: las bases ecofisiológicas del cultivo, la genética y el manejo (control de malezas, fechas de siembra, elección del cultivar, ciclo a floración, espaciamiento y densidad, cosecha oportuna).

#### **1.1.5 Fertilización del cultivo del sorgo.**

La planta de sorgo extrae acerca de 60 Kg/ha de N, 25 Kg/ ha de P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> y 20 Kg/ ha de K<sub>2</sub> O para producir aproximadamente 3 t/ ha de grano.

Estas necesidades pueden ser cubiertas mediante las reservas del suelo, fertilizantes minerales u orgánicos y con el empleo de biofertilizantes generalmente (nitrógeno y fósforo).

Si existe la disponibilidad de fertilizantes minerales, las dosis necesarias para su desarrollo normal son:

**Tabla: 1.1. Dosis de fertilizantes minerales para un buen desarrollo de la planta de sorgo.**

<b>Época de siembra</b>	<b>Nitrógeno (Kg/ ha)</b>	<b>Fósforo (Kg/ ha)</b>	<b>Potasio (Kg/ ha)</b>
Poco lluvioso	140	60	60
Lluvioso	110	60	60

Antes de determinar la cantidad de fertilizante a aplicar es conveniente tener un análisis del suelo del área, el cual puede ser realizado en un Laboratorio de Suelos, que le indicará el contenido de nutrimentos del suelo y la cantidad de fertilizante a aplicar (Canet y Chaviano 2001). Aunque la recomendación general es de 90-60-30 kg de N, P y K por hectárea, respectivamente. La extracción de nitrógeno es mayor cuando se incrementa el rendimiento y la concentración de N en varias partes de la planta (Maranville et al., 2001; García et al., 2003).

Si se utiliza fertilizantes de la fórmula 10-30-10, se deben aplicar 184 kg de fertilizante por hectárea en el momento de la siembra y 174 kg de urea, 242 kg de nitrato de amonio o 372 kg de sulfato de amonio por hectárea, 22 días después de la emergencia.

En cuanto a la demanda de nutrientes por el sorgo granífero, la gran necesidad se da a partir de V5 (20-30 días posteriores a emergencia) y hasta 10 días previos a floración, período en el cual el cultivo toma aproximadamente el 70 % de los nutrientes requeridos. Por lo tanto, una buena dieta desde los primeros estados de desarrollo producirá una



cantidad de área foliar suficiente para interceptar la mayor cantidad de la radiación incidente y asegurar así una alta eficiencia para transformarla en biomasa.

### Requerimientos del cultivo

A continuación, se presentan los requerimientos del cultivo de sorgo para distintos niveles de producción. Este cuadro es orientativo y se realizó con datos de experiencias realizadas en la EEA Rafaela y que se promediaron con otros de la bibliografía nacional y extranjera, donde se muestran distintos niveles de producción de sorgo y las distintas necesidades de los principales nutrientes que tenemos medidos para satisfacer esas producciones.

**Fontanetto y Oscar Keller, (1999) EEA INTA Rafaela citado por (Gambaudo, 2008)**

Rendimiento (kg/ha)	N	P	K	Ca	Mg	S
	(kg/ha)					
3.000	105	20	77	18	17	14
4.000	125	22	100	23	20	18
6.000	180	30	150	33	30	24
7.000	220	35	170	38	36	30
8.000	250	39	210	45	43	40

**Nitrógeno:** Los requerimientos del cultivo son muy bajos en los primeros veinte días posteriores a la siembra, las necesidades se incrementan de manera notable a partir de los veinticinco-treinta días, en coincidencia con la diferenciación del ápice reproductivo. Deficiencia a partir de este período afecta el rendimiento y calidad del grano por disminución de la proteína.

El mejor momento de aplicar el nitrógeno es en el período de mayor exigencia, procurando sincronizar la oferta del nutriente con un sistema radical capaz de absorberlo (eficiencia). Como se mencionó antes, el sorgo es un cultivo exigente de nitrógeno entre los estadios de “6 hojas” y el de “inicio de floración”. Es por eso que las aplicaciones

complementarais deberían realizarse siempre antes del estado de “panojamiento”, es preferible dentro de los treinta días desde la emergencia, debido a que en este estadio se determina el tamaño de la panícula Fontanetto y Keller, (1999) EEA INTA Rafaela citado por (Gambaudo, 2008)

**Fósforo:** El fósforo es el otro elemento importante que determina el desarrollo radicular inicial y de la parte aérea. Una deficiencia del mismo se manifiesta en plantas jóvenes con hojas y tallos de color rojizo a púrpura, menor desarrollo radicular y retraso en la floración y madurez de la planta.

La correcta ubicación del fertilizante fosfatado es un factor importante para su aprovechamiento eficiente. La aplicación en bandas por debajo de la semilla, incrementa la eficiencia de acumulación del fertilizante en la planta (el movimiento del fósforo en el suelo se realiza sobre todo por difusión). La aplicación conjunta de fósforo y nitrógeno, sobre todo amoniacal, mejora la absorción del primero. Por esta razón los fosfatos amónicos constituyen un excelente “arrancador”, en especial en sistemas de labranzas reducidas y siembra directa.

**Tabla 1.2. Porcentaje de los principales nutrientes que vuelven al suelo a través de los rastrojos de sorgo granífero.**

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Granos	52%	63%	15%	10%	15%
Rastrojos 85%	48%	37%	85%	90%	85%

En cuanto a nitrógeno el sorgo tiene requerimientos muy parecidos, por no decir iguales, a los del maíz. Es decir, que 4000 o 5000 kilos/ha de sorgo necesitan tanto nitrógeno como 4000 o 5000 kilos/ha de maíz.

La ventaja que tiene es que devuelve un poco más con los rastrojos que el maíz.

Si nos proponemos pasar de una producción de 4000 a otra de 8000kg/ha, implica el doble de todos los nutrientes. Entonces, en algún momento vamos a ser dependientes en el uso de cierto tipo de nutrientes, y los mismos serán agregados vía fertilizantes.

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero et al., 2000). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Espinosa, 2008).

Para aumentar los rendimientos de las plantas se pueden emplear biofertilizantes que ayudan en la nutrición de las plantas, según el tipo y los requerimientos nutricionales de los suelos donde se va a sembrar, se puede utilizar fertilizante de fórmula completa sobre la base de NPK o los fertilizantes simples, solo o en mezclas, que satisfagan las exigencias del cultivo.

Es válido señalar que para lograr rendimientos adecuados se requiere de una buena fertilización o sus consecuencias se verán reflejadas en los resultados (Wu et al., 2005).

Lo anteriormente mencionado queda establecido según el tipo de suelo, por lo que se recomienda aplicar  $100 \text{ kg/ha}^{-1}$  de nitrógeno en los suelos Pardos con carbonatos, aluviales y vertisuelos. Para el caso de los Ferralíticos rojos y arenosos se recomienda  $120 \text{ kg/ha}^{-1}$ . La demanda de  $\text{P}_2\text{O}_5$  no excede de  $40 \text{ kg/ha}^{-1}$ ; además no es necesario aplicar  $\text{K}_2\text{O}$ , salvo en casos excepcionales (Martín et al., 1992).

Cuba, en la década de los 80, contaba con una agricultura de altos insumos con el empleo de la mecanización y altos contenidos de fertilizantes químicos, con el objetivo

de producir los alimentos necesarios; sin embargo, en las condiciones actuales existe limitaciones en cuanto a estos aspectos anteriores (Simó, 2003) Por esto, y como alternativa de fertilización viable es que algunos autores plantean que en los países tropicales, la investigación básica orientada hacia el aislamiento, identificación y caracterización funcional de biofertilizantes y su desarrollo como inoculantes ha llevado a desarrollos industriales importantes para el sector agrícola (Oliveira et al., 2008).

### **1.1.6 Utilización del sorgo**

#### **Alimentación Animal**

Pacheco (1998) señala que gran parte de la producción mundial se utiliza para la alimentación animal, ya sea como forraje o en la preparación de alimentos concentrados para el ganado.

#### **El sorgo en la alimentación animal**

El sorgo es uno de los cereales más importantes del mundo. El empleo de cereales como alimento animal ha sido un elemento dinámico en el momento del consumo global de sorgo. Su demanda ha constituido la principal fuerza motriz para elevar la producción mundial y el comercio internacional a partir de principios de los sesenta. La demanda se halla fuertemente concentrada en los países desarrollados, donde supone un 97 % del empleo total y en algunos países en desarrollo de ingresos superiores, especialmente en América Latina, donde el 80 por ciento de todo el sorgo producido se emplea para consumo animal. Los Estados Unidos, México y el Japón son los principales países consumidores, seguidos por la Argentina, los territorios que fueron de la Unión Soviética y Venezuela. Estos países absorben conjuntamente más del 80 por ciento de la utilización

mundial de sorgo para consumo animal Internacionalmente (National Genetic Resources Program. 2010)

Relativo al ganado vacuno la producción de leche utilizando el sorgo forrajero en pastoreo fue evaluada en Cuba por Ugarte y col, 1976 empleando vacas mestizas Holstein- cebú evaluadas por medio de un diseño switch back donde se compararon: A) Pasto Guinea. B) Guinea mezclada con sorgo, C) Guinea suplementada con 0.5 kg de concentrado l por litro producido después del 6to litro. La producción de leche fue significativamente más alta (9,19, 9,76 y 11,72 litros para A, B y C respectivamente al suministrar concentrados; no existieron diferencias para guinea y guinea más sorgo. No fue afectado el crecimiento del sorgo por la competencia de la guinea y otros pastos. El sorgo en grano significa más ganancia para el productor lechero. Estudios en las Universidades de Nebraska y de Arizona, 1999 concuerdan en que el uso de sorgo en grano es un ingrediente clave para mejorar las ganancias en la producción de leche. Las investigaciones han demostrado que, al alimentar vacas lactantes con sorgo en grano procesado adecuadamente, producen más leche con mayor contenido proteico. Incrementos en la proteína láctea son particularmente importante, ya que los precios de la leche internacionalmente están basados principalmente en el contenido de proteína. El procesamiento es clave en la industria lechera cuando se utiliza sorgo en grano. Los estudios han demostrado que el sorgo en grano molido fino o en hojuelas es buen negocio para los productores lecheros. Según las investigaciones, el sorgo en grano molido finamente promueve altos contenidos de proteína y porcentajes de sólidos no grasos, como lo hace el grano de maíz molido finamente. El grano de sorgo molido finamente tiene un menor impacto sobre la digestión de fibras en el rumen, en comparación con el

maíz. En el ganado vacuno para carne el interés sobre el uso del sorgo como el componente del cereal en dietas totalmente de concentrados se originó a partir del trabajo de (Durhan ,1968) en Texas. Es de significar que sobre el uso del ensilaje del sorgo (Preston. y Willis., 1969) reportan que en 21 trabajos realizados con ganado de ceba en los Estados Unidos el valor de mejoramiento de conversión al ensilar el grano de sorgo de alta humedad fue de un 10%.

En Argentina De León et al. (2001), emplearon el ensilaje de sorgo como dieta básica valorando como fuentes de concentrados proteicos la harina de girasol, harina de algodón, estas dos combinaciones con urea y la urea sola comparándolas con un testigo de ensilaje de sorgo en novillos Aberdeen Angus ,encontraron que la corrección proteica mejoró respecto al testigo y los resultados más positivos son los obtenidos con el empleo de la harina de girasol con y sin urea, entonces concluyeron que empleando una fuente de proteína verdadera de menor degradabilidad ruminal son más adecuadas las conversiones de alimentos en carne.

En Uruguay valoraciones del sorgo en pastoreo para ganado de carne han tenido buenos resultados; en estudio conducido por Vaz et al. (2001) fueron evaluadas diversas variedades de sorgo: Sudangrass, E Comiray (*Sorghum sudanense*) y dos híbridos, NKSordan Y Nk 300 (*Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*). Las intensidades de manejo fueron dos alturas de entrada al pastoreo: bajo 60 cm y alto 1 m. Se midieron la ganancia en peso vivo, altura del forraje, forraje disponible, forraje residual y la relación hoja /tallo. La disponibilidad y altura del forraje fue superior en el manejo alto. La relación hoja/tallo fue superior en el manejo bajo, el número de pastoreos fue mayor en el manejo bajo, dentro de estos en el sudangrass. No se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) en ganancia

de peso vivo entre tipos de sorgo; el manejo bajo resultó superior en todas las variables estudiadas. El adicionar sorgo como grano a una ración terminal para ganado de carne tiene un poderoso efecto sobre la nutrición general.

Investigaciones en nutrición de ganado de carne citadas en los estudios sobre la calidad del grano de sorgo de Nebraska en 1999 han demostrado que raciones terminales pueden ser mejoradas en forma importante simplemente adicionando sorgo como grano en combinación con otros granos. Este descubrimiento se llama efecto asociativo positivo. Esto significa que la adición de sorgo en grano a una ración terminal fundamentada en maíz mejora la digestión de ambos granos, resultando en una ración más efectiva y de menor costo. Los investigadores afirman que es como obtener una ganancia extra con el mismo dinero. Las estadísticas muestran que el precio del sorgo en grano es un 87 % con respecto al del maíz; reemplazando entre un 25 % y un 50 % del maíz en las dietas por sorgo en grano, el costo de ellas disminuye. Mejor aún, los estudios han demostrado que el rendimiento del ganado incrementa al alimentar a los animales con ambos granos, en vez de maíz solo.

El maíz y el sorgo en grano, actuando en conjunto, mejoran la eficiencia alimenticia, ganancia de peso y el rendimiento general en el feedlot. El valor nutritivo del forraje de sorgo para rumiantes fue cuantificado por Cáceres, 1982 en ensayos realizados con el empleo de carneros (*Ovis aries*) en diferentes épocas y edades del forraje, se utilizó un nivel de fertilización de 60 Kg. de nitrógeno ha<sup>-1</sup> corte en pruebas realizadas de continuo con 7-10 días de adaptación y 5 de medición donde se ofertó el forraje *ad libitum* con 10-15 % de rechazo. La edad del forraje tuvo un efecto notable descendiendo la proteína bruta de 12 % a los 35 días hasta cerca de 7 % a edades entre 70-77 días. La

digestibilidad de la materia seca de 70 % en edades jóvenes pasó a menos del 60 % en estados más avanzados. El consumo de materia seca (MS) alcanzó 60g.kg<sup>-0.75</sup> de peso vivo a 35-49 días y 50 g o menos a partir de 63 días. El momento de utilización más adecuado resultó entre 42-56 días de edad.

La utilización del sorgo forrajero en la alimentación de cerdas gestantes se ha evaluado con éxito. (Bauza, 1995) evaluó mediante varios ensayos las condiciones de pastoreo, producción de forraje y aporte en nutrientes de híbridos comerciales de sorgo forrajero (*sorghum x sudangrass*), a medida que el cultivo se madura se incrementa el contenido en fibra bruta y disminuye el de proteína bruta. El consumo de forraje diario promedio de las cerdas fue de 4.49 kg. equivalentes a 0.805 kg. de materia seca(MS).

### **Como forraje**

El sorgo se comporta, bajo el punto de vista nutricional, como una especie flexible y puede ser utilizado en distintas áreas geográficas del país con excelentes producciones de biomasa. El grano puede ser utilizado de distintas formas, mejorando sustancialmente su valor nutricional si se lo utiliza como grano húmedo. Utilizado como ensilaje de planta entera, no se diferencia sustancialmente del ensilaje de maíz, en muchos casos lo supera debido a su mayor producción en ambientes con alguna restricción. Para su utilización en los planteos ganaderos es muy útil debido a su gran versatilidad y adaptación a los distintos ambientes y su aplicabilidad a los distintos sistemas de producción cría, recría y engorde, pastoreo con suplementación o en alimentación a corral, lo que garantiza una estabilidad estructural al sistema de producción de carne, evitando la variabilidad interanual que existe en la producción de verdeos, pasturas y maíz. Hoy, el sorgo presenta un potencial genético que le permite una alta producción biomasa, superando



las 14-15 toneladas de materia seca por hectárea, superando a la producción del maíz en muchos ambientes limitantes (Carrasco et al. 2011)

A continuación, describen los principales usos en la alimentación animal.

### **Pastoreo directo**

El uso del sorgo forrajero como verdeo, además de aportar una importante cantidad de forraje, permite el descanso de las pasturas en el verano. Hay que tener en cuenta que para que esta práctica resulte rentable es necesario consumir el sorgo antes de que encañe, porque pierde calidad y consecuentemente se puede ver disminuido el consumo del mismo. Hoy, el sorgo presenta un potencial genético que le permite una alta producción biomasa, superando las 14-15 toneladas de materia seca por hectárea, superando a la producción del maíz en muchos ambientes limitantes.

Los sorgos tipo Sudán producen una gran cantidad de forraje de calidad, y tienen alta capacidad de rebrote.

### **Sorgo diferido**

El sorgo, en su utilización como diferidos en pie es una alternativa muy interesante durante el periodo invernal, dada la gran cantidad de materia seca que ofrece, siendo este quizás uno de los parámetros más importantes al elegir un material para diferir. El impacto en el sistema puede ser muy significativo si tenemos en cuenta la importancia de contar con suficiente forraje en el invierno, facilitando de esta manera la planificación de la alimentación del rodeo durante este periodo.

Cuando el clima es inestable, pensar en un doble propósito para diferir es una opción más que interesante, ya que no solo produce grano sino también una mayor estructura de planta que nos garantiza disponibilidad de materia seca.

## **Ensilaje de planta entera de sorgo**

El ensilaje es un método de conservación química de forraje por acción de microorganismos (principalmente bacterias), las cuales en ausencia de oxígeno producen ácidos orgánicos que ayudan a preservar el forraje ya que inhiben los procesos de descomposición por la alta acidificación del medio (Carrasco et al., 2011). Este tipo de forraje así conservado posee aproximadamente un 70 % de humedad.

Generalmente aportan energía y fibra a la dieta de los animales.

Las ventajas que presenta este método de conservación son:

- \_ Gran producción de forraje de alto nivel energético.
- \_ Alimento voluminoso y muy palatable.
- \_ Almacenaje rápido y con bajo nivel de pérdidas a campo.
- \_ Cosecha rápida.
- \_ Bajo costo de producción por kg de MS digestible
- \_ Oferta a los animales de dietas húmedas homogéneas y con pocas pérdidas en el suministro y aprovechamiento.

