

Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Departamento de Agronomía



Tesis para aspirar al título de Ingeniera Agrónoma

Evaluación agronómica del cultivo intercalado caupí (*Vigna unguiculata*  
(L.) Walp.) – sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)  
y calidad nutricional de su forraje

Autora. Diana González Aguiar

Tutores. Dr.C. Ubaldo Álvarez Hernández  
Dr.C. Raciél Lima Orozco

Santa Clara, 2014

# *Dedicataria*

## *Dedicatoria*

---

- *A mi papá Lázaro González López por haber sido mi padre, mi amigo, mi faro y guía con amor y dedicación a través de estos años de mi vida.*

# *Agradecimientos*

## *Agradecimientos*

---

- *Le doy gracias a Dios por haberme regalado unos padres tan maravillosos y por brindarme la oportunidad de culminar esta tesis, que contribuirá a mi formación como profesional en el campo de la Agronomía.*
- *A mi profesor y amigo MSc. Ahmed Chacón Iznaga, por haberme brindado su amistad y ayuda incondicional a lo largo de estos años.*
- *Al MSc. Amilcar Barreda Valdés por su amistad, valiosas contribuciones y su orientación durante estos 5 años.*
- *A mis compañeros de carrera que compartieron conmigo momentos especiales de estudios y otras actividades.*

*Una vez más, gracias a todos*

*Pensamiento*

## ***Pensamiento***

---

*“Que nuestros esfuerzos desafíen las imposibilidades...  
recordar que las grandes proezas de la Historia fueron conquistas de lo que  
parecía imposible”.*

*Charles Chaplin.*

# *Resumen*

## Resumen

Con el objetivo de evaluar la respuesta agronómica del cultivo intercalado caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) – sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y la calidad nutricional de su forraje, se desarrolló una investigación de campo en la finca de autoconsumo “Día y Noche”, de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “28 de octubre”, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado. Se utilizaron dos arreglos espaciales; el primero con una hilera de sorgo y dos hileras de caupí (S-2Cs) y el segundo con una hilera de sorgo y tres hileras de caupí (S-3Cs). También se evaluaron los respectivos monocultivos de caupí (CM) y sorgo (SM). Se demostró la influencia positiva de ambos arreglos espaciales en la menor incidencia poblacional de insectos plagas. En los tratamientos S-2Cs y SM, se observaron los valores máximos en la acumulación de biomasa fresca y de materia seca con 244 g; 47 g para el caupí y 241 g; 110 g para el sorgo respectivamente. En el arreglo espacial S-2Cs se obtuvo mayor producción por unidad de superficie con un uso equivalente de la tierra (UET) de 1.21. En la composición bromatológica los mejores resultados en cuanto a materia seca (MS) y fibra ácido detergente (FAD) correspondieron a ambos monocultivos. Finalmente, la ensilabilidad en base al pH fue más efectiva en SM, seguida por S-2Cs con valores de 3.2 y 3.7 respectivamente.

# *Índice*

## Índice

1. Introducción.....	1
2. Revisión bibliográfica.....	3
2.1. El cultivo intercalado.....	3
2.2. Uso del cultivo intercalado en el manejo ecológico de plagas.....	4
2.3. Aspectos generales del caupí y del sorgo.....	5
2.3.1. Principales insectos plagas.....	6
2.3.2. Producción de biomasa y rendimiento forrajero.....	7
2.4. Uso equivalente de la tierra.....	9
2.5. Composición bromatológica del caupí y sorgo.....	10
2.6. Ensilaje de mezclas de gramíneas y leguminosas.....	11
3. Materiales y métodos.....	13
3.1. Insectos relacionados en el cultivo del caupí y del sorgo según fase fenológica.....	13
3.2. Comportamiento de los insectos plagas en el cultivo del caupí y del sorgo	13
3.3. Determinación de la biomasa fresca y materia seca por planta.....	15
3.4. Rendimiento forrajero y uso equivalente de la tierra.....	15
3.5. Análisis bromatológico de la combinación caupí – sorgo.....	15
3.6. Test de ensilabilidad.....	16
3.7. Análisis estadístico.....	16
4. Resultados y discusión.....	17
4.1. Insectos relacionados en el cultivo del caupí y del sorgo según fase fenológica.....	17
4.2. Comportamiento de los insectos plagas en el cultivo del caupí y del sorgo	20
4.3. Acumulación de materia fresca y seca por planta en los diferentes órganos de caupí y de sorgo.....	24
4.4. Acumulación de materia fresca y seca total en el cultivo de caupí y de sorgo	26
4.5. Rendimiento forrajero y uso equivalente de la tierra.....	28
4.6. Análisis bromatológico de la combinación caupí – sorgo.....	31
5. Conclusiones.....	34
6. Recomendaciones.....	35

# *Introducción*

## 1. Introducción

La actual crisis económica que Cuba atraviesa ha llevado al rescate de tradiciones campesinas olvidadas por la implementación de la agricultura moderna. Dentro de estas sobresale el resurgimiento de los sistemas de cultivos intercalados, que representan la máxima expresión de la agricultura sostenible en el trópico (Casanova, 1995; Hernández *et al.*, 2010). En general los programas de investigación del país en las últimas décadas no han profundizado en el estudio de estos sistemas, sin embargo por la importancia que han adquirido en la actualidad, es preciso que se incremente el número de investigaciones sobre la temática. Por otra parte, en esta zona geográfica, los sistemas de alimentación rumiantes se basan, principalmente, en la utilización de pastos, los cuales por fluctuaciones en la cantidad y calidad, originadas por épocas de sequía o exceso de lluvias, ocasionan períodos de estrés nutricional, mortalidad, y así reducen la productividad (Guevara *et al.*, 2012). En base a lo anterior, el ensilaje es la vía más económica para garantizar la alimentación de los animales durante todo el año, no obstante muchos productores no utilizan el ensilaje como tecnología de conservación por falta de información, recursos económicos y equipos.