El grano de sorgo como suplemento: Al igual de lo que ocurre con otros cereales el grano de sorgo puede ser usado en suplementación. El grano, en Argentina, se ofrece como suplemento conservado en seco o en húmedo y procesado: entero (sin procesar), quebrado, aplastado, molido, molido y peleteado. Aunque todos los granos son oferentes de energía en la forma de almidón, existen diferencias en la composición y la tasa de liberación del mismo en el tracto digestivo del animal. El almidón de los cereales de invierno (ej. trigo y centeno) es de rápida exposición, solubilidad y fermentación en el rumen Carrasco *et al.* (2011).

Duthil (1980) afirma que conviene cortar la planta cuando la floración sea como mínimo de un 10 %; en esta forma se logra un corte cada 8-10 semanas y una producción promedio de 50 toneladas de forraje verde por corte. Normalmente se obtiene 5 cortes; después de este número, la producción 22 disminuye; sin embargo, con aplicaciones de nitrógeno y riego, se puede obtener un mayor número de cortes.

Los residuos de cosecha sirven como cobertor del suelo (mulch), proporciona cama para los animales, constituye materia prima para la producción de compost y su incorporación al suelo mejora las propiedades físicas y químicas del mismo.

### **Producción animal**

Las producciones porcinas se desarrollan con sistemas de explotación que utilizan tecnologías muy avanzadas, los cuales incluyen altos volúmenes de cereales y fuentes proteínicas, que por lo general no se producen en cantidades suficientes y rentables en el país. Ello genera una fuerte dependencia de las materias primas extranjeras (Argenti y Espinosa, 2000).

En ese sentido, Acuero et al. (1983) y (Saucedo et al., 2008) plantearon que la sustitución parcial o total del maíz por sorgo puede incrementar las ganancias de peso vivo; mientras que Neumann et al. (2002) señalaron que cuando se utiliza (*Sorghum bicolor* L. Moench) en ensilajes mixtos, esto representa un menor costo de producción y podría ser una alternativa técnicamente recomendable para los sistemas de producción que presentan deficiencias de áreas de cultivo.

El sorgo no solo se utiliza en la alimentación de los animales, sino también para fines industriales; en este aspecto tiene los mismos usos que el maíz. Se destaca en la producción de almidón, dextrosa, miel de dextrosa, aceites comestibles y bebidas; en la

elaboración de cervezas, bebidas locales y materias colorantes, cosméticos, papel, productos farmacéuticos, confituras, mezcla en café y cárnicos, entre otras (Saucedo, 2008); además las panículas se emplean para la confección de escobas o se queman para obtener cenizas ricas en potasio.

### **1.1.8 La sostenibilidad de los sistemas agrícolas**

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas sin comprometer la calidad y la conservación medioambiental es una de las preocupaciones mayores del mundo de hoy. El uso excesivo de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas) está planteando serias amenazas para el ambiente. La roturación, la degradación de los suelos, la ganadería intensiva, son las causas fundamentales del cambio climático en la agricultura. La tala de bosques, el desmonte de cerros para producción intensiva de frutales, eliminan sumideros de carbono fundamentales (plantas y suelos que absorben carbono atmosférico) e incrementa el calentamiento global (Mundaca, 2010).

El sistema actual de agricultura “industrial”, basado en el monocultivo, en el uso intensivo de energía fósil en forma de fertilizantes, plaguicidas, maquinaria y combustible, incrementa de manera decisiva la productividad del trabajo, pero es degradante de la base productiva, principalmente del suelo y la biodiversidad. La dimensión ecológica, de los efectos que provoca la agricultura industrializada se expresan en la nivelación o descenso de los rendimientos de producción, derivado de la degradación de la base productiva, (erosión, compactación, esterilización de suelos, disminución de la materia orgánica, resistencia e ineficacia de plaguicidas) desplazamiento de la producción de pequeños agricultores hacia zonas marginales y ecológicamente frágiles, introducción de tecnologías de producción destructivas en zonas no aptas para cultivo

### **1.1.9 El suelo y su degradación**

El suelo es consecuencia de la naturaleza, constituye el hábitat de las plantas, que a la vez favorecen su desarrollo y además es el medio de mayor importancia, en el desarrollo de los cultivos. Constituyen el elemento indispensable donde se aplicarán los fertilizantes ecológicos, ya que ellos son el sostén y el sustento de los cultivos agrícolas, las propiedades de los suelos determinan, en última instancia, qué sistema de cultivos se pueda desarrollar de manera sostenible en ellos y qué demanda de nutrientes que requieren las plantas para proporcionar rendimientos adecuados (Muñiz, 2001).

Puede ser considerado un recurso no renovable, pues su formación es un proceso muy lento. Proporciona un medio para sostener las raíces de las plantas, pero es también un ecosistema complejo sobre el que nuestros conocimientos son aún muy limitados. Un suelo agrícola productivo está lleno de vida, con millones de organismos que interactúan química y físicamente con su entorno. Estos procesos regulan la liberación de nutrientes, de minerales y materia orgánica para alimentar a las plantas, así como la capacidad de adaptación de los cultivos a los riesgos inherentes a cualquier sistema agrícola, que son generalmente más simples e inestables que los sistemas naturales. Un suelo vivo tiene una mejor estructura y puede absorber y retener más agua y aire que un suelo estéril. Por todo ello, una producción ecológica responsable comienza por el mejoramiento del suelo (Ugáz, 2007).

En la actualidad escasea la materia prima para la producción de fertilizantes y los precios se incrementan, por lo que obtener una alta eficiencia se hace cada vez más difícil, especialmente en las condiciones naturales del trópico, en que encontramos abundantes lluvias, y características de los suelos donde aumentan las pérdidas de fertilizantes por

diferentes vías, causando pobre utilización de los mismos (Cabrera y Bouzza, 1999; Colás, 2007).

En el desarrollo de la agricultura es necesario lograr estabilidad en el ciclo biológico «clima-suelo-planta» para obtener los máximos beneficios de los recursos de que dispone y proteger y conservar el medio ambiente, (Cairo et al., 1996). Este desarrollo anteriormente dicho y su correspondiente exportación de productos, significó un desequilibrio o desbalance en el sistema «suelo-planta» desfavorable para el suelo lo que contribuyó a su degradación en sus condiciones de vida y potencial productivo; entonces existió la necesidad de restituir a los suelos, al menos en parte, lo que se extrae de ellos con la producción agrícola, como complemento y para satisfacer esas necesidades surgieron los abonos orgánicos que por la forma de obtención y por su composición química resultó el material ideal para mantener las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos y conservar su capacidad productiva (Paneque y Calaña, 2004). Desde tiempos antiguos, el concepto de la fertilidad del suelo ha sido entendido por productores y científicos como la capacidad del suelo para producir cultivos en las cantidades y calidades deseadas. Aunque la fertilidad del suelo ha sido entendida en ocasiones como la disponibilidad de nutrientes en el suelo, hoy se entiende también como la estructura, la textura, y el contenido de materia orgánica en el suelo. En las décadas recientes, ha surgido el concepto de la calidad de suelo, que amplía la idea de fertilidad por incluir dentro de su concepción a todos los servicios ambientales que brinda el suelo a la calidad de vida humana, incluso agua limpia, alimentos sanos, y hasta recreación. Generalmente, el concepto de calidad de suelo ha sido vinculado con la agricultura sostenible (Yera, 2012).

### **1.1.10 La materia orgánica**

El uso de materia orgánica se ha convertido en la base para el desarrollo de la agricultura orgánica. Sin embargo, es un error considerar que agricultura orgánica es simplemente “no usar productos sintéticos”. La agricultura orgánica debe considerar dos aspectos esenciales: (a) la diversidad estructural y de procesos; y (b) el manejo ecológico del suelo y la nutrición (Brenes, 2003).

La materia orgánica es un componente muy estudiado, pero todavía no completamente entendido del suelo. Está claro que es la fuente principal de carbono al agroecosistema, pero también juega un papel importante en el ciclo de varios micronutrientes vitales a las plantas, la conservación del suelo, la fuente nutritiva de los microorganismos del suelo, y el reciclaje de las materias del agroecosistema. Según referencias de Águila (2008), es el subsistema del suelo más sensible a cambios de manejo del agroecosistema, se divide en sustancias húmicas y no húmicas, con estas últimas más disponibles como fuente nutritiva a las plantas mientras las sustancias húmicas contribuyen a la génesis y estabilidad de la estructura del suelo.

Según Oramas (2010) no solo resulta un factor de gran importancia en el suministro de nutrientes sino también en la formación de la estructura del suelo, así como la eficiencia de la fertilización nitrogenada.

### **1.1.11 Materiales orgánicos, uso y aplicación**

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No se puede olvidar la importancia que tiene

mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Éstos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas.

Los mismos, pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados. (Raaa, 2005). Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Así mismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retentividad de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas (Cairo, 2003).

#### **1.1.11.1 Humus de lombriz**

El humus de lombriz es el producto que resulta de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufren los residuales sólidos orgánicos durante el proceso de ingestión por parte de las lombrices, así como de la flora microbiana asociada (Dávila, 2007).

En la actualidad se conoce que el humus de lombriz no es solo un excelente fertilizante orgánico, sino que además posee una serie de propiedades que permite su uso como sustrato para la germinación de semillas, soporte para inoculantes microbianos, material con capacidad para suprimir fitopatógenos, bioregenerador de suelos degradados e



incluso biorecuperador de suelos contaminados (Angarita y Romero,2005). Es un material rico en calcio, nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio. Además, contiene buenas cantidades de auxinas y hormonas vegetales que actúan sobre la germinación y el crecimiento de las plantas.

La necesidad presente de la agricultura y el manejo ambiental exige mayor conocimiento de dichas sustancias La Sociedad Internacional de las Sustancias Húmicas (IHSS) surge con el propósito de avanzar en el conocimiento, investigación y aplicación de las sustancias húmicas. Igualmente, la existencia de productos que contienen sustancias húmicas y la atribución de propiedades de mejoría en el desarrollo vegetal, hacen imprescindible la investigación (Narro, 1994). En México, dicha línea de investigación está en proceso y sin lugar a dudas aún faltan evidencias experimentales para confirmar sus bondades.

#### **1.1.11.2 Agromenas-G**

Son muchos los suelos del país que se beneficiarán con la aplicación de las Agromenas, en particular los Alíticos, Ferralíticos y Pardos Sialíticos, los cuales son usados intensamente en la producción agrícola, lo que ha posibilitado el deterioro paulatino de sus propiedades fundamentales ocurriendo la degradación de los mismos y demandando cantidades crecientes de materia orgánica y otros minerales.

EL Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica (CIPIMM), ha desarrollado tecnologías apropiadas con el objetivo de brindar alternativas de aprovechamiento de los minerales naturales y residuos que contienen elementos útiles al mejoramiento de las propiedades fisicoquímica de los suelos; y, por consiguiente, de los cultivos. Dispone de una amplia variedad de productos fertilizantes minerales y

órgano-minerales de liberación controlada de usos agrícolas específicos y generales, denominados Agromenas. (Velázquez et al., 2002).

Un paliativo a esta problemática es el desarrollo logrado en la obtención de las Agromenas, con propiedades enmendantes de suelos, alto valor agregado, en los cuales se han integrado los mejores resultados y la experiencia alcanzada en el trabajo investigativo por especialistas del CIPIMM durante más de 20 años en el uso de la zeolita y otros minerales técnicos en función de la agricultura, ajustados a la situación económica y social que impone la crisis mundial provocando elevados costos para el acondicionamiento y fertilización de los suelos (Paneque, 2004).

Los productos fertilizantes Agromenas ofrecen diferentes ventajas tales como: el tiempo de preparación del producto, la homogeneidad, la calidad nutritiva, la acción mejoradora de los suelos, la posibilidad de empleo de cantidades mínimas de componentes químicos, representando un producto con propiedades ecológicas con perspectivas exportables, optimiza el uso de las fórmulas completas solubles (FC:NPK): 9-13-17, y la posibilidad de fertilización a bajo costo con calidad superior de las cosechas.

#### **1.1.11.3 FitoMas-E®**

FitoMas-E es una combinación de sustancias orgánicas intermediarias complejas de alta energía (aminoácidos, sacáridos, bioactivos y sales minerales), propias del metabolismo vegetal. Penetra en la planta de forma pasiva (sin requerimientos de energía metabólica), tanto de manera foliar como radicular; y una vez allí, facilita la síntesis de sustancias propias del metabolismo secundario que, transferidas al suelo, mejoran la interacción con la microflora propia de su rizosfera, la cual produce hormonas y otros productos útiles a la planta que mejoran su comportamiento y le confieren las características que le permite

una considerable resiliencia. FitoMas-E no es tóxico ni a las plantas ni a los animales (Villar-Delgado, 2011)

FitoMas-E® es el nombre comercial del estimulante del crecimiento vegetal, conformado por un formulado acuoso, estables que contiene básicamente aminoácidos, oligosacáridos y bases nitrogenadas. Estimula la nutrición, el crecimiento, la floración, la fructificación, la germinación y el enraizamiento.

El producto es capaz de estimular la germinación de la semilla, ya sea gámica o agámica. Estimula el desarrollo de las raíces, los tallos y las hojas. Mejora la nutrición, el florecimiento y el cuajado de frutos. Potencia la acción de los herbicidas y otros plaguicidas, lo que permite reducir las dosis. Acelera el proceso de compostaje y la degradación de los residuos de cosecha. Puede ayudar a compensar los efectos negativos de la salinización de los suelos, las sequías, los excesos de humedad, e incrementa los rendimientos.

Se recomienda para una amplia gama de cultivos: caña de azúcar, frutales, cereales, tubérculos y raíces, plantas medicinales, tabaco, remolacha, tomate, pimiento, pepino, melón de agua, col, lechuga, broccoli, apio, plátano, fruta bomba, piña, oleaginosas y legumbres en general, arboles forestales, plantas ornamentales, flores y otros. Se puede emplear en cualquier fase fenológica del cultivo: germinación, semilleros, viveros, fase de crecimiento vegetativo, prefloración, floración y cuajado del fruto. Se aplica por aspersión al follaje de los cultivos.

El producto mantiene su efectividad durante un año después de su fabricación. Se debe conservar a temperatura ambiente en un lugar fresco y sombreado.

### **1.1.12 Influencia de los materiales orgánicos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y la microflora del suelo**

La agricultura sostenible y el encarecimiento de los fertilizantes minerales, han propiciado un gran empleo de los abonos orgánicos en la agricultura, lo cual se debe a sus grandes posibilidades como mejoradores de las propiedades fisicoquímicas del suelo, así como portadores de macro y micro elementos esenciales (Pérez, 1997).

El mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, constituyen un elemento muy importante en defensa de una agricultura sostenible (Mann y Tollbert, 2000).

La sustitución de fertilizantes minerales por abonos orgánicos permite aumentos productivos sostenibles económicamente, reducen la contaminación del suelo y del manto freático y favorecen las condiciones para el desarrollo de la biota del suelo y sus propiedades hidrofísicas y químicas (Pérez et al., 2007).

Se ha reportado que los suelos tropicales bajo vegetación forestal muestran contenidos de carbono orgánico y nitrógeno total significativamente más altos que los suelos con vegetación tropical de sabana en una profundidad de 0 a 15 cm; mientras que la relación carbono-nitrógeno es más baja en los primeros que en los segundos (Cairo y Fundora, 2005).

Desde tiempos remotos los campesinos relacionan los estiércoles, las hojas podridas e incluso la “basura” de la casa con los abonos orgánicos, esto es correcto, pero subrayando que estos materiales biodegradables deben ser transformados por la acción de los microorganismos y del trabajo humano ya que tienen efecto sobre el suelo, pues mantienen la flora microbiana del suelo, mejoran las propiedades físicas e hídricas del mismo, posibilitan mayor cantidad de nutrientes, incrementan la calidad de las cosechas,

elevan y estabilizan la fertilidad de los suelos, aumentan la composición nutricional de los productos agrícolas (Ribalta, 2008).

La parte orgánica de un suelo se presenta bajo dos formas: una forma bruta que contiene residuos vegetales o animales en descomposición y una forma humificada, o humus, que corresponde a los compuestos húmicos, cuerpos químicos complejos elaborados por las bacterias y hongos del suelo a partir de la descomposición de las células animales y vegetales (Oramas, 2010). Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nemátodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (Fassbender, 1982; Wild, 1992). La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (Thompson y Troeh, 1988).

## **CAPÍTULO 2.- METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **2.1.- Ubicación del área experimental**

El estudio se desarrolló en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey; ubicada en la zona central de la provincia de Matanzas en el municipio de Perico, en los 22° 48' y 7" de latitud norte y los 79° 32' y 2" de longitud oeste, a una altitud de 19,0123 msnm. (Hernández, 2000).

### **2.2.- Características del suelo y el clima**

#### **2.2.1.- Suelo**

El experimento se llevó a cabo en un suelo de topografía llana, con pendiente de 0,5 a 1,0 % y clasificado por como Ferralítico Rojo Lixiviado (Hernández *et al.*, 2015). Este tipo de suelo es equivalente al grupo de los Ferrosoles, en el sistema de clasificación de suelos FAO-UNESCO (Alonso, 2003).

#### **2.2.2.- Clima**

La información sobre el clima fue obtenida de la Estación Meteorológica Indio Hatuey, perteneciente al CITMA, ubicada en áreas de la EEPF Indio Hatuey, municipio de Perico, Matanzas, a solo 10 m del área experimental.

Las variables meteorológicas analizadas (tabla 2.1) fueron la precipitación, las temperatura máxima, media y mínima, la humedad relativa máxima, media y mínima, así como la evaporación. Estos datos se corresponden con los años del 2012-2017.