En un reporte anterior se mostró el potencial del ensilaje sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – soya (*Glycine max* (L.) Merr.), como alimento para rumiantes (Lima-Orozco *et al.*, 2011). Sin embargo, otras leguminosas podrían estar mejor adaptadas a las condiciones tropicales, por ejemplo, podría ser de interés estudiar el caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en combinación con el sorgo.

De lo anterior se evidencia que aún existe insuficiente información sobre el cultivo intercalado, producción de biomasa y calidad nutricional del forraje de la combinación del caupí, especie leguminosa *Fabaceae*, con el sorgo, especie gramínea *Poaceae*. De lo cual se deriva que la estrategia que adquiere importancia en la actualidad, especialmente en áreas tropicales donde las gramíneas presentan deficiencias importantes de nitrógeno y/o carbohidratos solubles, consiste en la mezcla de gramíneas y leguminosas, aprovechando de esta manera los efectos benéficos de la leguminosa sobre el suelo y su contribución al nivel de nitrógeno en la dieta respectiva.

Por otra parte, los sistemas de cultivos intercalados, acorde a Gutiérrez-Martínez *et al.* (2008), ejercen efectos sobre los insectos plaga y reducen los niveles de daños económicos. Al incrementar la diversidad de especies de cultivos aumentan las especies de reguladores biológicos naturales, así como el número de presas, néctar y polen. También, proporcionan mayor estabilidad microclimática y estimulan las sinergias de la resistencia en las asociaciones de los cultivos, porque confunden a los insectos plaga en la localización de sus hospederos, por el enmascaramiento de los olores volátiles de sus plantas y no logran causar daños. En sentido general, Torres (2009) señala que es importante considerar fuentes alternativas en la alimentación de animales, que aporten la misma calidad nutricional y resultan más económicas, y a su vez, Flores (2013) refiere que los forrajes conservados en forma de ensilaje cumplen diferentes roles en la alimentación del ganado. Principalmente, se pueden usar para corregir la falta de pasto y así equilibrar las dietas durante todo el año y poder mantener la carga animal del sistema. Las referencias anteriores conllevan al planteamiento de la siguiente hipótesis,

La evaluación de la respuesta agronómica del cultivo intercalado caupí – sorgo y del valor nutricional de su forraje, favorecerá la obtención de un alimento balanceado como alternativa en la alimentación animal.

Para comprobar la hipótesis se proponen los siguientes objetivos,

#### Objetivo general

Evaluar la respuesta agronómica del cultivo intercalado caupí – sorgo y la calidad nutricional de su forraje.

#### Objetivos específicos

- 1- Determinar los principales insectos plagas y su comportamiento en la combinación caupí – sorgo según sus fases fenológicas.
- 2- Evaluar la biomasa fresca y materia seca de los cultivos en cada uno de los tratamientos objeto de estudio.
- 3- Determinar el rendimiento forrajero y el uso equivalente de la tierra según los arreglos espaciales y monocultivos.
- 4- Evaluar la composición bromatológica y la ensilabilidad de la combinación caupí – sorgo en los tratamientos.

*Revisión  
bibliográfica*

## **2. Revisión bibliográfica**

En América Latina, los agricultores tradicionales han utilizado por siglos la biodiversidad de cultivos como componente clave en el diseño y manejo de los sistemas integrados de producción. Estas acciones han resultado en una mejor seguridad alimentaria, eliminación del uso de agroquímicos y, como consecuencia, en una mejor calidad de vida de miles de familias rurales. De lo cual deriva que la biodiversidad no es sólo esencial para la regulación de plagas, sino que provee la base biológica para la sostenibilidad del agroecosistema (Altieri y Nicholls, 2007).

### **2.1. El cultivo intercalado**

El cultivo intercalado, es la definición más común del policultivo. Los sistemas de policultivo, también conocidos como asociaciones de cultivos o cultivo múltiple, son agroecosistemas en los cuales dos o más especies vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial, para dar como resultado una competencia inter-específica y/o complementación (Altieri, 1982; Mojena y Cruz, 1998; Funes-Monzote, 2009). Estas interacciones pueden tener efectos inhibidores o estimulantes en los rendimientos agrícolas, a causa del grado variable de complejidad en el arreglo de las especies que los campesinos han seleccionado con las diferentes ventajas que se pueden recibir de estas combinaciones de cultivos (Amador y Gliessman, 1989; Cárdenas, 2012). Existen cuatro variaciones básicas de cultivo intercalado,

1. Cultivo intercalado mezclado; dos o más cultivos sin un sistema fijo de hileras.
2. Cultivo intercalado en hileras; igual al cultivo intercalado mezclado pero con un sistema fijo de hileras.
3. Cultivo intercalado en ralé; el cultivo de dos o más cultivos simultáneamente durante el ciclo de vida de cada uno. El segundo cultivo usualmente se siembra después que el primero ha llegado a su etapa reproductiva (es decir, a la apoca de la floración) pero antes de que esté listo de cosechar.
4. Cultivo intercalado en líneas; cultivo de dos o más cultivos en líneas separadas de tamaño suficiente ancho para la cultivación independiente, pero de cercanía adecuada para permitir la reacción agronómica.

La siembra intercalada de cultivos contribuye a proteger el suelo, a controlar las especies arvenses y a la fertilidad del suelo (Weber *et al.*, 2012).

## **2.2. Uso del cultivo intercalado en el manejo ecológico de plagas**

Según los criterios de Souza (1996), el monocultivo favorece la extracción continua de los mismos nutrientes, además determina la difusión de plagas específicas. Por el contrario la diversidad de cultivos en el espacio y tiempo (asociaciones y rotaciones) cortan el ciclo de plagas específicas, manteniendo los niveles de fertilidad del suelo, permitiendo además el desarrollo de insectos benéficos.

La manipulación de la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo, puede ser también usada para promover el control biológico, ya que la sobrevivencia y actividad de muchos enemigos naturales depende en general de los recursos ofrecidos por la vegetación contigua al campo. Los cercos vivos y otros aspectos del paisaje han recibido gran atención en Europa, debido a sus efectos en la distribución y abundancia de artrópodos en las áreas adyacentes a los cultivos (Fry, 1995).

Muchos estudios han documentado el movimiento de enemigos naturales desde los márgenes hacia el centro de los cultivos demostrando un mayor nivel de control biológico en hileras de cultivos adyacentes a vegetación natural. Hay diversos factores en los policultivos que ayudan a limitar el ataque de plagas. Una planta hospedante puede estar protegida de insectos plaga por la presencia física de otras plantas que pueden proporcionar un camuflaje o una barrera física (Altieri, 1994).

Existen evidencias científicas de años de estudio que la biodiversidad no es sólo esencial para la regulación de plagas, sino que provee la base biológica para la sostenibilidad del agroecosistema. El estudio de los sistemas de policultivos afronta los desafíos del desarrollo rural en América Latina, ya que los problemas ambientales de la agricultura no son sólo ecológicos, sino que también son parte de un proceso social, económico y político. Gradualmente se ha tomado en cuenta que las causas generadoras de los problemas de plagas son inherentes a las características del sistema económico prevaleciente, que estimula el establecimiento de monocultivos especializados de gran escala, altamente dependientes de insumos externos y que

peligrosamente simplifican los paisajes agrícolas tornando más vulnerables a los sistemas agrícolas homogéneos (del Pino y Torres, 1998; Altieri y Nicholls, 2007).

Varios estudios sobre cultivos intercalados han superado la fase de investigación y han encontrado aplicación para el manejo de plagas específicas, tales como los perforadores del tallo. Khan *et al.* (2000) reportaron el desarrollo de un sistema de manejo de hábitat que usa dos tipos de cultivos sembrados con el maíz: una planta que repele a los perforadores (empuje) y otra que atrae (tira) a sus reguladores biológicos naturales. Los agricultores que han puesto en práctica este sistema han obtenido un aumento del 15 al 20 % en la producción del maíz. Dos de los cultivos trampas más útiles que atraen a los reguladores biológicos naturales de los perforadores son el pasto elefante (*Pennisetum.purpureum* Schum) y el pasto de Sudán (*Sorghum bicolor* ssp. *verticilliflorum* (L.) Moench), dos importantes plantas forrajeras que se siembran alrededor del maíz. Entre las líneas del maíz se siembran dos cultivos repelentes del perforador: pasto gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), que también repele garrapatas y *Desmodium* sp.

### **2.3. Aspectos generales del caupí y del sorgo**

El caupí (*V. unguiculata*) se encuentra entre las leguminosas utilizadas en Cuba para la alimentación animal. Es una planta anual, que se caracteriza por su rápido crecimiento, tallos postrados, con altura de 86 cm. Posee gran rusticidad, precocidad, resistencia a plagas, al calor y es medianamente tolerante a la sequía. La temperatura más adecuada para su desarrollo se encuentra entre los 20 a 35 °C; temperaturas inferiores a 20 °C afectan el desarrollo vegetativo y alargan el ciclo de vida de la planta. Crece bien en suelos francos y franco arenosos, a una altitud entre 0 y 1 500 msnm (Quintero *et al.*, 2010).

A su vez, el sorgo (*S. bicolor*), es una gramínea de origen tropical adaptada a través de los programas de mejoramiento de diversas partes del mundo y es uno de los granos con mayor uso en la alimentación animal y humana (Chessa, 2007). Es una planta herbácea anual, con una proporción de crecimiento eficiente. La altura varía de 40 cm a 400 cm. Sus características morfológicas difieren ampliamente entre los cultivares

(Romain, 2001). Requiere de temperaturas altas para su desarrollo normal, la media diaria ideal para los períodos de desarrollo y floración es de 27 °C y la mínima para un buen crecimiento es de 21 °C (Cargill, 2008). Los mejores rendimientos se obtienen en suelos profundos, con buen drenaje y con buena fertilidad.