**Tabla 2.1. Comportamiento del clima en los últimos 6 años (2012-2017).**

Años	Temperatura del aire (°C)			Humedad Relativa (%)			Precipitación	Evaporación (mm)		
	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media		Noche	Día	24 h. Total
2012	30,4	18,1	23,9	97	53	80	1800,5	1,4	5,3	5,4
2013	30,8	18,7	24,5	96	52	79	1443,8	1,2	5,8	5,7
2014	31,5	18,8	24,5	95	49	77	1638,8	1,2	4,8	6,1
2015	31,9	19,5	25,1	93	48	75	1256,5	1,1	12,9	5,8
2016	31,0	18,7	24,3	96	49	78	1355,6	1,2	4,9	6,1
2017	31,2	18,7	24,3	95	51	78	1555,2			

De igual modo se presentan los valores reportados para los meses de diciembre 2016, enero, febrero y marzo del 2017, período desde la siembra hasta la cosecha en la que transcurrió la fase experimental (tabla 2.2).

**Tabla 2.2. Comportamiento del clima durante el periodo experimental (diciembre 2016-marzo 2017).**

Meses	Temperatura del aire (°C)			Humedad relativa (%)			Lluvia (mm)
	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Total
Diciembre 2016	30,6	17,2	23,4	97	51	80	23,8
Enero 2017	29,1	14,5	21,3	94	42	74	19,0
Febrero 2017	30,5	14,7	22,3	95	42	73	12,3
Marzo 2017	29,8	14,2	22,0	92	38	68	10,5

### **2.3.- Preparación de suelo, siembra, establecimiento y calidad de la semilla**

Para lograr una adecuada preparación de suelo se realizó una labor de roturación seguida por un pase de grada, posteriormente se cruzó y finalmente se realizó un segundo pase de grada con el objetivo de que el suelo quedara bien mullido.

Se utilizó semilla básica del banco de semilla CIAP (Centro de Investigaciones Agropecuarias) de la Facultad de Agronomía de La Universidad Central de las Villas Martha Abreu.

Se sembró, el cv. UDG-110 que tenía una germinación y pureza mayor al 95 %. La siembra se realizó el 18 de diciembre del 2016, a una distancia de 75 cm entre surcos y a 6-7cm entre plantas con una densidad de 10 kg de semilla por ha con sembradora fertilizadora Baldan-3000 colocando la semilla entre 1 y 3 cm de profundidad, según las recomendaciones realizadas por (Correa, 2001). Después de la emergencia se realizó un raleo de plantas en exceso. Se realizaron labores de cultivo con el objetivo de mantener el área libre de plantas indeseables y en óptimas condiciones para su desarrollo.

El experimento se realizó en base a los tratamientos utilizados tanto de la fertilización biológica como química, de igual forma se aplicó riego en cuatro momentos del ciclo del cultivo en el momento de la siembra y a los 25 días después de la germinación e inicio del ahijamiento con una norma de riego de  $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y a los 60 días fase de llenado del grano y 80 días desarrollo de la masa con  $350 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ; las normas de riego y el momento de aplicación fue en correspondencia con lo recomendado por Canet *et al.* (2011).

### **2.3.1- Descripción del experimento en condiciones de campo**

El objetivo del experimento en condiciones de campo fue determinar el efecto de la fertilización biológica en el cultivo de sorgo sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, (suelo representativo de la Estación Experimental Indio Hatuey, con una profundidad de 0-20 cm).

### **2.3.2- Procedimiento experimental**

Una vez concluida la preparación del suelo y surcada el área. Se procede a marcar las parcelas en el campo con estacas y cordeles en correspondencia con el esquema de



bloques al azar. Cada parcela fue identificada con carteles, en las cuales se pusieron los tratamientos usados.

Para el cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar en cada parcela se aplicó la siguiente fórmula:  $y = \frac{axb}{c} x 100$       dónde:

y = es la cantidad de fertilizante a aplicar en el área de la parcela en kg.

a= la dosis de nutrientes kg/ha

b=el área de la parcela m<sup>2</sup>

c=el contenido en porcentaje del nutriente, en el portador fertilizante.

El fertilizante químico, calculado desde el día anterior fue depositado en sacos de polipropileno para trasladarlo al área experimental y ubicarlo en la cabecera de la parcela para evitar confusiones, se identificaron las parcelas (6, 9, 13 y 22). Para la aplicación de la Agromenas-G que viene envasado en sacos de polipropileno, se usó el mismo procedimiento; el mismo fue aplicado en las parcelas (2, 11, 15, 24, 4, 7, 17 y 20 respectivamente).

En el caso del humus de lombriz se calculó a través de la misma fórmula y se aplicó en las parcelas 3, 12, 16,19, 5, 8, 18 y 21; mientras que para la aplicación foliar del FitoMas-E® se utilizaron mochilas Jacto con capacidad de 16 litros de agua para la disolución de este a razón de un litro/ha.

Las labores de fertilización fueron organizadas por tratamientos y réplicas en días diferentes; aunque en todos los casos fue usado el mismo método de forma localizada en el fondo del surco. Todas las labores que no formaron parte de los tratamientos se hicieron de la misma siguiendo la carta tecnológica del cultivo.

El experimento se sembró en franjas o parcelas de 10 surcos cada una y con 7,50 m de ancho y 10 m de largo para un área de 75 m<sup>2</sup> por tratamiento representado en 24 parcelas en un área neta experimental de 0,18 ha y un área bruta de 0,307 ha. Las mediciones se realizaron en 10 sub parcelas o réplicas de 0,75 X 1,00 m distribuidas al azar.

El diseño experimental empleado fue de bloques al azar, con 6 tratamientos y 4 réplicas cada uno, para un total de 24 parcelas (figura 1). Se utilizó como planta indicadora, el sorgo granífero, cv. UDG-110. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

### Tratamientos

I Control (sin fertilizante)

II Agromenas-G- 1,5 t.ha<sup>-1</sup>.

III Humus de lombriz - 4,0 t.ha<sup>-1</sup>

IV Agromenas-G 1,5 t.ha<sup>-1</sup> + FitoMas-E® 1 lt/ha

V Humus de lombriz 4,0 t.ha<sup>-1</sup> + FitoMas-E® 1 lt/ha

VI Control Absoluto: fórmula completa (9-13-17) 140 kg aportado en dos momentos, 50 % de fondo en el surco en el momento de la siembra y el otro 50 % a los 25 días.

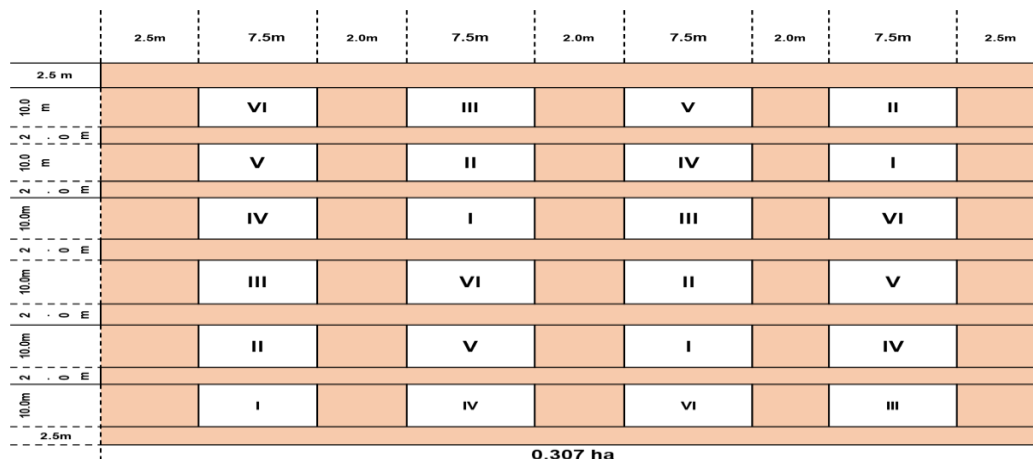


Figura 2.1. Diseño experimental usado

## **2.4. Evaluación de las características del suelo, los fertilizantes biológicos (Agromenas-G y Humus de lombriz) y de los indicadores morfofisiológicos y del rendimiento agrícola.**

### **2.4.1.- Muestreo de suelo y fertilizantes biológicos**

Antes de la siembra se realizó un muestreo agroquímico según la metodología de Herrera et al. (1988), para la determinación de la fertilidad del suelo los días 18 y 19 de noviembre de 2016.

De igual forma, fueron muestreados los fertilizantes biológicos utilizados en la investigación. Para el caso del humus de lombriz que procede de los canteros de la EEPF Indio Hatuey, se tomaron cinco submuestras del centro y del extremo, para luego depositarlo sobre una manta de nylon y lograr una mezcla bien homogénea para conformar una muestra y la otra fue conformada de las cinco submuestras tomadas de las pilas en diferentes sitios y a diferente profundidad; en el caso del órgano mineral Agromenas-G, se tomaron 10 submuestras de los sacos depositados en almacén de forma aleatoria, mezclándolas entre todas para conformar una muestra de 1 kg. Terminado la toma de muestras fueron enviadas al laboratorio del Instituto Provincial de Suelos, debidamente identificadas y embaladas.

### **2.5.- Evaluación de caracteres morfo-fisiológicos y de rendimiento agrícola**

Con el fin de determinar el comportamiento del cultivar estudiado, se estudiaron los siguientes indicadores productivos según CIAT (2014).

- ✓ Altura de la planta (cm): se midió en el campo desde la base al nivel del suelo de la planta hasta su parte más apical.
- ✓ Longitud de la panícula (cm): se midió desde la base hasta el ápice de la panícula.

- ✓ Ancho de la panícula (cm): se realizó esta medición en la parte más ancha de la panícula.
- ✓ Grosor del tallo (cm): se realizó la medición en el quinto nudo.
- ✓ Peso de la panícula (kg). este se determinó pesando la panícula por muestras y de forma individual.
- ✓ Producción total de semillas por muestra. se trillaron las panojas y se determinó el peso el total de semillas.
- ✓ Peso granos/panícula (g): se contaron 40 muestra por cada uno de los tratamientos y se determinó el peso total.
- ✓ No. granos/panícula (u): se contaron 10 muestra por cada uno de los tratamientos.
- ✓ Rendimiento agrícola (t. ha<sup>-1</sup>) total de biomasa en 0.75 m<sup>2</sup>. Se cortó manualmente el total de las plantas (las 40 plantas muestras por tratamientos) y se pesaron al momento del corte (el peso del forraje (kg): Se separó la panoja del resto de la planta).
- ✓ Producción total de semillas por muestra. se trillaron las panojas y se determinó el peso el total de semillas.
- ✓ Porcentaje de MS (%), según AOAC, 2008.

## **2.6.- Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual, en horas de la mañana posterior a la desaparición del rocío (9:30 am) el día 30 de marzo 2017. En este momento se midió el total de biomasa en 0,75 m<sup>2</sup>. Se cortó manualmente el total de las plantas (las 40 plantas muestras por tratamientos) y se pesaron al momento del corte (el peso del forraje (kg): Se separó la panoja del resto de la planta).

Las panículas se colectaron individualmente con cuchillos afilados y se fueron acumulando en bultos organizados a 1 m aproximadamente en hileras para facilitar el traslado al secadero.

El proceso de secado de las panículas se prolongó a 3 días por no disponerse de todas las condiciones que permitieran agilizar la labor de trillado. Esta se efectuó de forma manual mediante el empleo de mazos de madera hasta lograr un total desgrane. El secado final se realizó con el tendido de los granos en el piso del secadero, hasta que los mismos lograron estar entre 10-12 % de humedad.

Después de secadas las semillas, se envasaron en las bolsas de polivinilos en horas de la tarde para evitar introducir humedad y evitar la creación de condiciones que pudieran dar lugar a la proliferación de hongos que dañaran la calidad del grano y su posterior empleo.

## **2.7 Análisis estadístico**

Los resultados fueron sometidos a un ANOVA según modelo lineal de clasificación simple, y las medias comparadas mediante la dócima de Duncan, para un 5 % de significación, después de verificarse que cumplían con el ajuste de distribución normal y de homogeneidad de varianza.

Asimismo, se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP) (Morrison 1967), en el cual se tomó como criterio de análisis aquellas componentes principales que presentaron valores propios superiores a 1 y factores de suma o de preponderancia mayor que 0,70. Se utilizó además análisis de correlación (correlación de Pearson). Todos ello, a través del programa estadístico SPSS® versión 22,0 para Microsoft® Windows®.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1.-Características del suelo y de los abonos usados

#### 3.1.1.- Suelo

En la tabla 3.1 se muestra la composición química del suelo del área experimental en correspondencia con las exigencias del cultivo, elemento básico para el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo.

**Tabla 3.1. Composición química del suelo en el área experimental.**

Indicadores	Valor medio	Método analítico
pH (H <sub>2</sub> O)	6,34	Potenciométrico
pH (KCl)	5,52	Potenciométrico
Materia orgánica (%)	4,156	Walkey-Black
Nitrógeno total (%)	0,22	Kjeidahl
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g suelo)	0,992	Oniani
K <sub>2</sub> o (meq/100g de suelo)	10,130	Oniani
Ca <sup>++</sup> (meq/100g de suelo)	17,1	Maslova
Mg <sup>++</sup> (meq/100g de suelo)	2,30	Maslova
Na <sup>+</sup> (meq/100g de suelo)	0,19	Maslova

Se pudo verificar que el experimento se desarrolló en un suelo de topografía llana, con pendiente de 0,5 a 1,0 % y clasificado como Ferralítico Rojo Lixiviado, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández *et al.*, 2015). Este tipo de suelo es equivalente al grupo de los Ferrosoles, en el sistema de clasificación de suelos FAO-UNESCO (Alonso, 2003).

Según referencias de Correa (2001), este tiende a ser medianamente ácido y considerado como el idóneo para que la planta tenga un buen crecimiento y desarrollo (suelos cuyo pH oscile entre 5,5 y 8,8; aunque el ideal está entre 5,5 y 6,5), mientras que el contenido de materia orgánica es alto según la certificación y clasificación del Instituto

de Suelos (1983) y superior a lo reportado para estos suelos (2 a 3 %) referido por Hernández (2010).

El contenido de nitrógeno total se considera medio; con bajos tenores de fósforo disponible y las bases intercambiables (K, Ca, Mg), por lo que puede considerarse como suelo de mediana fertilidad, lo cual concuerda con las referencias de Hernández (2010).

La relación entre el  $K_2O$  y el pH (KCl) del suelo, refiere que en el caso del potasio la mayor disponibilidad para la planta se encuentra cuando el pH del suelo es mayor de 6,0 por lo que se supone que afectó la disponibilidad del  $K_2O$  (Campos, 2014).

Asimismo, Hernández (2010) menciona entre sus características físicas, su baja densidad aparente, alta porosidad total y estructura granular media, condiciones que favorecen el buen desarrollo radical, la aireación y el movimiento del agua. La retención de agua es baja, lo cual puede acentuar los problemas derivados de la sequía estacional. De igual forma, plantea que la evaluación del pH, muestra que el 75 % tiene categoría medianamente ácida y un 25 % ligeramente ácido. Los elementos asimilables encontrados ( $P_2O_5$  mg/100 y  $K_2O$  mg/100) en las 24 parcelas fueron bajos, de lo que se interpreta que no fueron fertilizados.

En este sentido, Colás (2007) plantea que los indicadores morfofisiológicos constituyen un elemento importante para evaluar las condiciones de calidad de un suelo y sirve para una evaluación integral de la relación suelo-planta. Por su parte, Cairo (2010) plantea que una buena estructura del suelo proporciona una adecuada expresión de los parámetros morfofisiológicos de la planta.

En resumen, la estructura del suelo influye en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, por lo tanto, puede ser el factor que limita la producción; por el contrario,

una buena estructura hace que los factores del crecimiento funcionen a su máxima eficiencia y se obtengan mayores rendimientos en las cosechas (Cairo y Fundora, 2005). Otro de los elementos importantes a resaltar de estos resultados de la tabla 3.1 son los niveles de materia orgánica que fueron altos (4,156 % promedio para el 100 % de las parcelas evaluadas) según reportes de la certificación y la clasificación del Instituto de Suelo (1983). En este sentido, según referencias de Cairo (2010) cuando la materia orgánica del suelo es alta o media, por encima de 2,3 % los agregados estables aumentan a más de un 55 %, por ello, pueden catalogarse de buenos.

Es válido mencionar que la materia orgánica del suelo (mo) es uno de los factores más importantes en el control de las características físicas e hidrológicas de los suelos y una fuente de nutrientes esenciales para la producción de biomasa vegetal en los distintos ecosistemas terrestres. Ésta según Dubeux et al. (2006) es de vital importancia como fuente de energía para la flora y la fauna edáficas y el sustrato para sostener la diversidad biológica del suelo y sus numerosas funciones. Por ello, está claro que es la fuente principal de carbono al agroecosistema, pero también juega un papel importante en el ciclo de varios micronutrientes vitales a las plantas, la conservación del suelo, la fuente nutritiva de los microorganismos del suelo, y el reciclaje de las materias del agroecosistema (Águila, 2008).

La parte orgánica de un suelo se presenta bajo dos formas: una forma bruta que contiene residuos vegetales o animales en descomposición y una forma humificada, o humus, que corresponde a los compuestos húmicos, cuerpos químicos complejos elaborados por las bacterias y hongos del suelo a partir de la descomposición de las células animales y vegetales (Oramas, 2010). Los suelos contienen una amplia variedad de formas



biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nemátodos, hormigas y; por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (García y Félix, 2014).

El resultado de las características químicas del suelo en las 24 parcelas, refleja características semejantes en correspondencia con la homogeneidad requerida para la aplicación del diseño experimental.

### 3.1.2 Abonos orgánicos

La caracterización química de los abonos orgánicos empleados en el experimento se muestra en la tabla 3.2; se pudo apreciar que el humus de lombriz fue evaluado de calidad I (Instituto de Suelos, 1988).

**Tabla 3.2. Caracterización química de los abonos orgánicos utilizados.**

Parámetros	Unidad	Agromenas-G	Humus de lombriz
pH	-	7,42	7,77
Humedad	(%hbss)	11,10	32,89
Cenizas	%	-	80,41
MO	%	2,432	19,59
Nitrógeno	%	0,76	2,31 (orgánico)
Fósforo	%	16,54	1,46 (orgánico)
Potasio	%	0,38	2,37(orgánico)
Carbono	-	-	11,37
Fe	(ppm)	-	1,298
Zn	(ppm)	-	0,017
Cu	(ppm)	-	0,0099
Mn	(ppm)	-	0,096
Ca	%	-	1,19
Mg	%	-	1,280

De forma general, ambos contienen elementos tales como: carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos, los cuales van a facilitar la acción de los microorganismos; esta actividad microbiana hace que se desarrolle y se estimule un proceso que es muy importante como es la rizogénesis (generación de raíces), que según referencias de Martínez (2012) es lo que se busca para tener plantas productivas y de mayor calidad.