### 2.3.1. Principales insectos plagas

Aliyu (2007) reporta que el caupí es altamente susceptible a enfermedades virales y a una amplia gama de plagas como los trips, perforador de la vaina, áfidos, entre otros, que limitan el potencial de rendimiento que se estima entre 1.5 a 3.0 t ha<sup>-1</sup>. Al respecto Jiménez (1999) coincide en que es afectado por varias especies de trips (*Frankliniella* spp.) que son transmisores de virus; además incluye al gusano picador (*Elasmopalpus lignosellus* (Zellus)), gusano elotero (*Heliothis zea* (Boddie)), entre otros. Además Binder (1997) refiere que este cultivo es utilizado como cultivo trampa contra la mosca blanca (*Bemisia tabaco* Genn.) y *Meloydogyne* sp.

También en este cultivo se ha observado la presencia de varias especies de insectos plagas en diferentes estadios de crecimiento, reportados en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por Hohmann y Martínez (2000) y Martínez *et al.* (2007). Entre ellas se encuentran el saltahojas del frijol (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore), crisomélidos (*Diabrotica balteata* Leconte) y pega-pega (*Hedylepta indicata* Fab.).

Por otra parte Pérez *et al.* (2010) reportan que el sorgo suele ser atacado por una o dos plagas principales en cada agroecosistema; dichas plagas son especies persistentes y graves, lo que determina las prácticas de control. Si el hombre no toma medidas concretas al respecto, la población de las plagas excede el nivel de perjuicio económico cada año, y a menudo en zonas muy amplias. A su vez, Saucedo (2008) refiere que el sorgo es atacado durante su crecimiento y desarrollo por insectos y por otras plagas secundarias y ocasionales. Entre los insectos plagas se destacan:

*Spodoptera frugiperda* Leconte (Palomilla o gusano cogollero), se le considera una de las principales plagas del sorgo en Cuba. El insecto comienza sus daños tan pronto emergen del suelo las primeras hojas, las larvas comen las hojas tiernas aún arrolladas

lo que ocasiona que al desplegarse y crecer, se presente un daño simétrico y paralelo en el limbo de las mismas.

*Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Pulgón del cogollo), es trasmisor de enfermedades de origen viral, empleándose para su control insecticidas fosforados sistémicos o biológicos.

*Contarina sorguicola* (Mosca Midge o de la panoja), ovoposita en las flores, cuando los huevos eclosionan y las larvas emergen, estas se alimentan del ovario y el grano en formación, lo que provoca una afectación en los rendimientos (Martin, 2011). Una o dos aplicaciones de insecticidas pueden controlar la plaga por lo que puede considerarse como un riesgo potencial menor para este cultivo en Cuba.

### **2.3.2. Producción de biomasa y rendimiento forrajero**

La dieta básica para algunas especies animales como los rumiantes, está basada en el empleo de la biomasa proveniente de las leguminosas y gramíneas forrajeras. En especies pecuarias menores, son un componente alimenticio complementario importante para la nutrición adecuada de estos animales. Los forrajes constituyen la fuente de alimentación más abundante y barata dentro de todo un agroecosistema para el sustento y productividad animal. El estudio de las especies forrajeras y su óptima aplicación en el sector agropecuario, promueven la utilización eficiente de los recursos vegetales alimenticios para un mejor desarrollo de las explotaciones pecuarias. Al respecto Guevara *et al.* (2012) reportan que el punto óptimo para cortar las leguminosas como el caupí es al inicio de floración, mientras que las gramíneas como el sorgo es de 25 a 40 días de rebrote después del corte, evitando la floración.

La suplementación animal con cultivos forrajeros permite intensificar la producción y reducir la incorporación de áreas en ganadería, con la consecuente conservación de los recursos naturales. En periodo lluvioso, las lluvias determinan la estacionalidad en la producción, generando un exceso de forraje en esta época y problemas de baja disponibilidad de forraje en el periodo poco lluvioso, con mermas en las ganancias o pérdidas de peso, con efectos negativos sobre otros parámetros productivos y reproductivos del ganado. La cosecha y conservación de la biomasa de los cultivos

forrajeros para suministrar a los animales como parte del ensilaje, permiten regular la oferta y calidad alimenticia durante estas épocas críticas. En los sistemas ganaderos modernos, los forrajes son segados en la fase donde el rendimiento y el valor nutritivo están cerca de un máximo. En países de Europa, los agricultores almacenan más del 90 % de sus forrajes como ensilaje. Aún en países con buenas condiciones climáticas para la henificación, cerca de la mitad del forraje es ensilado (García, 2003; Ojeda y Esperance, 2009).

El caupí tiene alta producción de biomasa entre dos y cuatro meses; en dependencia del tipo de suelo, de la competencia con arvenses y del cultivar, se puede producir de 3 a 8 t MS ha<sup>-1</sup> y de 0.5 a 3 t de granos, en igual tiempo (Peters *et al.*, 2011). Al respecto, cuando el contenido en materia seca de la planta entera está en el orden del 28 al 30 %, implica que el grano está en estado pastoso. Para forraje Peters *et al.* (2006) reportan que se debe cosechar entre los 45 y 60 días, obteniéndose entre 20 y 38 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde, en dependencia de la fertilidad del suelo, del manejo y el nivel de fertilización. El volumen de forraje a conservar debe calcularse de manera que permita alcanzar un objetivo productivo, se debe calcular la cantidad que requieren ciertas categorías, por ejemplo, la recría de novillas o las vacas lecheras y en base a esto planificar la cantidad de forraje necesario. García (2003) considera que el ensilaje no mejora la calidad del forraje, sólo mantiene el valor nutritivo original, con un mínimo de pérdidas de materia seca y sin que se formen productos tóxicos que puedan perjudicar las funciones productivas y la salud de los animales.

Autores como Viana *et al.* (2001), Mangado y Urdaniz (2010), reportan que actualmente se encuentran disponibles en el mercado tres tipos de sorgo como recurso forrajero: los sorgos graníferos, los forrajeros y azucarados, además de dos cultivares de doble propósito. Estos cultivares varían en altura, producción de materia seca y composición bromatológica. Se ha indicado que el contenido de materia seca de planta entera estaría dentro de un rango adecuado para ensilar desde el estado de grano lechoso temprano, lo que implica una ventana de aprovechamiento más amplia que para maíz y puede constituirse en una ventaja adicional cuando se requiere una desocupación temprana del lote.

Carvalho *et al.* (2012) refieren que de las fracciones de la planta de sorgo, el tallo es la porción que menos contribuye para la elevación del tenor de materia seca, seguido por las hojas y la panoja, esta última permite elevadas ganancias de materia seca en un período corto. Según Borges (1995), las variedades de tallo succulento y azucarado y de porte alto tienen generalmente concentraciones de carbohidratos solubles más elevadas, lo que podría favorecer la fermentación láctica, más que la influencia de los tenores de materia seca. El desarrollo de híbridos de sorgo con tallo seco, por el incremento del tenor de materia seca de la planta, puede contribuir a la producción de ensilaje de mejor valor nutritivo, con menores pérdidas durante el proceso de ensilaje y mejor consumo voluntario por los animales.

El contenido de materia seca de planta entera adecuado para ensilar, que se encuentra en el rango del 30 al 40 % se estaría logrando desde el estado de grano lechoso temprano, aunque con un rendimiento de MS digestible menor que en pastoso duro, por lo que autores como Colombatto *et al.* (2003), Calsamiglia *et al.* (2004), Reiber *et al.* (2006), coinciden en que es el momento óptimo de recolección del sorgo para ensilar.

#### **2.4. Uso equivalente de la tierra**

De acuerdo a los criterios de Gutiérrez-Martínez *et al.* (2008), el creciente interés en la sustentabilidad de los sistemas agrícolas ha conducido, en los últimos años, a significativos desarrollos de las prácticas agrícolas en América del Norte (sistemas de cero y mínima labranza, reducciones en las prácticas agrícolas de verano, entre otros). Existe también un creciente interés en las formas alternativas para el manejo de los nutrientes, particularmente el papel de las leguminosas en el abastecimiento de nitrógeno a otros cultivos mediante la rotación de estos y las técnicas de inter-siembra.

Para evaluar la eficiencia de los sistemas de cultivos asociados se han utilizado diversos métodos, aunque la mayoría están dirigidos a determinar la superficie del suelo necesaria que debe establecerse de monocultivo para igualar lo obtenido en una unidad de los cultivos asociados. Una de las ecuaciones más utilizada es el Land Equivalent Ratio (LER) o Índice equivalente de la Tierra, referido por Zaffaroni *et al.* (1991), Gamboa (1994) y Vandermeer (1995).

Al respecto Mead y Willey (1980); Vandermeer (1989) refieren que las combinaciones de gramíneas y leguminosas generalmente sobrepasan en rendimiento a los monocultivos de gramíneas; en otras palabras, se necesita de más superficie bajo monocultivo de gramíneas, para producir el mismo rendimiento que una hectárea de policultivo. Esta capacidad o eficiencia de sobre-rendimiento biológico y ecológico de un sistema de policultivo es medida por el Uso Equivalente de Tierra (UET). Cuando esta relación es mayor que 1, esto implica que el policultivo presenta una mayor ventaja o rendimiento que el monocultivo por unidad de superficie.

### **2.5. Composición bromatológica del caupí y sorgo**

Las gramíneas y las leguminosas tropicales tienen una alta concentración relativa de componentes de la pared celular y un menor contenido de carbohidratos disponibles para la fermentación, comparados con cultivos forrajeros de zonas templadas. En las gramíneas y leguminosas tropicales, tanto el contenido de proteína como el valor de la digestibilidad declinan rápidamente después de la floración a causa del proceso de lignificación (Dube, 2005).

A su vez, el forraje seco del caupí contiene de 120 a 240 g kg<sup>-1</sup> MS de proteína cruda puede usarse para balancear la dieta de los animales; cuando se ensila maíz la adición de caupí en cantidad de 150 y 300 g kg<sup>-1</sup>, aumenta el contenido de proteína cruda del ensilaje de 74 a 105 g kg<sup>-1</sup> MS. La adición de leguminosas a las gramíneas comúnmente utilizadas para ensilar en la región (maíz, millo) mejora ostensiblemente la calidad nutricional del forraje, al modificar la oferta de proteína de 83 (maíz) a 120 g (maíz-soya) por kg MS (Dube, 2005).