Es válido resaltar las diferencias que se observan entre las características del humus de lombriz y el Agromenas-G en cuanto al contenido de materia orgánica; el primero alcanza 19,59 y el segundo 2,4 %. En el humus de lombriz existen concentraciones superiores de nitrógeno, el pH de los dos es ligeramente básico; sus valores oscilan entre 7,4 y 7,7 respectivamente, lo que puede dificultar el proceso de nitrificación y asimilación del fósforo (MINAG, 1982). La Agromenas-G presenta alto contenido de fósforo, en este sentido, es bueno mencionar que los valores excesivos de fósforo son muy peligrosos para los cultivos, porque puede interferir en la absorción y asimilación de otros nutrientes esenciales, especialmente el zinc, ya que provoca fijación, a su vez provoca antagonismo (Tremols et al., 2012).

Asimismo, la Agromenas-G es un órgano-mineral con propiedades nutricionales, y con sus aplicaciones ha logrado incrementos de los rendimientos de las cosechas y sustituir como mínimo hasta el 50 % de los fertilizantes químicos (Velázquez, 2013). El humus de lombriz es un producto ecológico que resulta de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufren los residuales sólidos orgánicos durante el proceso de ingestión de las lombrices (Dávila, 2007); igualmente, aporta a la materia orgánica del estiércol vacuno microorganismos y fermentos eliminando la fototoxicidad del estiércol (acidez y restos de antibióticos). Contiene además abundante flora bacteriana. Es un material rico en calcio, nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, en extracto húmico y elementos minerales; es apto para todos los cultivos; ayuda a la restructuración de suelos degradados; estimula y acelera la humificación de la materia orgánica y aumenta la actividad biológica de los suelos. Según reportes de Báez y Marín (2010), no solo es un excelente fertilizante orgánico, sino que también posee propiedades que permite su uso

como sustrato para la germinación de las semillas, es bioregenerador de suelos degradados e incluso biorecuperador de suelos contaminados.

Al respecto, Álvarez-Solís et al. (2010) reportan que el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo requiere integrar prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento que permitan un manejo adecuado de los nutrimentos para evitar su carencia o pérdidas por lixiviación, y de la materia orgánica para potenciar la biodiversidad edáfica y optimar las variables edáficas ligadas a su conservación; por ello, para este fin se requiere aplicar prácticas agroecológicas, así como generar información de la evolución de las características del suelo en diferentes condiciones de manejo.

En ese sentido, se visualiza a los abonos orgánicos; los mismos, aportan materia orgánica, nutrimentos y microorganismos, lo cual favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. La mineralización de la materia orgánica implica procesos metabólicos catalizados por enzimas. La actividad enzimática es un indicador de cambios tempranos en la calidad del suelo por sus relaciones con la microflora y la facilidad de su medición y su rápida respuesta a las prácticas de manejo agrícola (Álvarez-Solís et al. (2010). La ureasa y las fosfatasas han recibido más atención por sus implicaciones en los ciclos biogeoquímicos y de nutrición. La ureasa cataliza la reacción de hidrólisis de los enlaces C-N de algunas amidas y de la urea en amonio y dióxido de carbono. Las fosfatasas catalizan la reacción de hidrólisis de los enlaces ésteres y anhídridos de fosfato. Estas enzimas tienen una función fundamental en el ciclo del P al liberar el ión ortofosfato de compuestos orgánicos e inorgánicos, el cual queda disponible para las plantas.

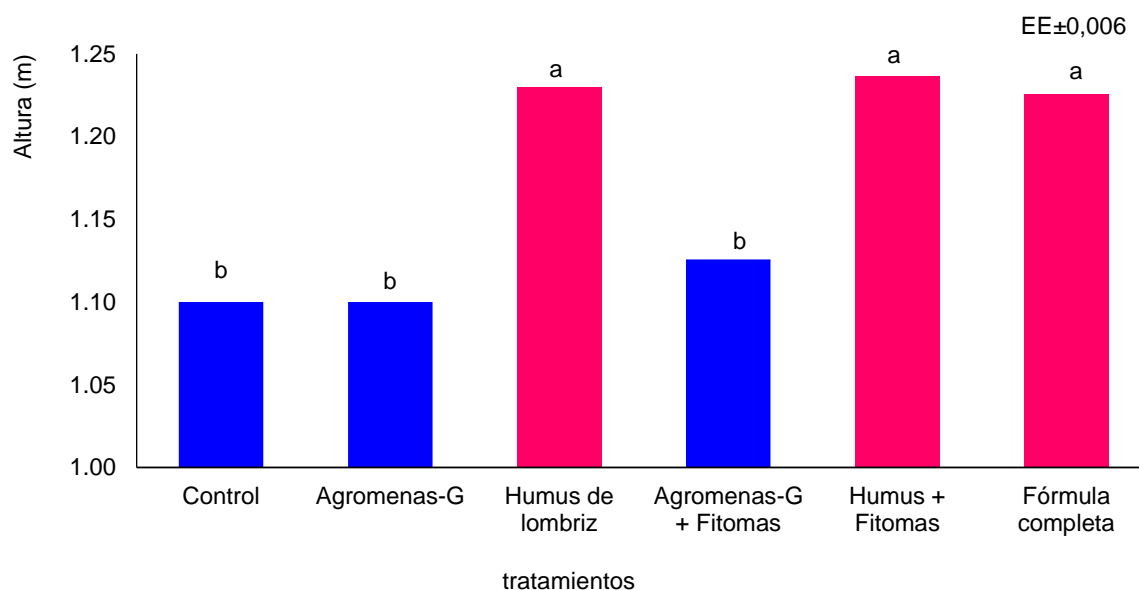
La aplicación de materia orgánica también aumenta la actividad de las fosfatasa al estimular la biomasa microbiana y la secreción de las raíces (Purakayastha et al., 2006). La fosfatasa ácida es influenciada por la fisiología de la planta y el suministro de P inorgánico: su actividad disminuye con la edad y aumenta cuando hay deficiencia de P (Cruz-Flores et al., 2005). Por el contrario, la actividad de ureasa muestra una respuesta variable a la aplicación de abonos orgánicos y hay una mayor actividad ureasa en suelos con composta que sin ella (Banik et al. 2006). Sin embargo, Crecchio et al. (2001) indican que no hay efecto de la composta en la ureasa, y García-Gil et al. (2000) señalan su inhibición debido a la continua aplicación de compostas elaboradas con desechos municipales. Además, se ha observado una inhibición de la actividad ureasa en respuesta a una fertilización nitrogenada (Lalfakzuala et al., 2008).

### **3.2.- Evaluación de caracteres morfo-fisiológicos y de rendimiento agrícola**

#### **3.2.1. Altura de la planta**

Según reportes de Blessing y Hernández (2009), la altura es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos al fruto durante el llenado del grano y puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales: la luz, el calor, la humedad y los nutrientes. Asimismo, es una característica varietal y ambiental resultado del número de nudos y la longitud de los entrenudos; la misma que se ve influenciada por el carácter genético de la variedad, el tipo de suelo y el manejo agronómico del cultivo.

En la figura 3.1 se muestra el efecto de los tratamientos sobre la altura; como se puede observar no existe diferencias significativas entre los tratamientos III (humus de lombriz), V (humus de lombriz + FitoMas-E®) y VI (control absoluto fórmula completa); a diferencia de los otros (control I, Agromenas-G II y Agromenas-G + FitoMas-E® IV); entre éstos tampoco existen diferencias.



**Figura 3.1. Comportamiento de la altura en función de los tratamientos.**

En este sentido, Báez y Marín (2010) plantean que la altura de la planta se incrementa cuando se aplican abonos orgánicos, ya que estos les suministran a las plantas los compuestos asimilables, en forma gradual, a través de una serie de reacciones, donde se degradan las proteínas y los carbohidratos complejos; no así los fertilizantes, que son sustancias solubles de fácil disolución que favorece a una rápida asimilación por la planta, pero también a un rápido lavado por las aguas de drenaje o la volatilización. Según Astudillo (2011), el nitrógeno que contienen los abonos orgánicos en mayor o menor proporción, es una fuente lenta pero continua de materias nutritivas; las cuales solo están disponibles para las plantas, después de haber sido mineralizadas.

Los resultados obtenidos con el tratamiento III son similares a los reportados por Campos (2014); éstos pueden que estén relacionados con la composición del producto; fundamentalmente ácidos húmicos y flúvicos, de los cuales se conocen sus efectos y su participación en los distintos procesos fisiológicos-bioquímicos en las plantas, con intervención positiva en la respiración y la velocidad de las reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, lo que propicia una mayor producción de ATP, así como también en efectos selectivos sobre la síntesis proteica y el aumento de la actividad de diversas enzimas (Nardi *et al.*, 2002).

Para el caso del tratamiento V es lógico el resultado alcanzado, lo cual puede que se corresponda con que la unión de ambos productos (humus y FitoMas-E®) benefician el comportamiento de este indicador, por la constitución de ambos; para el caso del FitoMas-E®, este es un bioestimulante que en su composición química contiene sustancias promotoras del crecimiento vegetal como aminoácidos, proteínas, péptidos, carbohidratos y macroelementos ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ). Las plantas fabrican las proteínas que necesitan, sintetizándolas a partir de aminoácidos, los cuales, a su vez, se producen a partir de un proceso bioquímico complejo. Este proceso consume gran cantidad de energía bioquímica y biológica (Pulido *et al.*, 2013). De igual forma, este proporciona aminoácidos y péptidos ya formados, que la planta necesita para realizar funciones metabólicas, disminuyendo así el consumo de energía de los procesos biológicos.

Del mismo modo, puede relacionarse con la presencia de aminoácidos como el L-triptófano, que es un precursor de la síntesis de las auxinas, lo que favorece la germinación y la emergencia de las semillas, contiene glicina y ácido glutámico, que

actúan como metabolitos fundamentales en la formación de tejidos vegetales (Castillo *et al.*, 2011).

Similares resultados para este indicador fueron obtenidos por Vázquez *et al.* (2015) cuando aplicaron compost y té de compost en el crecimiento del cultivo del tomate y con Arteaga *et al.* (2006) en un experimento de campo, al trabajar con la variedad de tomate Amalia y diferentes diluciones de humus líquido extraído de vermicompost.

Para el caso del tratamiento VI (fertilizantes químicos), los resultados pueden que estén avalados porque los mismos tienen la propiedad de ser higroscópicos; es decir, absorben el agua del medio que los rodea, lo cual provoca reacciones de hidrólisis y liberación de sales que pasan de forma directa a la solución del suelo para ser aprovechados por los cultivos. Resultados similares fueron obtenidos por Arzola *et al.* (1981).

Aunque el tratamiento I (control sin fertilizante) no fue uno de los de mejor comportamiento, es válido resaltar que con el mismo se validó lo planteado por Saucedo (2008), que el sorgo se adapta a diferentes tipos de suelos debido a su menor requerimiento de humedad y a su uso más eficiente del agua, superior a la mayoría de los cultivos. Ello, está dado a que posee una capa de cera que recubre las hojas y el tallo que disminuye la evaporación; además de células motoras higroscópicas de modo que produce un acartuchamiento de las hojas creando un ambiente confinado que disminuye la evaporación; igualmente, presenta un número de estomas mayor que el maíz mostrando un control eficiente a los cambios climáticos, y tiene la facultad de entrar en reposo vegetativo (periodo de dormancia) cuando falta el agua y las condiciones son adversas.

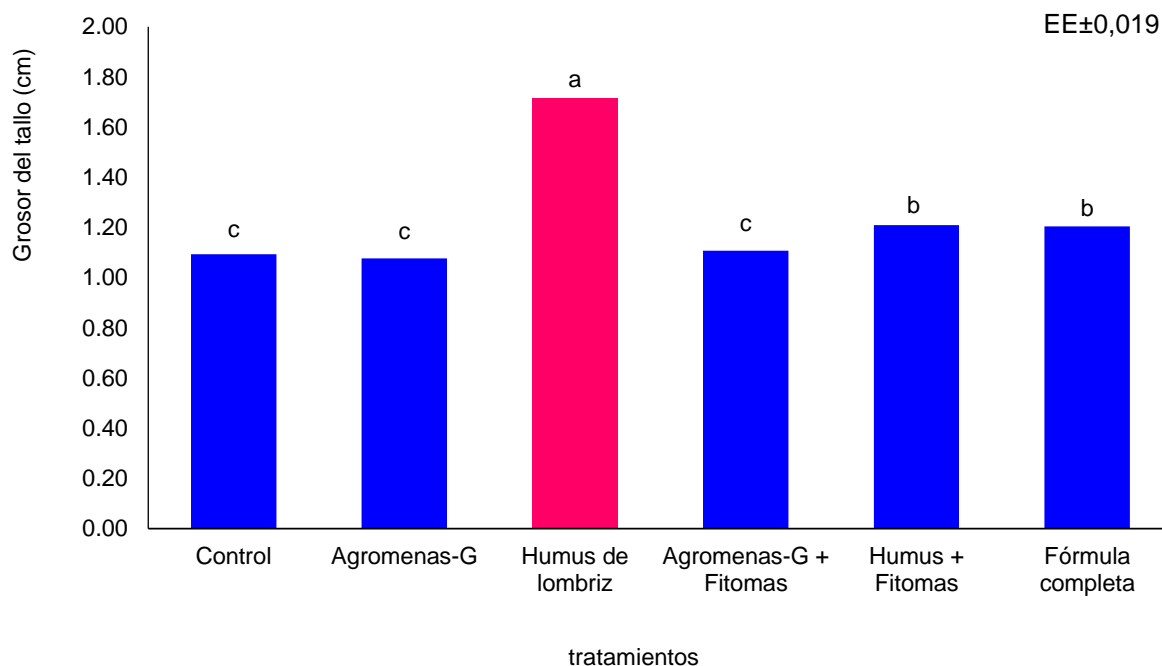
El comportamiento de la altura también se ve afectado por efectos genéticos (la misma está controlada por cuatro genes recesivos - $dw_1$ ,  $dw_2$ ,  $dw_4$  y  $dw_3$ ; éste último, es el responsable de la inestabilidad de este indicador-); igualmente, pudo haber incidido según reportes de Acosta *et al.* (2013), la respuesta fotoperiódica, dado que la activación de la floración reduce el crecimiento vegetativo; tanto el porte como el tamaño, son considerados factores de mucha importancia, ya que los sorgos altos son preferidos para forrajes y producción de grano.

### **3.2.2. Grosor del tallo**

Reportes de Báez y Marín (2010) plantean que el grosor del tallo es un indicador de gran importancia en las plantaciones de sorgo, ya que influye sobre el doblamiento de los tallos cuando son afectados por fuertes vientos. Del mismo modo, plantean que depende de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo. La resistencia que presenta la planta del sorgo al acame depende en gran medida del diámetro del tallo, considerando que el diámetro del tallo tiende a disminuir cuando se aumenta la densidad de siembra, debido a la competencia entre las plantas; en ese sentido, el INTA (2001) afirma que la aplicación de nitrógeno es uno de los factores que influye en el diámetro de las plantas, al igual que Arzola *et al.* (1981).

En la figura 3.2 se puede observar que existe diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos evaluados; el de mejor comportamiento fue el III; en el que se presenciaron tallos gruesos; a pesar de que su estatura en condiciones normales de producción es más baja que otras variedades; seguidos del V y el VI; entre ellos no hubo diferencias y luego los demás. Resultados similares fueron obtenidos por Arredondo *et al.* (2007) al caracterizar a este mismo cultivar.





**Figura 3.2. Comportamiento del grosor del tallo en función de los tratamientos**

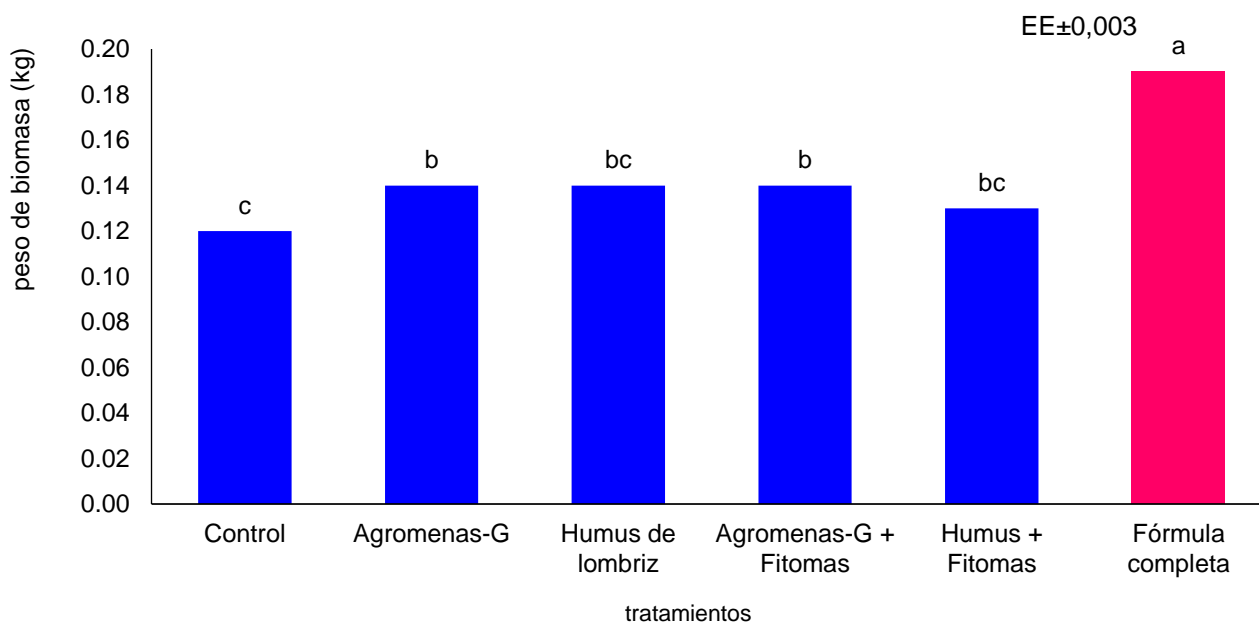
Los resultados obtenidos con la aplicación del humus de lombriz pueden deberse al alto contenido de nitrógeno, ya que este elemento favorece el crecimiento y el diámetro del tallo; del mismo modo, puede que se haya visto influenciado por el estado de madurez de este abono, en el que existe mayor disponibilidad y asimilación de nutrientes por la planta. Resultados similares fueron obtenidos por González y Hernández (2014) en estudios realizados en plantas de chiltoma (*Capsicum annum* L.).

Este efecto también pudo estar relacionado con el aporte de las sustancias húmicas de diferentes metabolitos, entre ellos el potasio y otros minerales que intervienen en la nutrición de las plantas, los que al ser absorbidos por las raíces o por las hojas garantizan un adecuado desarrollo, que, al encontrarse en concentraciones apropiadas, propician una adecuada ganancia en este indicador. Según Luna *et al.* (2015), las concentraciones

del elemento potasio en los abonos orgánicos pudieran satisfacer las necesidades de este elemento en los cultivos.

### 3.2.3 Peso total de la biomasa

Al comparar el peso total de la biomasa obtenido en los seis tratamientos se pudo observar que existen diferencias significativas (figura 3.3). Este comportamiento se puede catalogar de positivo. Resultados similares fueron reportados por Saucedo (2005).



**Figura 3.3. Comportamiento del peso total de la biomasa en función de los tratamientos.**

En este sentido, el mejor resultado en cuanto al peso total de la biomasa expresado en rendimientos de  $t.ha^{-1}$  correspondió al tratamiento V; este comportamiento se puede catalogar de aceptable según referencias de Martínez y Saucedo (2005), y aún más si se tiene en consideración la naturaleza de este cultivar, que es de doble propósito.

Seguramente, el factor decisivo que ha influido en esa mejor tendencia de los fertilizantes químicos ha sido su rapidez en cuanto a su asimilación por las plantas, ya que, la urea y los fertilizantes con amonio son sometidos a una rápida conversión en la mayoría de

suelos arables. Cuando la urea o fertilizantes que la contienen son aplicados, la urea es normalmente hidrolizada rápidamente por la enzima ureasa a la forma de carbonato de amonio. Este se descompone para producir  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$  que son absorbidas directamente por el cultivo (Ancín, 2011).

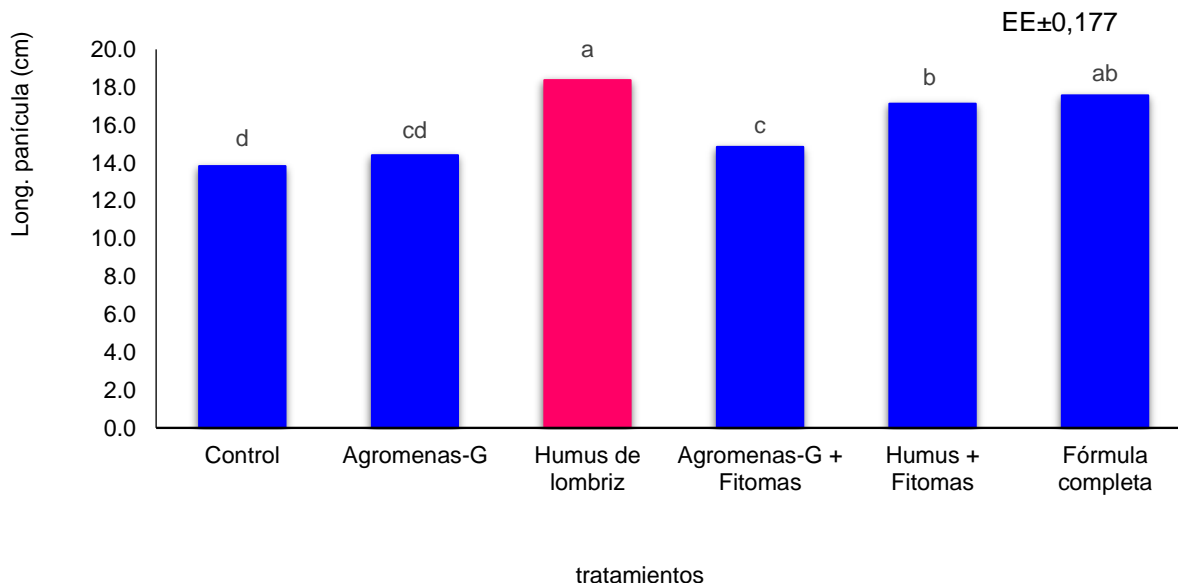
En este caso, pudiera decirse que el comportamiento de los tratamientos con abono orgánico en general, se deba a que al aplicarlos no hayan tenido el tiempo suficiente para descomponerse y aportar los nutrientes necesarios al cultivo. Se puede considerar que todo el P, el K, los elementos secundarios y los oligoelementos que contienen estos residuos están ya en formas directamente asimilables para el cultivo o que se convertirán en ellas en un plazo razonablemente corto (Díaz *et al.*, 2015). En cambio, la situación del N es mucho más compleja ya que está ligada a la evolución de la materia orgánica del residuo, la cual, una vez en el suelo, está sometida a dos procesos paralelos, la mineralización y la humificación. Durante la mineralización del nitrógeno orgánico se libera nitrógeno amoniacal, el cual puede ser adquirido por las plantas, ya sea directamente, ya sea previa transformación a nitrógeno nítrico, que es lo usual.

El ritmo de generación de nitrógeno inorgánico coincidirá pues aproximadamente con el de la mineralización de la materia orgánica y se verá afectado por los mismos factores (pH, temperatura, humedad y aireación del suelo, arcilla, carbonatos, entre otros). La cantidad de nitrógeno mineralizado dependerá de este ritmo y de la reserva de nitrógeno orgánico (o materia orgánica) del suelo. Sin embargo, a la vez se produce la humificación, haciendo que una fracción del N-inorgánico (del residuo, del suelo o del generado por la mineralización de la materia orgánica de ambos) se incorpora en forma de N-orgánico al humus o queda sujeto a la típica dinámica de este dentro del suelo. Por tales motivos los

residuos orgánicos pueden actuar, ya sea como suministradores de N para el cultivo siguiente, ya sea como bloqueadores del N-inorgánico del suelo. Este comportamiento según reportes de Ancín (2011), viene determinado por su relación C/N y por su capacidad para transformarse en humus.

### 3.2.4 Longitud de la panícula

La figura 3.4 muestra el comportamiento de la longitud de la panícula –descriptor de la fase fenológica de la floración- en función de los tratamientos usados, como se observa existen diferencias significativas entre ellos; la mayor longitud se presentó con el tratamiento III, aunque entre él y el VI no hubo diferencias, como tampoco la hubo entre este último y el V; de igual forma, ocurre entre los tratamientos II y IV y II y I (este fue el de menor longitud).



**Figura 3.4. Comportamiento de la longitud de la panícula en función de los tratamientos.**

Aunque, no hay diferencias, es significativo mencionar que el tratamiento III (18,38) con humus de lombriz supera la longitud del tratamiento VI (17,57) que es control absoluto

con fertilizantes; sin embargo, ninguno de los tratamientos alcanza el desarrollo según lo descrito por Martínez y Saucedo (2005) y Arredondo et al. (2007) que es de 26 a 31 cm. Resultados similares fueron encontrados por (Milián, 2008) cuando comparó la variedad CIAP-132R con la UDG-110 en las condiciones de producción de semillas que solo promediaron 18,12; por lo que se puede inferir, que esto está estrechamente relacionado con las condiciones edafoclimáticas del área experimental y de la agrotecnia mínima dada durante el ciclo del cultivo.

Estos resultados en los que los abonos orgánicos demuestran igualdad o superioridad en el comportamiento de la variable evaluada, puede deberse a que éstos, según Báez y Marín (2010) proporcionan un sistema en el cual los nutrientes son reciclados, mejoran el contenido de materia orgánica y propiedades físicas del suelo, especialmente la porosidad con la correspondiente reducción de la densidad aparente y un incremento en la cantidad de nutrimentos disponibles. Asimismo, mejoran el intercambio catiónico y además de contener N, P y K, aportan otros elementos menores, importantes para el buen crecimiento de la planta.

Del mismo modo, es válido mencionar que éstos se consideran fertilizantes de lenta liberación cuya acción se prolonga en el tiempo, contribuyendo a mejorar la calidad del medio ambiente y a la producción de los cultivos. Estos datos reflejan que el uso de humus tiene aceptable disponibilidad de nutrientes, los que son fácilmente asimilables por la planta. Éste se puede usar en todos los cultivos y en cualquier etapa, porque la liberación de nutrientes por su transformación en el suelo se adapta a las necesidades de las plantas. En tiempos de calor, es cuando las plantas crecen más, también la transformación de la materia orgánica es más rápida y entrega los nutrientes en suficiente

cantidad a las raíces de los cultivos. No hay problemas de sobre fertilización o de una aplicación inadecuada para las plantas.

Resultados similares fueron obtenidos por Villamar (2014). Esta afirmación, fortalece los datos obtenidos, debido a que las condiciones climáticas de la zona donde se realizó el estudio predominan las temperaturas altas, facilitando la transformación de la materia orgánica.

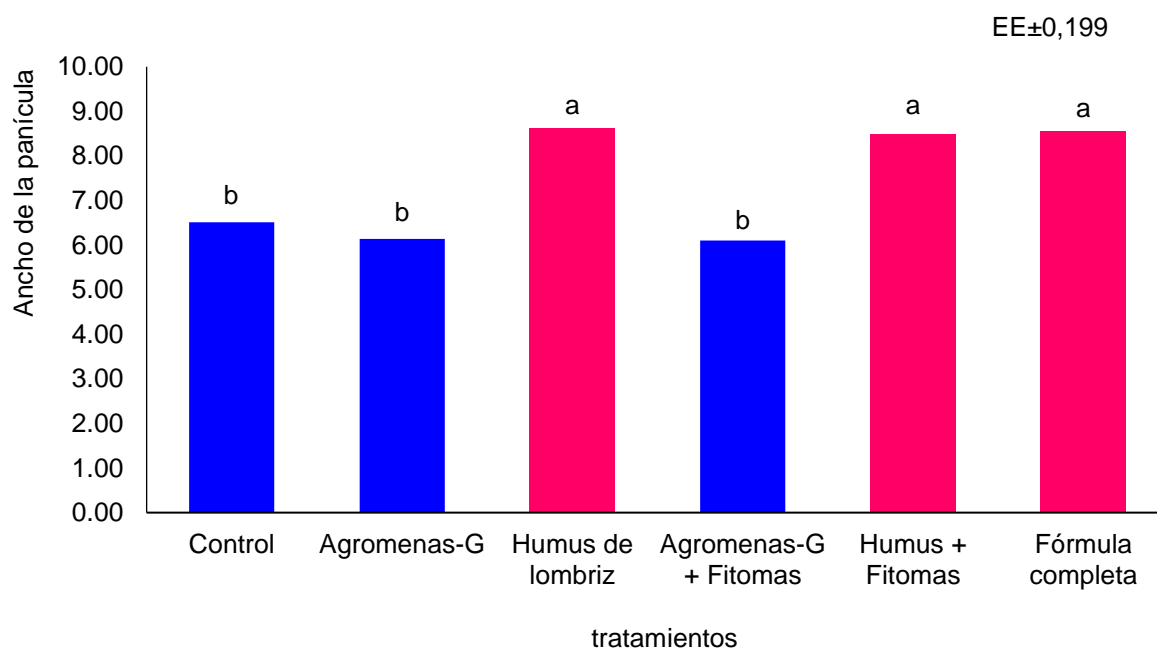
Igualmente, puede decirse que hay una relación directa entre la cantidad de abono orgánico añadido y la producción total de biomasa de las plantas. Así, se puede sustituir parte importante del nitrógeno inorgánico por nitrógeno orgánico del abono sin afectar el contenido total de azúcares presentes en las plantas (de hecho, lo incrementa). De todas formas y aunque prometedores, éstos, son datos obtenidos con una sola variedad de sorgo y un tipo de abono orgánico, por lo que se recomienda seguir investigando en este sentido.

Otro de los elementos que pudieron incidir en el comportamiento de la longitud de la panoja o panícula es la dependencia a los factores ambientales (fundamentalmente la temperatura) y nutricionales en que se desarrolla el cultivo, al igual que la influencia del fotoperiodo. La fotoperiodicidad, o respuesta a los ciclos de luz y oscuridad, tiene especial importancia en la determinación del inicio de la floración; así, ciertas plantas son propias de días cortos y sólo florecen cuando el periodo de luz es inferior a cierto valor. En las plantas, la duración y la periodicidad en la iluminación tienen una influencia decisiva sobre la germinación y la duración del crecimiento vegetativo, así se llega a la conclusión de que muchos fenómenos vinculados al desarrollo de las plantas pueden ser activados o no según las horas de luz que reciba. Esto coincide con lo reportado por Villeda (2014),

quien plantea que el fotoperiodo puede llegar a modificar la germinación, el metabolismo y por ende el crecimiento vegetativo de las plantas, de ahí la importancia de conocer la respuesta a éste, ya que así los productores pueden cultivar cada especie en la región que mejor se adapte a su fotoperiodo o modificarlo.

### 3.2.5 Ancho de la panícula

El comportamiento del ancho de la panícula se muestra en la figura 3.5, en la misma se observa que hubo diferencias significativas. Los mejores valores se lograron con los tratamientos III, V y IV. Los resultados coinciden con los reportados por Saucedo (2005) quien plantea que el rango óptimo de este indicador para el cv. UDG-110, oscila entre 6 y 10 cm; lo cual se manifiesta en casi todos los tratamientos, excepto para el I (control sin fertilizantes); esto también lo corroboran Chaviano (2005) y Martínez (2007).



**Figura 3.5. Comportamiento del ancho de la panícula en función de los tratamientos.**

Es válido mencionar que este indicador es inversamente proporcional a la longitud de la panícula; por ello, se infiere que la expresión de este resultado puede que se deba a la

influencia que sobre este indicador tienen los factores ambientales y nutricionales. Al respecto, Villeda (2014) expresa que en esta característica los factores como la fertilidad de suelo, la temperatura, la luminosidad, la edad de la planta y las estaciones, influyen en la expresión de este tipo de descriptor morfológico. Por su parte, Cuadra y Obando (2012) expresan que cuando el estudio comprende muchas características la expresión que puede brindar es variable y muchos descriptores son profundamente influenciados por el ambiente.

Del mismo modo, es probable que el aporte de humus de lombriz en el sorgo, se deba a los efectos favorables que proporciona al suelo, ya que como abono orgánico se considera imprescindible en el uso y manejo del mismo para mejorar y mantener su componente orgánico, la fertilidad física, química y biológica, en síntesis, su calidad y productividad; criterios similares fueron expresados por Sharma et al. (2012). Los efectos de las sustancias húmicas sobre la planta son muy diversos: los ácidos húmicos estimulan el desarrollo de raíces y tallos; existen reportes de que la aplicación de ácidos húmicos incrementa el crecimiento de la plántula y el contenido de nutrimentos en trigo (*Triticum aestivum* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), maíz (*Zea mays* L.) y en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); sin embargo, es válido acotar que, si se aplican altos niveles de ácidos húmicos se retarda el crecimiento de estas plantas o decrece el contenido de nutrimentos en las mismas, el tratamiento de semillas y sustratos con ácidos húmicos promueve el desarrollo de la radícula, mejora la absorción de micronutrientes como Fe-Cu y Zn; en maíz y en trigo, estimula y aumenta la absorción nitrógeno y fósforo, esto podría ayudar a eliminar problemas de clorosis, no se observan efectos de las



sustancias húmicas sobre la absorción de micronutrientes cuando la aplicación del humus se hace vía foliar.

Por otra parte, se ha demostrado que la mayoría de los cultivos manifiestan una clara respuesta a la aplicación de abonos orgánicos, en particular, en suelos sometidos a cultivos de forma consistente, debido a que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan, comparados con la fertilización sintética. Aunque estos abonos orgánicos contienen menores nutrimentos, la disponibilidad de éstos es constante para la planta por la mineralización gradual a que están sometidos (Bouajila y Sanaa, 2011). La aplicación de materia orgánica también aumenta la actividad enzimática, las fosfatasas y la ureasa tienen particular relevancia por su trascendencia en los ciclos biogeoquímicos y de nutrición (Álvarez *et al.*, 2010).