La composición nutricional del grano caupí es similar a la del frijol común, incluso lo supera ligeramente en algunos aspectos, como la proteína, existiendo reportes de 260 a 280 g de proteína bruta por kg MS y de 240 a 260 g de proteína verdadera por kg MS, en algunas variedades cubanas (Dube, 2005). Peters *et al.* (2011) y Aguirre (2009) coinciden en que las leguminosas, de alta producción de granos, aptos para la alimentación animal como el caupí presentan niveles aceptables de proteína entre el 180 y 260 g kg<sup>-1</sup> MS y menor contenido de fibra que sus hojas. Por su rusticidad y

adaptación a suelos ácidos y pobres, pueden ser interesantes para reemplazar parcialmente la proteína importada en dietas de cerdos y aves.

El valor nutritivo del sorgo granífero, acorde a Betancourt y Caraballo (2000), depende en gran medida del contenido de taninos condensados. Aprender a reconocer su presencia resulta indispensable a la hora de preparar una ración. Todos los sorgos graníferos (independientemente de su color) como constituyentes de sus granos poseen sustancias tánicas hidrolizables (ácido gálico y ácido elágico), y éstas no representan un factor negativo al considerar su valor nutritivo. Los ensilajes de sorgos graníferos de planta entera, además de aprovechar el 100 % del cultivo, tienen mayor rendimiento energético respecto a la cosecha del grano solamente (entre 40 y 60 %). Tanto el maíz como el sorgo tienen altos contenidos de azúcares y almidón, lo que lo hace un excelente material para obtener una correcta fermentación durante el proceso de ensilado, además de garantizar un elevado valor nutritivo, especialmente energético que permitirá altas producciones de leche y ganancias de peso.

En términos prácticos para el sorgo granífero, Muhlbach (2000) y Sánchez (2004), recomiendan buscar que el grano esté en estado pastoso a duro y la planta verde, con el agravante que si no se tiene especial cuidado en el quebrado del grano durante el picado, es muy probable que por más que el cultivo contenga una muy buena relación grano/planta, no sea aprovechada la energía contenida en la panoja, pues la mayoría de los granos enteros pasan sin ser atacados por el tracto digestivo.

## **2.6. Ensilaje de mezclas de gramíneas y leguminosas**

Los sistemas de producción agropecuarios incluyen en sus cultivos gramíneas y leguminosas para alimento animal, como cobertura del suelo, para reforestar o simplemente para utilizarlas en el caso de las leguminosas combinadas con otros cultivos para aprovechar el nitrógeno y la producción de granos, éstos últimos suministran tantas calorías como los cereales, y en comparación con otros alimentos considerados como fundamentales en los países tropicales que representan fuentes de energía importantes, el potencial alimenticio favorece a las leguminosas, las cuales

contienen una pequeña parte de grasas y son una fuente abundante de vitaminas y minerales (González y Pérez, 2002; Bueno *et al.*, 2003).

Los materiales especialmente desarrollados para ensilar deben poseer tallos más finos y permitir que el grano llegue al estadio de grano pastoso duro, o lo que es lo mismo, de línea de leche, con la planta aún verde. Esto es lo que se denomina "stay green", y asegura un ensilaje con bajo contenido de fibra indigestible y alta concentración energética (Weinberg *et al.*, 2004).

Según Flores (2013) la adición de leguminosas a las gramíneas comúnmente utilizadas para ensilar en la mejora ostensiblemente la calidad nutricional del forraje, al incrementar la oferta de proteína. La calidad de estos forrajes depende de la especie utilizada, del estado de desarrollo de la planta al momento de la cosecha y del tipo de procesamiento al que han sido sometidos.

Al respecto Colombatto *et al.* (2003) y Reiber *et al.* (2006) reportan mejoras importantes en la calidad de ensilajes de áreas tropicales, al incrementar niveles de proteína y disminuir los altos niveles de pared celular de las gramíneas. Cuando ensilaron éstas con niveles variables de leguminosas, los niveles de pH obtenidos fueron adecuados para el proceso y sólo se presentaron algunas diferencias en la producción de ácido láctico y nitrógeno amoniacal, lo que representó opciones importantes para disminuir el nivel de suplementos nitrogenados en la dieta y los costos de alimentación. En este aspecto, González *et al.* (2002) lograron mejorar el balance energético y proteico de la dieta y los incrementos de peso en rumiantes machos.

# *Materiales y métodos*

### 3. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la finca de autoconsumo “Día y Noche” perteneciente a la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “28 de octubre”, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, en el periodo comprendido de enero a junio del 2014. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas (Anexos). Las parcelas experimentales tuvieron un área de 3.08 m<sup>2</sup>. Se utilizó un cultivar de caupí de la colección del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) aún en investigación y el cultivar de sorgo forrajero UDG-110. La siembra se efectuó de forma manual sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado, según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba de Hernández *et al.* (1999). Se utilizaron cuatro tratamientos (Anexos) conformados por dos arreglos espaciales y los respectivos monocultivos:

1. Una hilera de sorgo y dos hileras de caupí (S-2Cs)
2. Una hilera de sorgo y tres hileras de caupí (S-3Cs)
3. Caupí monocultivo (CM)
4. Sorgo monocultivo (SM)

#### 3.1. Insectos relacionados en el cultivo del caupí y del sorgo según la fase fenológica

Para evaluar los insectos se marcaron 5 puntos por tratamiento y en cada uno se evaluaron 5 plantas para un total de 25. Se realizaron observaciones directas con una frecuencia semanal hasta el momento de la cosecha. Los insectos colectados en sus diferentes estados de desarrollo se colocaron en un pomo con alcohol al 70 % y se trasladaron al Laboratorio de Entomología y Taxonomía de insectos del CIAP, para ser identificados y determinar los posibles enemigos naturales.