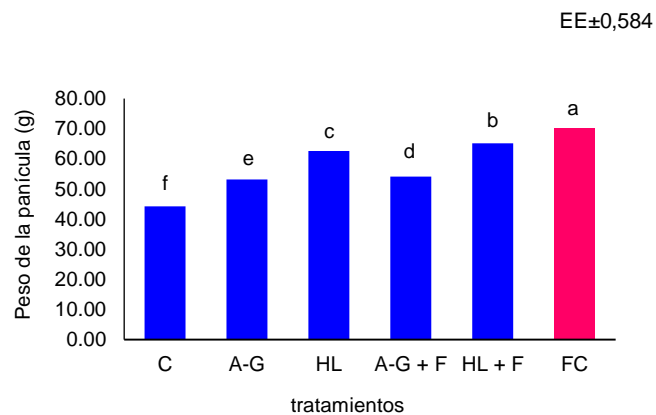
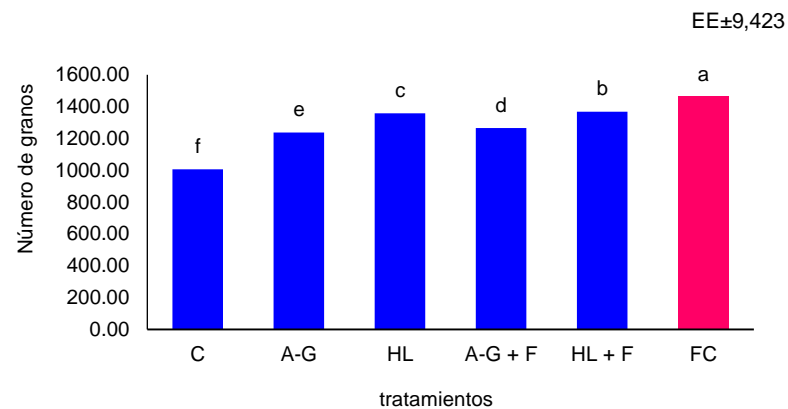
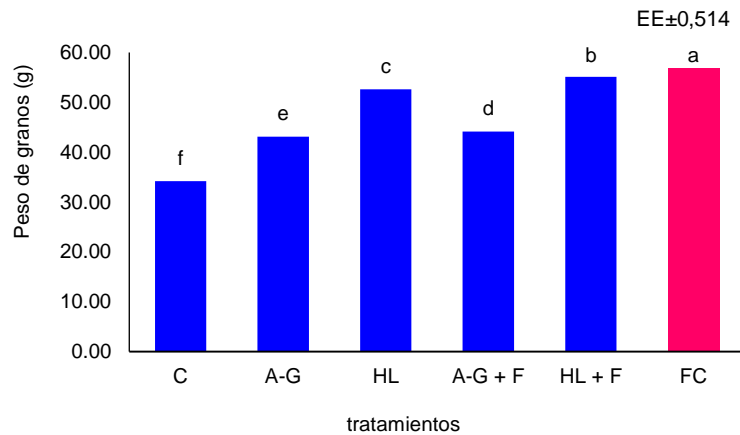
El comportamiento del tratamiento V, puede que se deba a la acción combinada de humus de lombriz más FitoMas-E®; ya que se conoce que el uso de bioestimulantes vegetales estimula la emergencia y el crecimiento vegetal debido a que están compuestos por sustancias naturales como carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y aminoácidos, activadores de las funciones fisiológicas de las plantas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y representa según reportes de Batista-Sánchez *et al.* (2015), una opción para enfrentar problemas de estrés abiótico - salinización de los suelos, sequías, excesos de humedad-; de igual modo, potencia la acción de los herbicidas y otros plaguicidas, lo que permite reducir las dosis; acelera el proceso de compostaje y la degradación de los residuos de cosecha, e incrementa los rendimientos. Por su parte, la materia orgánica compuesta por humus, mejora la estructura del suelo al favorecer la permeabilidad, por lo que las raíces pueden

penetrar con mayor facilidad; las sustancias húmicas incrementan la micorrización de las raíces, además forman complejos fosfo-húmicos haciendo más disponible este nutrimento para la planta, también contribuyen a mejorar las cadenas tróficas del suelo. El comportamiento relacionado con el tratamiento VI, es lógico, debido a que podría decirse que existe una tendencia a que los fertilizantes químicos dan lugar a los mejores resultados en los cultivos.

### **3.2.6 Peso de la panícula y de los granos y número de granos**

Por la uniformidad en el comportamiento de estos indicadores, se tratará a los mismos de forma conjunta (figura 3.6). Milián (2008) relacionó un conjunto de caracteres que definen el rendimiento de la cosecha, entre ellos: el número de plantas por unidades de área; la longitud y el peso de la panícula, el peso de los granos, peso de 100 granos, el número de granos, entre otros; esto también fue corroborado por autores tales como Villamar (2014) y Cuadra y Obando (2012).

En la fase fenológica de cosecha se consideran los descriptores peso del grano y número de granos por panoja o panícula. En la figura se muestra que para ambos indicadores el mejor comportamiento se obtuvo con el tratamiento VI y los peores con el I; lo mismo ocurre para la longitud de la panícula; resultado lógico, ya que cuando se usa fertilizantes químicos se realiza un adecuado aporte de nitrógeno (N), el cual es muy importante, ya que éste es uno de los elementos más limitantes para el crecimiento de las plantas y su metabolismo; es el segundo mayor proceso metabólico vegetal, superado apenas por la fotosíntesis.



**Figura 3.6. Comportamiento del peso de la panícula y de los granos y número de granos en función de los tratamientos.**

**Leyenda:** C. control; A-G: Agromenas-G; HL: Humus de lombriz; A-G + F: Agromenas-G + Fitomas; HL + F: Humus de lombriz + Fitomas; FC: Fórmula completa.



El metabolismo del nitrógeno engloba complejos sistemas de absorción, asimilación y movilización los cuales siempre se manifiestan en todas las especies. Según reportes de Marschner (2012), este nutriente es el más exigido en diferentes cultivos, siendo declarado como el más importante en el desarrollo inicial de la mayoría de los cultivos. En este sentido, autores tales como Carelli y Fahl (2006) describen cambios en su metabolismo, principalmente en plantas de café (*Coffea arabica* L.), tratadas con diferentes dosis de nitrógeno. Por otra parte, Santelices-Moya *et al.* (2013), plantean que es imprescindible para la captación y la formación de compuestos de carbono requeridos en la formación de nuevos órganos en la planta.

Es válido mencionar que la cantidad de N requerida por las plantas varía de acuerdo a las características del cultivo (especie, variedad, etapa de desarrollo, nivel de producción, entre otras), factores climáticos (principalmente la humedad y la temperatura), las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas) y el manejo de la plantación (López *et al.*, 2012). Resultados similares fueron obtenidos por Acheampong *et al.* (2013) y Miranda (2015); quienes refieren que este es un elemento que está relacionado con todas las rutas metabólicas de los vegetales y que de forma directa e indirecta promueve que haya una mayor actividad fotosintética; y, por consiguiente, mayor acumulación de biomasa, lo cual es corroborado por Taiz y Zeiger (2013).

Es significativo destacar que los estudios sobre nutrición vegetal a menudo se enfocan sobre el efecto de la fertilización nitrogenada, puesto que éste es el nutriente requerido en mayor cantidad y el que probablemente limita más la ganancia de carbono; la presencia de N en alguna de las combinaciones, independiente de la presencia de potasio o fósforo favorece la síntesis de clorofila total. Este aspecto ha sido mencionado por

diferentes autores Seneweera *et al.* (2011) en hojas de arroz, Modh *et al.* (2011) en *Labisia pumila* Benth. & Hook.f.; los mismos refieren que esto ocurre porque el nitrógeno favorece la absorción de Mg, lo que influencia la síntesis de clorofila.

Lo anteriormente mencionado también repercute tanto en el aumento del contenido de carbohidratos solubles como en el de proteínas solubles, lo que, a su vez, está relacionado con la fotosíntesis; en esta se produce azúcares solubles a partir de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, pero este proceso no puede realizarse sin la producción de proteínas, enzimas y moléculas de transferencia de electrones tales como clorofila, ADP y ATP, todas ellas moléculas orgánicas que tienen nitrógeno y fósforo como constituyente fundamental (Latsague, *et al.*; 2014).

El peso del grano también depende del factor genético, así como de la capacidad de la planta para almacenar materia seca, pues el peso final del grano depende de la materia seca producida. El descriptor peso de granos es poco influenciado por el medio ambiente y está ligado a los caracteres principalmente de cada variedad. Esta variable demuestra la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo al grano en la etapa reproductiva (Villeda, 2014). Según Taiz y Zeiger (2013), también hacen referencias al clima, la fertilidad del suelo y el agua disponible.

Para el caso del número de granos, este comportamiento puede que se deba a que, en todos los tratamientos, se presentó senescencia foliar, debido a que al realizar la cosecha se tuvo que poner en bolsa las panículas, por los ataques de pájaros –también llamadas aves granívoras-; lo que pudo haber dificultado la actividad fotosintética por la escasa absorción de la radiación solar, lo cual pudo haber afectado el rendimiento final del grano. Estos resultados coinciden con los reportados por Saucedo (2017) y García-Centeno *et*

al. (2017). El número de granos está frecuentemente correlacionado con el rendimiento final del grano y está influenciado por el número de inflorescencias, de espiguillas por inflorescencia, de florecillas por espiguillas y por la proporción de florecillas que llegan a producir grano. El desarrollo de la panícula desde su iniciación hasta la antesis es importante, ya que el límite más alto del número de granos se establece durante este periodo (Villeda, 2014).

El rendimiento del grano también es el resultado de varios factores biológicos y ambientales que se correlacionan para luego expresarse en producción. Aproximadamente el 90 % del rendimiento del grano se debe a la fotosíntesis en la panícula y a las cuatro hojas superiores. Cuadra y Obando (2012) plantea que la longitud de la panoja es uno de los componentes de mayor importancia en el rendimiento del sorgo; una sola panoja puede producir de 24 a 100 millones de granos de polen. Así tenemos, que panojas de mayor tamaño tienen un mayor número de espiguillas y por tanto un mayor número de granos (Villamar, 2014).

El peso de la panícula es de gran importancia a la hora de tener en cuenta el rendimiento. Éste está en dependencia de la calidad, la cantidad y el tamaño de los granos, sobre todo cuando está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno (Villamar, 2014). Por su parte, Villeda (2014), indica que el rendimiento es el producto de la radiación interceptada por el follaje durante su ciclo, su conversión en biomasa a través de la fotosíntesis y la distribución en materia seca hacia la fracción cosechada.

### **3.2.7. Rendimiento y contenido de materia seca**

En relación con lo planteado anteriormente, en la tabla 3.3 se muestra el comportamiento de los indicadores del rendimiento y el contenido de materia seca (%) en función de los

tratamientos que fueron usados. Como se puede observar en los indicadores rendimiento de granos y de biomasa el comportamiento es muy similar, los tratamientos III, V y VI son los de mejor comportamiento y entre ellos no existen diferencias significativas; a diferencia de los demás (II y IV, entre los que no hubo diferencias); el de peor comportamiento fue el I, el cual difiere de todos los demás.

**Tabla 3.3. Indicadores del rendimiento y contenido de materia seca (%).**

Tratamientos	Rendimiento de granos t. ha <sup>-1</sup>	Rendimiento de biomasa t. ha <sup>-1</sup>	Contenido de materia seca %
Control	0,281 <sup>d</sup>	20,0 <sup>d</sup>	20,77 <sup>c</sup>
Agromenas-G	0,433 <sup>c</sup>	24,5 <sup>c</sup>	21,36 <sup>b</sup>
Humus de lombriz	0,594 <sup>b</sup>	30,0 <sup>b</sup>	24,53 <sup>a</sup>
Agromenas-G + FitoMas-E®	0,450 <sup>c</sup>	24,0 <sup>c</sup>	21,52 <sup>b</sup>
Humus L+ FitoMas-E®	0,613 <sup>b</sup>	29,0 <sup>b</sup>	24,76 <sup>a</sup>
Fórmula completa	0,667 <sup>a</sup>	32,0 <sup>a</sup>	24,84 <sup>a</sup>
<b>EE±</b>	0,0253	1,329	1,148

Letras desiguales en una misma columna difieren para  $p < 0,05$  por Duncan

Resultados similares a los obtenidos fueron descritos por Villamar (2014) y Villeda (2014), quiénes aseveran que los mismos se deben a la capacidad que tienen las plantas de adaptarse a los diferentes ambientes; de la misma forma, se lo atribuyen al contenido de materia orgánica presente en el suelo, ya que esto y un alto contenido de nutrientes son los preferidos por el sorgo; aunque esto no impide que el cultivo se adapte a diferentes tipos de suelo en cualquier ambiente. Al respecto Rezende (2011), plantea que el tipo de raíz que presenta esta planta, le permite explorar mayor volumen de suelo, además de ser más eficiente en la absorción de nutrientes y de agua; con esto se demuestra que los abonos orgánicos además de ser una buena fuente aportadora de nutrientes, pueden proporcionarlos de forma oportuna según la demanda del cultivo.



Igualmente, estos resultados pudieron deberse a la interacción genotipo-ambiente, la que provoca que las plantas se manifiesten en función del entorno en el que se desarrollen; independientemente, de que también pudieron haber influido los factores climáticos (en especial las temperaturas), los cuales incrementan el rendimiento del grano de sorgo y varían de acuerdo a la fertilidad del suelo. En este sentido, Villamar (2014), indica que numerosos procesos que intervienen en la fisiología de la planta, como intensidad de la radiación, la cantidad de luz, la disponibilidad de agua y nutrientes, inciden en el rendimiento final de la cosecha.

En cuanto al tratamiento VI, el comportamiento observado es lógico, debido a que los fertilizantes químicos son asimilados por las plantas con mayor rapidez que los orgánicos; además de la cantidad de nitrógeno y otros macroelementos que aportan.

Para el caso del contenido de materia seca, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos VI, V y III, con los que se logran 24,8, 24,7 y 24,5 % respectivamente; resultados que difieren de los de Chaviano (2005) quién al caracterizar la composición química del forraje de una planta de sorgo cv. UDG-110 solo obtuvo 24,25 %.

Por otra parte, en trabajos realizados por Mongado et al. (2010) con un grupo de variedades de sorgo y en condiciones de suelo y clima diferentes, encontraron que el contenido de materia seca en el forraje no superaba el 18,0 %; sin embargo, en este estudio, el cv. UDG-110 bajo el efecto de los seis tratamientos oscila entre 20,7 y 24,8 %, lo cual valida su uso como forraje además de la caracterización hecha por Saucedo et al. (2005), cuando describen la composición bromatológica del sorgo con 24 % de MS, 68,6 % de carbohidratos, 12,10 % de proteínas, 3,41 % de grasas, 3,92 % fibra, 0,11 % de taninos condensados, 1,72 % cenizas y 1 440 contenido calórico (kj.g<sup>-1</sup>).

De manera general, y a pesar de que se lograron los mejores resultados en cuanto a los indicadores del rendimiento con el tratamiento VI (fertilización de fórmula completa), se puede plantear que es posible el uso de alternativas de fertilización biológica; como se pudo observar con esta investigación, ya que con el tratamiento III (humus de lombriz), también se lograron buenos resultados, seguido de la combinación de humus de lombriz con FitoMas-E® (tratamiento V).

### 3.2.8. Análisis factorial de los indicadores evaluados

En la tabla 3.4 se presenta la correlación que se presenta entre los indicadores evaluados. Por la importancia que se les atribuye a las interrelaciones entre el rendimiento y sus componentes, se puede destacar la existencia de correlaciones fuertes y positivas. Similares resultados se encontraron en investigaciones realizadas por Villeda (2014).

**Tabla 3.4. Matriz de las correlaciones fenotípicas.**

Indicador	AP	DT	PTB	LP	AP	PP	NG	PG
AP (cm)	-							
DT (mm)	0,408	-						
PTB (kg)	0,503	0,351	-					
LP (cm)	0,529	0,559	0,545	-				
AP (cm)	0,619	0,480	0,839	0,626	-			
PP (cm)	0,560	0,293	0,849	0,524	0,886	-		
NG	0,527	0,289	0,850	0,525	0,858	0,933	-	
PG (g)	0,597	0,347	0,867	0,576	0,944	0,954	0,968	-

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,05

**Leyenda:** AP: altura de la planta; DT: diámetro del tallo, PTB: peso total de biomasa; LP: longitud de la panícula; AP: ancho de la panícula; PP: peso de panícula; NG: número de granos, PG: peso de los granos

Los resultados mostraron altas correlaciones entre los indicadores en un rango que va de 0,503 hasta 0,968, entre la altura, la longitud y el ancho de la panícula, el peso de la panícula y los granos y el número de granos; y correlación entre la altura y el peso total de biomasa. La mayor correlación lineal se observó entre los indicadores peso de granos,

número de granos, peso de la panícula y de granos, ancho de panícula y peso total de biomasa. Ello, indica que a medida que aumenta un indicador, también se observaría un incremento del otro.

Lo anterior, es ratificado con el coeficiente determinante encontrado (0.006); ya que está cercano a cero y es un indicativo de que existe una estructura de correlación importante entre los descriptores, dando pertinencia al análisis factorial; en otras palabras, es un indicador de que los descriptores están linealmente relacionados, lo cual es corroborado con la medida de adecuación muestral Kaiser\_Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de Bartlett que se obtuvo un valor de KMO de 0,825 y una significancia de 0,000, lo que implica que el modelo factorial es adecuado para explicar los datos (tabla 3.5).

**Tabla 3.5. KMO y Prueba de esfericidad de Bartlett.**

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,825
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	2635,118
	gl	28
	Sig.	,000

En la tabla 3.6 se muestran los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP). Se detectó una varianza acumulada de 83,71 % en las dos primeras componentes. Las variables que mejor explicaron la varianza en la primera componente (56,77 %) fueron el peso total de la biomasa, el ancho y el peso de la panícula y el número y el peso de granos, las cuales estuvieron positivamente relacionadas entre sí; mientras que la segunda componente extrajo una varianza de 26,95 %, la que estuvo explicada principalmente por el diámetro del tallo y la longitud de la panícula.

**Tabla 3.6. Resultados del ACP y relación entre los indicadores evaluados.**

Indicador	Componente principal	
	CP 1	CP 2
Altura de la planta (cm)	0,475	0,576
Diámetro del tallo (mm)	0,076	<b>0,902</b>
Peso total biomasa (kg)	<b>0,870</b>	0,278
Longitud panícula (cm)	0,391	<b>0,754</b>
Ancho panícula (cm)	<b>0,848</b>	0,437
Peso panícula (cm)	<b>0,944</b>	0,220
Número de granos	<b>0,945</b>	0,206
Peso de granos (g)	<b>0,947</b>	0,288
<b>Valor propio</b>	4,54	2,16
<b>Varianza (%)</b>	56,77	26,95
<b>Acumulado (%)</b>	56,77	<b>83,71</b>

Puede observarse que la variable altura de la planta no se incluye en ninguna de las dos componentes, debido al valor que posee su factor de suma o de preponderancia (0,576 inferior a 0,70), por lo que se pudiera prescindir de ella a la hora de realizar otras evaluaciones en circunstancias semejantes a esta investigación.

La expresión de la variabilidad adquiere notable trascendencia, ya que se relacionó, fundamentalmente, con variables del rendimiento tan importantes como el ancho y peso de la panícula y el número y peso de los granos. Incluso, el diámetro del tallo y la longitud de la panícula, que tuvieron valores de  $r$  de 0,902 y 0,754, respectivamente, contribuyeron con el 26,95 % de la variabilidad extraída por la segunda componente, cuyo valor propio fue superior a 1 (2,16); este índice puede considerarse aceptable (Philippeau, 1986) en el momento de seleccionar cualquiera de las variables para futuros análisis, en función de dichos componentes de la arquitectura de las plantas. Según plantea Philippeau (1986), el valor propio debe ser 1 o mayor que 1, para que la variabilidad correspondiente a cada indicador esté mejor relacionada con cada eje en correspondencia con este tipo de análisis. Ello se pudo comprobar en el presente trabajo, en el que la variabilidad estuvo bien distribuida, ya que dicho indicador en todos los casos fue superior a 1. Según estos

resultados, se puede inferir que la expresión de los indicadores de la primera componente está más asociados a la fase de rendimiento.