#### 3.2. Comportamiento de los insectos plagas en el cultivo del caupí y del sorgo

Se realizó un total de 12 muestreos cada 7 días y se tuvo en cuenta las fases fenológicas en cada uno de los cultivos. Se cuantificaron los insectos encontrados, y se determinó su comportamiento en base a su actividad biológica (Anexos). Para la determinación de las fases fenológicas se utilizaron las siguientes escalas:

**Tabla 1. Fases fenológicas consideradas en el frijol caupí (CIAT, 1982)**

<b>Fases</b>	<b>Descripción</b>
V0	Germinación- absorción de agua por la semilla, emergencia de la radícula.
V1	Emergencia- los cotiledones aparecen. El epicolito inicia su desarrollo.
V2	Hojas primarias- hojas primarias totalmente abiertas.
V3	Primeras hojas trifoliadas- se abre la primera hoja trifoliada, aparece la segunda trifoliada.
V4	Tercera hoja trifoliada- se abre la tercera hoja trifoliada, las yemas de los nudos inferiores producen ramas.
R5	Prefoliación- aparece el primer botón floral o el primer racimo.
R6	Floración- se abre la primera flor.
R7	Formación de las legumbres- aparece la primera vaina mayor 2.5 cm de longitud.
R8	Rellenado de legumbres- las semillas pierden su color verde al final de la etapa, comienza a mostrarse las características de la variedad. Se inicia la defoliación.
R9	Madurez fisiológica- las legumbres pierden pigmentación, comienzan a secarse, las semillas desarrollaron el color del cultivar.

**Tabla 2. Fases fenológicas consideradas en el sorgo (Vanderlip y Reeves, 1972)**

<b>Fases</b>	<b>Descripción</b>
Fase 0 (F0)	Emergencia- coleóptilo visible en la superficie del suelo.
Fase 1 (F1)	Tres hojas desarrolladas- el cuello de la tercera hoja es visible.
Fase 2 (F2)	Cinco hojas desarrolladas- el cuello de la quinta hoja es visible.
Fase 3 (F3)	Diferenciación del punto de crecimiento- el cuello de octava hoja es visible; comienza el período de crecimiento acelerado.
Fase 4 (F4)	Hoja bandera- se observa la última hoja del cogollo.
Fase 5 (F5)	Embucho- panoja ubicada en la vaina de la hoja bandera.
Fase 6 (F6)	Floración- un 50 % de las plantas están en alguna fase de la floración.
Fase 7 (F7)	Grano lechoso- el grano tiene una consistencia lechosa y el llenado de granos ocurre rápidamente.
Fase 8 (F8)	Grano duro- $\frac{3}{4}$ del peso seco del grano ha sido logrado.
Fase 9 (F9)	Madurez fisiológica- se observa una mancha oscura en la semilla en el lado opuesto del grano.

### 3.3. Determinación de la biomasa fresca y materia seca por planta

Se cosechó una muestra de cinco plantas por tratamiento, la cual se trasladó hacia el laboratorio de bromatología del CIAP. Para la biomasa fresca se pesaron los diferentes órganos de la planta por separado en una balanza analítica (PF).

Después de troceado y mezclado 350 g de material en triplicado fueron secados a 65 °C por 72 h. Tanto las plantas puras como sus combinaciones una vez secadas fueron molidas a un tamaño de partícula de 1 mm y se conservaron en frascos cerrados a temperatura ambiente ( $28 \pm 3$  °C) hasta el análisis químico de las mismas.

1. Biomasa fresca y materia seca del tallo- BFT, MST.
2. Biomasa fresca y materia seca de la hoja- BFH, MSH.
3. Biomasa fresca y materia seca del fruto- BFF, MSF.

### 3.4. Rendimiento forrajero y uso equivalente de la tierra

Para el cálculo de los rendimientos forrajeros, se marcaron cuatro puntos de 5 m lineales cada uno, se contaron y cosecharon las plantas completas, se pesaron en una balanza de gancho y se determinó el peso promedio para 5 m lineales de cada cultivo, estimando el rendimiento de las parcelas en t MS ha<sup>-1</sup>. Con el rendimiento obtenido se calculó el Uso Equivalente de la Tierra (UET) según la ecuación de Vandermer (1989):

$$UET = \frac{P_1}{M_1} + \frac{P_2}{M_2}$$

**Escala Producción en cuanto a unidad por área**

UET < 1 - el cultivo intercalado produce menos que el monocultivo.

UET = 1 - la producción es igual en ambos sistemas.

UET > 1 - el cultivo intercalado es más productivo que cualquier monocultivo.

### 3.5. Análisis bromatológico de la combinación caupí – sorgo

Las muestras se evaluaron en duplicado para los análisis químicos: se determinó la materia seca (MS; ID 930.15) (AOAC, 1995). La fibra ácido detergente (FAD) se determinó secuencialmente y expresado exclusivo de ceniza residual (Van Soest *et al.*, 1991). La lignina se determinó según Van Soest *et al.* (1991), donde esta fue oxidada con permanganato de potasio.