En Cuba, el desarrollo de altas producciones de sorgo constituye una alternativa viable para solucionar el gran obstáculo que frena el crecimiento de las producciones ganaderas, porcinas y avícolas: la base alimentaria. Por ello, y a pesar de que el uso de fertilizantes químicos fue el tratamiento con el que se obtuvo mejores comportamientos en los indicadores del rendimiento, se visualiza el uso de fertilizantes biológicos como una opción para la producción de este cultivo, ya que con el uso de los mismos también se lograron buenos resultados, y en otros, no se observaron diferencias significativas entre ellos.

Por eso, de manera general, es importante resaltar que al tener un buen contenido de materia orgánica y de minerales, la planta nunca dejará de recibir su dosis diaria de nutrimentos, manteniendo un suelo fértil con pérdidas mínimas, lo que se traduce en plantas y frutos de mayor calidad.

Uno de los beneficios en las plantas fertilizadas orgánicamente es que son menos propensas al ataque por insectos-plaga, al tener un balance más adecuado de nutrimentos, esto fue descubierto por el científico francés Francis Chaboussou en 1985, quien demostró la dependencia entre la calidad nutricional de las plantas y la aparición de plagas. Este proceso genera la síntesis de proteínas, y al haber un desbalance nutricional los enlaces proteícos, se rompen, desdoblándose en aminoácidos, los cuales son la base alimenticia de la que se nutren los organismos heterótrofos para sintetizar sus propias proteínas. Según la teoría de la trofobiosis, las defensas orgánicas de los

vegetales contra el ataque de plagas están en un contenido equilibrado de sustancias nutritivas en la savia o citoplasma.

A pesar de que en el cuerpo de la tesis se menciona o sugiere en varias ocasiones la importancia de la temperatura del aire en la producción de sorgo, esto no fue objeto de estudio de esta investigación; sin embargo, sería prudente para estudios futuros ahondar sobre ella, ya que pudiera ser parte de la explicación del comportamiento del rendimiento de este cultivo, sobre todo si se considera la condición de microclima que existe en la institución.

## CONCLUSIONES

- ✓ La fertilización biológica, es una opción viable para la producción del *Sorghum bicolor* L. Moench cv. UDG-110, ya que los indicadores evaluados presentaron resultados aceptables con el uso de la misma.
- ✓ La alternativa de fertilización biológica más efectiva fue la del humus de lombriz; seguida por la combinación de este más FitoMas-E®.
- ✓ Los indicadores del rendimiento evaluados no se vieron afectados con el uso de las alternativas de fertilización biológica, permitiéndole al cv. UDG-110, mostrar su potencial de doble propósito (sorgo granífero-forrajero).

## RECOMENDACIONES

- ✓ Continuar profundizando en los estudios sobre fertilización biológica; e incluir la evaluación de otras alternativas y combinaciones de fertilizantes orgánico-minerales.
- ✓ Vincular las investigaciones sobre fertilización biológica, orgánica-mineral con evaluaciones sobre la incidencia de la temperatura ambiental y del fitoclima en el rendimiento del sorgo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acheampong, K.; Hadley, P. & Daymond, A.J. 2013. Photosynthetic activity and early growth of four cacao (*Theobroma cacao* L.) genotypes as influenced by different shade regimes under west african dry and wet season conditions. *Experimental Agriculture* 49, 31-42.
2. Acosta, J.; Hurtado, A.; Arango, O; Álvarez, D. & Salazar, Claudia. 2013. Efecto de abonos orgánicos a partir de subproductos del fique en la producción de maíz. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. vol 11 no. 1 (94-102).
3. Acuero R. G.; Álvarez, G. S.; Perez, A.; Alavarado, R.; Castillo, P.; Schmict, B.; Guaicaro, R.1983. Utilización del grano de sorgo como fuente energética en raciones para cerdos en crecimiento y engorde. *Zootecnia Tropical* 1:54.
4. Águila, E. 2008. "Principios Agroecológicos Relacionados con el Manejo del Recurso Suelo." Del Programa Doctoral "Agricultura Tropical Sostenible," Año 2008, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
5. Alonso, J. 2003. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril leucaena (*Leucaena leucocephala* cv. Perú) y guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni). Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. 109 p.
6. Álvarez S.J.D.; Gómez V.D.; León M.S. & Gutiérrez M.F. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44, 575-586.
7. Ancín, María. 2011. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Alubia) en el distrito de San Juan de Castrovirreyna-Huancavelica (Perú). 2011. Universidad Pública de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 109 p.
8. Angarita, A. & Romero, M. (2005). El lombricomposto: una alternativa de manejo del nematodo fitopatógeno *Meloidogyne hapla* en zanahoria. Boletín N°.4 SCCS. ISSN 1604-1876. Publicación electrónica. <http://www.clarinwww.lombricultura-arg.com> (Tesis de Yanet González Acosta Efecto del estiércol vacuno en un suelo Pardo Sialítico Mullido Medianamente

Lavado y su relación con el rendimiento y la población de pentatómidos en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) Merr).

9. Argenti, P & Espinosa, F. 2000. Alimentación alternativa para cerdos. <http://www.Foaraiap.gov.ve/publica/divulga/fdG1/alimen.html>.
10. Arias, E.; E. Moreno; M. Soca & J. Febles. 1990. Utilización de zeolitas naturales en las formaciones de los fertilizantes minerales. Quimindustria'90. La Habana (Memorias): 232-235p.
11. Arias, V. A.; Marrero, S. L.; Quintana, A. D. & Delgado, C. A. 2004. Comportamiento de dos variedades de sorgo asociados con soya. En: Centro Agrícola, 31(3-4).
12. Arredondo, I. & Rodríguez, C. Estudio de variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) para una agricultura de bajos insumos. Memorias del Evento Internacional "Entorno Agrario 2001", S. Spiritus.
13. Arredondo, I.; Rodríguez, C. & Lázaro Martínez, L. Variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para una agricultura de bajos insumos I. Estudio comparativo del rendimiento y otros caracteres de las variedades. Centro de Estudios Jardín Botánico, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales, Santo Domingo. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara-Cienfuegos. Centro Agrícola, 34(1): 57-61; enero-marzo, 2007
14. Arteaga, M.; Garcés, N.; Guridi, F.; Pino, J.A.; López, A.; Menéndez, J.L. & Cartaya, O. Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) var. Amalia en condiciones de producción. Revista Cultivos Tropicales, 3 (27): 95-101, 2006
15. Arzola, P.N.; Fundora, H.O. & Machado, A.J. 1981. Suelo-planta y abonado. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 461 p.
16. Asamblea General Naciones Unidas en Cuba, Sexagésimo noveno período de sesiones, 25 -27de septiembre de 2015, (CD Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible)

17. Astudillo Cornejo, RD. 2011. Efectos de la incorporación de materia orgánica al suelo, sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Babahoyo". Tesis. Ing. Agr. (en línea). Universidad de Ecuador. 62 p. Consultado 21 set. 2012. Disponible en <http://www.repositorio.utb.edu.ec:8080/bitstream/123456789/113/2/TESIS.docx>
18. Ayala, J. A. Plantación y establecimiento En: King Grass. Plantación, establecimiento y manejo en Cuba. EDICA, La Habana, Cuba. p. 43-94.1990
19. Báez, J.L. & Marín, J.B. 2010. Evaluación de una mezcla de abonos orgánicos versus fertilización sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), El Plantel, Masaya. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua. 27 p.
20. Baffes, J. 1998. Structural reforms and price liberalization in Mexican agriculture. *Journal of International Development*. 10 (5):575
21. Bationo, A. & Vlek, P.L.G. 1998. The role of nitrogen fertilizers applied to food crops in the Sudano-Sahelian zone of West Africa. In: *Soil fertility management in West African land use systems*. (Eds. Renard, G. et al.). Margraf Verlag. Weikersheim, Germany. p. 41
22. Batista-Sánchez, D.; Nieto-Garibay, A.; Alcaraz-Meléndez, L.; Troyo-Diéguez, E.; Hernández-Montiel, L.; Ojeda-Silvera, C.M. & Murillo-Amador, B. 2015. Uso del FitoMas-E® como atenuante del estrés salino (NaCl) durante la emergencia y crecimiento inicial de *Ocimum basilicum* L. *Revista Electrónica Nova Scientia*, N° 15 Vol. 7 (3), 2015. ISSN 2007 - 0705. pp: 01-10.
23. Bautista-Cruz, AJ.; Etchevers-Barra, F; Del Castillo, R. & Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Eco-sistemas* 2004/2 (URL: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=149>).(consulta 10/03/2009).
24. Betancourt, I.C.; Echevarría, M.T., Morejón, M., León, L.E. S, Hernández, Y. Alternativas de manejo sostenible para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Ministerio de Educación Superior. Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca . Calle Martí No. 270 esquina 27 de noviembre Pinar del Río, Cuba,

idalma@upr.edu.cu Teléf.:48 77 96 62. Revista Forestal Baracoa vol. 35, Número Especial 2016 ISSN: 2078-7235. Artículo científico, pp.1-7

25. Blessing Ruiz, Dressy María & Hernández Morrison, Gema Tatiana. 2009. Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización, orgánica y convencional en La Finca El Plantel 2007-2008.
26. Boadas, B., Lannes M, Rodríguez M., Vargas A., Chaves J. 2005. Características nutritivas de los principales alimentos y aditivos utilizados en la alimentación animal. *Nutrición y Alimentación Animal*. T1. 2da parte. Las Habana, Cuba. p. 218
27. Bouajila, K. & Sanaa, M. 2011. Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological properties. *J. Matter Environ. Sci.* 2, 485-490.
28. Brenes, L. 2003. Producción orgánica: algunas limitaciones que enfrentan los pequeños productores. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 70: 7-18
29. Caballero, C. 1998. Sorgo Forrajero. ABC Rural, p.9.
30. Caballero, R. 1998. Recuperación de la disponibilidad de semilla categorizada de granos básicos del país. La Habana. IIHLD, p. 274-276.
31. Cairo, P. 2010. La fertilidad física del suelo. Conferencia Maestría Agricultura Sostenible.
32. Cairo, P. y Fundora, O. 2005. Edafología Primera y Segunda Parte. Editorial. Félix Varela Ciudad de la Habana. 475 p.
33. Cairo, P., & Reyes, A. (2010). Edafología Práctica. Ciudad de la Habana: Félix Varela.
34. Cairo, P.; Machado, J.; Del Río, H.; Acosta, W.; Brito, J.; Torres, P.; Jiménez, R. 1995. Mejoramiento y fertilización de los suelos en condiciones de una agricultura sostenible de la caña de azúcar. II Encuentro nacional de Agricultura Orgánica. Libro de resúmenes, La Habana. P.8-9.
35. Cairo, P. 2003. Fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica del trópico (CD Biblioteca UCLV, 350 pp).
36. Campos, A. 2014 Efecto de la fertilización alternativa en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) sobre un suelo Pardo mullido carbonatado.

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agronomía. Tesis en opción Ms.C.

37. Cancio, M.; Lozano, D & Álvarez, A. 2003. Caracterización de interacciones existente en el agroecosistemas sorgo en la estación Experimental "Álvaro Barba Machado" de la UCLV. Trabajo de curso. p.33.
38. Canet, R; Rivero, L. & Armenteros, María de los Ángeles. 2011 Manual para la producción del cultivo del Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Segunda Edición. Instituto de Investigaciones de Granos. La Habana Cuba.
39. Cantarero, R.J. & Martínez, O.A. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). variedad NB-6.
40. Carelli, M.L.C. & Fahl, L.I. 2006. Partitioning of nitrate reductase activity in *Coffea arabica* L. and its relation to carbon assimilation under different irradiance regimes. *Braz. J. Plant Physiol*, Campinas, v. 18, n. 3, p. 397-406.
41. Castillo, P.G.; Villar, D.J., Montano, M.R.; Martínez, C., Pérez-Alfocea, F., Albacete, A., Sánchez, B.J. & Acosta, E.M. Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el FitoMas-E®. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de azúcar. 1: 64-67. 2011
42. Castro, N. J.; Ortiz, J. & Mendoza, Ma Del C.; Zavala, C. F. 2000. Producción de Biomasa en línea de sorgo con respuesta al estrés hídrico. *Rev. Fitotec Mex.* 23:321'334.
43. CENTA S-2 bmr, Clará, R. 2011. Sorgo nueva variedad forrajera. CENTA, San Andrés, La libertad, El Salvador. 7 p.
44. Cherney, J. H.; Martín, G.X. 1980. Biological, chemical morphological and anatomic interrelationship of forage quality ins Small grain cereals. *Amer. Soc. Agron. Madison, USA.* P. 370-371.
45. Chessa, A. 2007. El sorgo granífero. MAIZAR. Asociación de Maíz Argentino. <http://www.maizar.org.ar/nertext.php?id=273>.
46. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1983. Metodología para obtener semillas de calidad. Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. Unidad de semillas. CIAT. Cali, Colombia. 194 p

47. Colás, 2007. Selección de indicadores de calidad para un suelo Ferralítico rojo compactado. Tesis presentada en opción al Título en Master en Ciencias en Agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
48. Compton, LP 1990. Agronomía del Sorgo. San Andrés. CENTA. El Salvador. 97-104 p.
49. Correa, U, A. 2001. El sorgo en la producción animal, CREAS Zona Oeste, Gacetilla Informativa No 166.
50. Cuadra, S.A. & Obando, R. 2012. Evaluación de genotipos de sorgos con el gen bmr de doble propósito en el Valle de Sébaco, postrera 2011. Informe técnico. Programa manejo integrado de cultivos INTA. Centro Norte.
51. Dávila C. A. 2007. Elaboración de compost con residuos de Centro de Acopio (RCA), y su evaluación Alternativa como abono órgano-mineral. Tesis Presentada en Opción al título académico de Master en Agricultura Sostenible. Universidad Central de las Villas. 80 p.
52. DGEA. 2004. Anuarios de estadísticas agropecuarias 2003. Dirección General de Economía agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San Salvador, El Salvador. 989.
53. Díaz, F.A.; Ortiz, C.F. & Gálvez, L.D. (2015). Bioinoculación y fertilización química reducida asociados con el crecimiento de planta y productividad de sorgo. *Rev. Inter. Cont. Ambie.* 31, 245-252.
54. Duke, J.1983.Sorghum X Almun Parodi. Handbook of Energy Crops. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy/Sorghum-Xalmun.html>.
55. FAO. 1997. La Economía del sorgo y el mijo en el mundo, hechos, tendencias y perspectivas. FAO. Roma.
56. FAO. 2011. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2011. FAO, Roma.
57. FAO. 2014. Producción mundial de sorgo 2013-2014. Disponible en: [http://www.Agropanorama.com/news/Produccion-Mundial-de Sorgo.htm](http://www.Agropanorama.com/news/Produccion-Mundial-de-Sorgo.htm). Consultado en 19/ Junio/2015, a las 15:25.
58. Fassbender, H. 1982. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 3ra reimpresión. IICA San José, Costa Rica. p 422.

59. Fernández, M.E. 2001. Fuentes de Materias Primas minerales para la industria de fertilizantes en Cuba. Información Científico-Técnica, Oficina Nacional de Recursos Minerales de la República de Cuba (ONRM), MIMBAS, 4.
60. Fernández, M.P.; 2015 Influencia de aislados bacterianos rizosféricos y endófitos, sobre parámetros morfofisiológicos y el rendimiento agrícola del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en un suelo Ferralítico Rojo típico. Tesis en opción al Título Académico de Master en Agricultura Sostenible.
61. Funes, F. & Yepes, S. 1978. Revista. Cubana Ciencias. Agrícolas. 12: 179
62. García, C. & Félix, J.A. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Fundación Produce Sinaloa, A.C. Gral. Juan Carrasco, núm. 787 norte, Culiacán, Sinaloa. 160 p.
63. García, L. & Téllez, O.; Mason, S. 2003. Determinación del uso eficiente de nitrógeno en cuatro variedades de sorgo para grano en la zona del Pacífico de Nicaragua. La Calera 3:36-42.
64. García-Centeno, L; Téllez, O. & Mason, S.C. 2017. Evaluación del rendimiento de sorgo variedad CNIA-INTA bajo distintas fuentes de suministro del nitrógeno. La Calera, UNA. Vol. 34(1): 25-30
65. Gil, R; Campos R.; Prudas, M.C.; Morales, A. y Torralvasava, E.; 1988. Perspectivas de utilización de la zeolita del yacimiento de Tasajera en la industria de los fertilizantes. Quimindustria`88 (Memorias) 95-98) p.
66. Gilbert, P. M. 1999. Sorgo en nutrición animal. ABC Rural, 13 de enero, p.3.
67. Giorda, L.M., & Cordes, G. 2012. Sorgo. Un cultivo que se impone. Disponible en: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=8425>. Consultado en 17/Septiembre/2014, a las 10:45.
68. Giorda, Laura M. 2007. Condiciones para un óptimo rendimiento. Agricultura. Subprograma de sorgo. INTA.
69. González, Eréndira del Carmen & Hernández, Darling de los Ángeles. 2014. Rendimiento de la chiltoma (*Capsicum annum* L.) a través de tres fertilizantes orgánicos. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Facultad de Ciencias y Tecnologías. Departamento de Agroecología. Nicaragua, 59 p.

70. Gravaros, I.E. 2003. Cultivos Sorgos Graníferos. <http://www.producción.com.ar/2003/03ago-10.htm>.
71. Hernández, A.; Ascanio, M.; Cabrera, A.; Morales M.; Medina, N. & Rivero, L. 2003. Nuevos aportes a la Clasificación genética de suelos en el ámbito nacional e internacional. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. La Habana, Cuba. 145 p.
72. Hernández, A.; Mesa, M.; Rodríguez, O.; González, P. J. y Reyes, R.. Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia la habana., Cultivos Tropicales, 2015, vol. 36, no. 2, pp 30-40 abril-junio ISSN impreso: 0258-5936, ISSN digital: 1819-4087. Ministerio de Educación Superior. Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
73. Hernández, A.; Morales, M.; Cabrera, A.; Ascanio, M. O.; Borges, Y.; Benítez, Blandino, D.V. y Andy Bernal, A. 2013. Degradación de los suelos ferralíticos rojos lixiviados y sus indicadores de la llanura roja de La Habana. Cultivos Tropicales, 2013, vol. 34, no. 3, p. 45-51 julio-septiembre. Ministerio de Educación Superior. Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
74. Hernández, I. 2000. Utilización de las leguminosas arbóreas *L. leucocephala*, *A. lebbeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Tesis presentada en opción al grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 118 p.
75. Herrera, J.A.; Socorro, M.A. y Cuesta, A. Métodos de Trabajo Agroquímico, 1988.
76. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XLI, núm. 1, 2011, pp. 22-31. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, Ciudad de La Habana, Cuba
77. ICRISAT. 1998. Partnerships in research for development. Annual Report. Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas. Andha Pradesh, India. 12 p.
78. Krieg, D.R. 2000. Cotton water relations. Proceedings of the 2000 Cotton Research Meeting and Summaries of Cotton Research Progress. (Ed. D.M. Oosterhuis). Agricultural Experiment Station, University of Kansas. USA.p. 7



79. Labrador M.J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Primera Edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación & Mundi-Prensa. Madrid. 193 p.
80. Latsague, Mirtha; Sáez, Patricia & Mora, Mariela. 2014. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook.f. *Gayana Bot.* 71(1).
81. López M.G.; Behboudian, H.; Girona, J. & Marsal, J. 2012. Drought in deciduous fruit trees: implications for yield and fruit quality. pp. 441-459 En (R. Aroca, ed.) "Plant responses to drought stress from morphological to molecular features". Springer Heidelberg New York Dordrecht London.
82. Machado, R. & Menéndez, J. 1979. Descripción de gramíneas y leguminosas. En: Los pastos en Cuba. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. p. 91
83. Manual práctico para el uso y manejo de los bioproductos por los productores agropecuarios, Ministerio de la Agricultura, 2013.
84. Maranville, J. W. & Madharan, S. 2002. Physiological adaptations for nitrogen use efficiency of sorghum. *Plant and Soil* 245:25-34.
85. Marschner, H. 2012. Mineral nutrition of higher plants, 3<sup>o</sup> Edition 525 B San Diego, CA, USA p. 178.
86. Martín, D.; O. Saucedo & G. L. S. Valdés. Comportamiento de híbridos experimentales de sorgo de la FAUNL, México, en Santa Clara, Cuba. II Congreso Latinoamericano de Genética. y XV Congreso de Citogenética, Memorias, Monterrey, 1994, Nuevo León, 400 pp.
87. Martín, F.W. 1985. Sorghum. In: CRC Handbook of Tropical Food Crops: CRC Press, Inc., Ohio, USA Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas. Sorgo 5to cereal
88. Martín, G. J.; Pentón, G. & Oropesa, K. 2011 Efecto de la fertilización biológica y/o mineral en la producción de forraje de morera (*Morus alba* L.) (Nota técnica) Pastos y Forrajes vol.34 no.3 Matanzas jul.-sep. 2011
89. Martínez, E. et al. 2007. La protección de los cultivos. En: Manejo integrado de plagas. Manual práctico. (Ed. E. Martínez). Centro Nacional de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. p.19

90. Martínez, F. et al. 2003. Lombricultura. Manual práctico. Instituto de Suelos. MINAG. La Habana. Cuba.99 p.
91. Martínez, R.F. 2007. Desarrollo y determinación del rendimiento del sorgo uranífero ante cambios en la oferta de nitrógeno. INTA. [En línea]: <http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion/vegetal/sorgo/evaluacion-manejo/20221-051227-desa.htm>.
92. Milián, I.; 2008. Parámetros que determinan la producción de grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la provincia de Matanzas. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. UMCC Cuba.
93. Miranda, E. 2015. Evaluación del comportamiento y adaptación de 19 accesiones de higuierilla (*Ricinus communis* L.) procedentes de 4 departamentos en Pucallpa-Perú. En: Libro de resúmenes-ponencias V Encuentro Científico Internacional del Norte Verano-Invierno 2014. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PER. p. 111.
94. Modh, I.; Jaafar, H.; Rahmat, A. & Rahman, Z. 2011. The relationship between phenolics and flavonoids production with total non structural carbohydrate and photosynthetic rate in *Labisia pumilia* Benth. under high CO<sub>2</sub> and nitrogen fertilization. *Molecules* 16: 162-174.
95. Montano, R.; 2008. FitoMas E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Composición, mecanismo de acción y evidencia experimental Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar. (ICDCA)
96. Montejo, S. E. et al, 2010. Programa de Desarrollo de los Minerales Industriales del Grupo Geominsal. Informe de Caracterización de yacimientos y productos desarrollados base minerales técnicos cubanos.NC ZZ 2005. Minerales zeolíticos. Análisis termo gravimétrico cuantitativo de zeolita total, arcilla y calcita en rocas y menas zeolíticas. NC 635, 2008. Zeolitas Naturales para usos Industriales.
97. Muñiz, O. 2001. Los Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal. Memorias
98. Nardi, S.; Pizzeghello, C.; Ferrarese, L.; Trainotti, L. & Casadoro, G. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology & Biochemistry*, 32 (3): 415-419, 2002.

99. Neumann, M.; Restle, J.; Aves, F, DC.; Brondani, I. L.; Glasenapp de Mercedes, L. F.2002. Reposta Económica de Terminacao de novillos em confinamento, Alimentados com silagens de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Revista Cubana, 32 (5), p 849-854.
100. Niemeijer, D. 1998. Soil nutrient harvesting in indigenous teras water harvesting in eastern Sudan. Degradation and Development, 9(4), p. 323-330.
101. Oramas, E. 2010. Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *Vulgaris*. Schard) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ócrico sin Carbonato. Tesis presentada en opción al Título en Master en Ciencias en Agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
102. Oramas, G.; Torres, M.; Linares, Nieve.; Diaz, Mirian. 1998. Evaluación de variedades promisorias de sorgo (*Sorghum biclor* L.) de grano para consumo humano y animal, IIHLD,164p.
103. Oramas, G.; Torres, C. M.; García, E.; Sanchez, M. 2002. Obtención de variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de doble propósito a través del método de selección progenie por surco. Agrotécnia de Cuba, 28(1).P.39.
104. Oramas, G.; Torres, C. M.; García, E.; Sanchez, M. 2003. Evaluación de nuevas variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench) de grano para consumo humano y animal. Revista Cultivos Tropicales, 24(1). p.73-78
105. Oramas, G.; Torres, M.; Linares, Nieve.; & Díaz, Mirian. 1998, Nueva Colección se sorgo (*Sorghum bicolor* L.) para diferentes fines, IIHRD, 161 p.
106. Ostrowski, B. 1998. Sistemas intensivos en invierno. Argentina, Mundo Lácteo. Vol. 44, No 4 p. 148-150.
107. Pacheco, D. R. 1998. Caracterización agronómica de dieciséis maicillos mejorados (*Sorghum bicolor* L. Moench) en diferentes localidades. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciatura. El Zamorano, Honduras. 1998
108. Pandey, R.K. et al. 2001. Nitrogen fertilizer response and use efficiency for three cereal crops in Niger. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 32:1465
109. Paneque Pérez, V.M & J.M. Calaña. 2004. Abonos Orgánicos Conceptos Prácticos para su Evaluación y Aplicación, ISBN: 959-246-121-X

110. Pérez, A. (1997). Sustitución de fertilizantes minerales por materia orgánica en la producción de semillas de Rhodes callida. III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica.
111. Pérez, A. & Hernández, A. 2009 Empleo de forrajeras proteicas y sorgo energético en la dieta porcina. Conferencia dictada en el Taller Regional sobre alimentación porcina. Matanzas, Cuba. (s.p.).
112. Pérez, A.; Amado, H.,; Marlen,,N. & Jesús S. 2007. Sustitución de Fertilizantes Minerales por Materia Orgánica en la producción de Semillas de Rhodes callide. Revista ACPA, No. 2., p.18.
113. Pérez, A; Saucedo, O; Iglesias, J; Wencomo, H.B; Reyes, F; Oquendo, G & Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). En revista Pastos y Forrajes, Vol. 33, N.1, marzo 2010, p.74
114. Pineda, Emma. 2002. Factores asociados con la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes minerales. Tesis de doctorado. INICA. 97.
115. Pineda, L. 1999. Cultivo del sorgo. Guía tecnológica 5. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Managua, Nicaragua 24 p
116. Pons, L. (2005): Explorando la capacidad del sorgo de combatir malezas. Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/is/español/pr/2005/050509>
117. Primavesi, 1990 Manejo ecológico do solo. A. Agricultura em regioes tropicais. Sao Paulo: Livraria Novel S.A.,. p. 164-197.
118. Primavesi, A. 1995. Manejo Ecológico. Agricultura em Regiões Tropicais. São Paulo. Brasil 30, 36, 40pp.
119. Pulido, V.J., Soto, O.R. & Castellanos, L. Efecto del biobras y el FitoMas-E® en el tomate de crecimiento indeterminado en casas de cultivo protegido. Centro Agrícola. 1: 29-34. 2013.
120. Raaa, 2005. Red de acción en alternativas al uso de Agroquímicos. <http://www.raaa.org/ao.html>.
121. Rana, B. S. "Breeding optimum plant types in Sorghum", Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 44(3): 385, 1984.
122. Rezende, L. 2011. Caracterização morfofisiológica de cultivares de sorgo sacarino em estresse hídrico. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como

parte das exigencias do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*. Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 90 p.

123. Ribalta Q. Bárbara F., 2008. Utilización de *Leucaena Leucocephala* cv. Perú en la recuperación de los suelos Pardos Sialíticos Mullidos Carbonatados. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV. p 13.
124. Rodríguez C.; Gil, A.; Karaki, M. & Torralvasava, F.; 1988, Influencia de la humedad y el tamaño de partícula en la compactación del fertilizante granulado 10-8-12. Quimindustria`88 (Memorias) 135-138 p.
125. Rodríguez, A. N. et al, 2006. Agricultura Urbana: Una expresión de la agricultura agraria cubana. En: Las Investigaciones Agropecuarias en Cuba Cien años después, 115.p.
126. Rodríguez, C.; Arredondo, I.; y Martínez, L. Centro de Estudios Jardín Botánico, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara. 2 Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales, Santo Domingo. 3 Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara-Cienfuegos. Variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para una agricultura de bajos insumos I. Estudio comparativo del rendimiento y otros caracteres de las variedades. Centro Agrícola, 34(1): 57-61; enero-marzo, 2007 CE: 57,06 CF: cag081071528, ISSN:0253-5785.
127. Rodríguez, C.; Arredondo, I. & Martínez, L. 2007. Variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para una agricultura de bajos insumos I. Estudio comparativo del rendimiento y otros caracteres de las variedades. *Centro Agrícola*. 34(1): 57-61.
128. Romero; M. D. Villaroel 4 & B. Gómez. 2005. Estiércol de cerdos y Producción de lombrices de tierra y com.Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Facultad de Veterinaria y Zootecnia.
129. Salermo, J. C. 1998. Forrajeras en su Máximo Esplendor. Argentina, Mundo Lácteo, 4(40) p.46-50.
130. Sánchez, M.1998. Densidad de población óptima de sorgo enano de grano V-3018". La Habana, 49p.

131. Sánchez, S.; Hernández, M. & Ruz, F. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios Pastos y Forrajes vol.34 no.4 Matanzas sep.-dic. 2011
132. Santelices-Moya, R., Espinoza-Meza, S. & Cabrera-Ariza, A. 2013. Efecto de distintos niveles de sombra y dosis de fertilizante en el cultivo en vivero de plantas de *Nothofagus leonii* Espinosa procedentes de su distribución más septentrional. 6to Congreso Forestal Español. Montes: Servicios y desarrollo rural 10-14 de junio de 2013. Vitoria-Gasteiz. ISBN: 978-84-937964-9-5
133. Saucedo et al 2008. Sistema de control de Daño de la Aves en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) en la provincia de Villa Clara. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas. Memorias CD.
134. Saucedo, O. (2005). Cultivos: sorgo granifero. UDG-110 variedad de sorgo de grano blanco con adaptación tropical. Centro Agrícola .2 mayo-agosto, 90.
135. Saucedo, O. 2008. Conferencias sobre el cultivo del Sorgo en Cuba. Estación experimental "Álvaro Barba". Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Cuba.
136. Saucedo, O., Fernández, L.E., Quiñones, R., Rodríguez, G., & Moya, A.. Las aves granívoras y el cultivo del sorgo en la provincia de Villa Clara, Cuba. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN Vol.44, No.2, abril-junio, 36-43, 2017 CE: 3416 CF: cag052172121 Revista Centro Agrícola Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-200
137. Saucedo, O.; Pérez, A.; Iglesias, J. Wencomo, H.B. F. Reyes, F.; Oquendo, G. & Milián, I. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. Facultad de Agronomía- Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba. Pastos y Forrajes, Vol. 33, No. 1, 2017.
138. Saucedo, O.M. 2008. Empleo del sorgo en la alimentación animal y humana. Taller Nacional sobre empleo del sorgo. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba.

139. Saucedo, O.M. 2009. Estudio regional de las aves que atacan el sorgo. Taller de la región Central sobre alimentación porcina. CIAP. Facultad Agropecuaria-Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba. (cdrom)
140. Saucedo, O.M. et al. 2008. Sistema de control de daño de las aves en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la provincia de Villa Clara. Memorias. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana. (cd-rom)
141. Seneweera, S.P.; Makino, A.; Hirotsu, N.; Norton R. & Suzuki, Y. 2011. New insight into photosynthetic acclimation to elevated CO<sub>2</sub>: The role of leaf nitrogen and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase content in rice leaves. *Environment Experimental Botany* 71: 128-136.
142. Sharma S., Gupta R., Dugar G. & Srivastava A. 2012. Impact of application of biofertilizers on soil structure and resident microbial community structure and function. En: *Bacteria in agrobiolgy: Plant probiotics* (D.K. Maheshwari, Ed.). Hauz Khas, Nueva Delhi, India, pp. 65-79.
143. Simó, J. E. 2003. Uso y manejo de las asociaciones micorrizicas para las hortalizas en un suelo pardo con carbonato. Tesis de presentación en opción al título de Master en agricultura Sostenible. UCLV.p.81
144. Soto, S. S. 2004. Evaluación de la integración de cultivos de ciclo corto durante el establecimiento de áreas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú para contribuir a la sostenibilidad en fincas ganaderas. Tesis en opción al Título de Master en Producción Bovina Sostenible. Universidad de Camaguey. 88p
145. Suarez, M.M. & Zeledón, J.L 2003. Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moench) en el Municipio de San Ramón, Matagalpa Universidad Nacional Agraria
146. Taiz, L. & Zeiger, E. 2013. Fisiología vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 819 p.
147. Tapia, V. M. 1985. Cultivos de alternativa: una posible solución al problema de la sequía en la Mixteca Oaxaqueña (tesis de Literatura). Morelia, México: Universidad Michoacán de san Nicolás hidalgo. 150p.
148. Thompson, L. M. & Troeh, F. R., 1988. Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona. España, 135-169 p.

149. Tolón, Natacha. 2006. El Sorgo y su utilización. El Sorgo. Boletín Técnico Porcino No 4 IIP. Cuba.
150. Tremols, A. J., Monzón, I., Canepa, Y. V., González, A. & Villalón, A., (2012). Diagnostico nutricional del tabaco cultivado sobre suelos Ferralíticos y Ferrálicos Rojos. II: Análisis de plantas. Revista Cuba Tabaco, 13, ( 2), 10pp. URQUIZA, M. R., ALEMÁN, C. G., FLORES, L. V., PAULA, M. R. & AGUILAR, Y,P.(2011) Manual de Procedimientos
151. Vázquez, P.; García, M.; Navarro, M. & García, D. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Revista Mexicana de Agronegocios, XIX (36): 1351-1356, 2015.
152. Velázquez, M.; Montejo, E.:(1), Alfonso, E.; (1), Alonso, J. A.; Figueredo, V.; (1), Rodríguez, A.; Villavicencio, B.:(1), Puentes, D.A. 1); Fernández, N. E. 1); Estrada, J.:(1). Alternativas de empleo de las AGROMENAS en la producción de alimentos 1. Centro Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Cuba, Dirección postal; X Congreso Cubano de Geología (GEOLOGIA´2013) GEO3-P13. Geología y Prospección de Minerales no Metálicos V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias´2013.Memorias en CD-ROM, La Habana, 1 al 5 de abril de 2013. ISSN 2307-499X.
153. Villamar, María. 2014. Evaluación agronómica de 10 híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la zona de Julio Moreno, provincia de Santa Elena. Tesis de Ingeniero agrónomo. Universidad Estatal. Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agropecuaria. La Libertad- Ecuador. 89 p.
154. Villeda, Dora Antonia. 2014. Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) con bajo contenido de lignina. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Agricultura Sostenible. Universidad de el Salvador. San Salvador. 105 p.
155. Vitale, J.D. et al. 1998. Expected effects of devaluation on cereal production in the Sudanian region of Mali. Agricultural Systems. 57 (4):489
156. Wikipedia. 2007.La enciclopedia libre, esbozo de botánica.  
<http://es.wikipedia.org/wiki/CategorA-a:Wikipedia:Esbozo-botAinica>



157. Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. Mundi-Prensa. Madrid. España, 1045 p.
158. Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC, Wong MH (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125(1-2): 155-166.
159. Wu, Z.; Tallam, S.; Ishler, V.; Archibald, D. 2003. Utilization of phosphorus in lactating cows fed varying amounts of phosphorus and forage. *Journal of Dairy Science* (86): 3300-3308.
160. Yera Y. 2012. Evaluación del impacto ambiental de *Bambusa vulgaris* Schrad en un suelo Pardo mullido carbonatado. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Agricultura Sostenible. Mención Fitotecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. 90 pp.
161. Zeledón, J.L. 2003. Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo (*Shorgum bicolor* [L] Moench) en el Municipio de San Ramón, Matagalpa Universidad Nacional Agraria.