### **3.6. Test de ensilabilidad**

Para la comprobación de cuáles tratamientos son más factibles para ensilar, se realizó un Test de ensilabilidad (Prueba de Fermentación de Rostock). Para ello se cosecharon muestras en 5 puntos de cada tratamiento, estas fueron troceadas en un molino forrajero. El procedimiento del test de ensilabilidad se realizó según lo propuesto por Lima-Orozco *et al.* (2011), en breve: se adicionaron 50 g de forraje fresco procedente de cada tratamiento y réplica, seguidamente se adicionaron 200 ml de agua destilada y se midió el pH (pH meter WTW Cond 3401) pasadas 48 h, 14 h, 18 h, 22 h, 26 h, 38 h y 46 h.

### **3.7. Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se aplicaron análisis de varianza simple complementándose con la comparación de medias mediante la prueba de Duncan, del paquete estadístico *STATGRAPHICS CENTURION XV-II del 2006*.

# *Resultados y discusión*

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Insectos relacionados en el cultivo del caupí y del sorgo según la fase fenológica

Dentro de las plagas asociadas al cultivo del frijol caupí se registraron un total de tres especies de insectos (Tabla 3), ubicados dentro de los órdenes *Coleoptera* (*Diabrotica balteata* Leconte), *Lepidoptera* (*Hedylepta indicata* Fab.) y *Heteroptera* (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore). La actividad biológica de la primera de estas especies, *D. balteata*, estuvo relacionada con la alimentación tanto de las hojas como de las partes jóvenes de la planta, que incluyen las flores y las legumbres. Por consiguiente la aparición de la misma fue durante el periodo comprendido entre las fases fenológicas V2 – R7. No se observaron grandes afectaciones en el cultivo por parte de este insecto, aunque mostró una mayor incidencia en comparación con las otras especies registradas. Estos resultados coinciden con Hohmann y Sousa (2000) y Martínez *et al.* (2007), los cuales agregaron a la lista de insectos-plagas que atacan al frijol a la especie de crisomélido *D. balteata*. Además, están en correspondencia con Bianchini (1998), Moda (2006) y Rubens *et al.* (2006), al considerar que estas especies son las que mayores daños causan a la producción del cultivo.

Por otra parte la aparición de *H. indicata* se registró en las fases fenológicas V4 – R7. Durante los muestreos realizados solo se observó un número reducido de plantas afectadas, dado que los niveles de esta especie son bajos a causa de la elevada cantidad de enemigos naturales de la misma. Su actividad biológica se caracteriza porque depositan los huevos sobre las hojas jóvenes, además plegan una hoja con otra, formándose un nido de hojas congregadas, lo cual conlleva a la reducción de la actividad fotosintética. Por otra parte se alimenta del mesófilo, y la larva del último estadio, puede reducir la hoja al esqueleto; de igual forma *E. kraemeri* se observó en las fases fenológicas V3 – R7. Esta especie no provocó daños considerables al cultivo. Aunque es una de las más dañinas, dado que succiona la savia de los tallos y hojas, e introduce las toxinas a la planta, lo que detiene el crecimiento de la misma, las hojas muestran un amarillamiento en los bordes, que toman un aspecto de quemadura, se encrespan las hojas y ocurre un achaparramiento de la planta y se deforman las legumbres.

Existe un complejo de insectos plagas que afectan al cultivo del sorgo, lo cual disminuye su rendimiento si no se toman las medidas de control oportunamente. En el presente estudio se registraron dos especies de insectos (Tabla 3), ubicadas en los órdenes *Lepidoptera* (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)) y *Heteroptera* (*Rhopalosiphum maidis* (Fitch)). La especie *S. frugiperda* se observó en las fases fenológicas F2 – F6. El insecto comenzó sus daños tan pronto emergieron del suelo las primeras hojas hasta poco antes del espigamiento. Su actividad biológica está caracterizada por el ataque al cogollo de las hojas jóvenes envueltas en el tallo, aunque a veces también en la base del mismo. Lo anterior determinó que cuando las hojas crecieron se observaron agujeros en ellas. Además, es importante destacar que este fue el insecto que mayores daños causó al cultivo del sorgo.

Los resultados coinciden con lo reportado por Martin (2011) acerca de que la fase dañina de *S. frugiperda* es la larva, la cual una vez eclosionada se alimenta haciendo raspaduras sobre el follaje; que luego aparece con pequeñas áreas translúcidas. Una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje preferentemente en el cogollo; en el que se observan sus excrementos característicos.

Por otra parte la especie *R. maidis* se observó en las fases fenológicas F3 – F6, no obstante su ataque fue más ligero que el de la especie anterior, por lo cual ocasionó pocos daños al cultivo. La actividad biológica de esta especie se presenta con ataques al cogollo, con la posterior infestación de las panojas. También es considerado transmisor de enfermedades virales, tales como el “Mosaico de la caña”.

No obstante, este insecto tiene otras modalidades de ataque diferentes a la de cogollero, como: infestación intensa donde varias larvas devoran el follaje hasta dejar la planta esqueletizada, conocida por "barredor" e infestación en la etapa inicial del cultivo en que las larvas cortan las plántulas en la parte inferior de los tallos, conocida por "cortador". Ocasionalmente, también se le consigue alimentándose de la panoja con granos en procesos de llenado. Además, la especie *R. maidis*, es un transmisor de enfermedades de origen viral, empleándose para su control insecticidas fosforados sistémicos o biológicos.

Tabla 3. Insectos relacionados en el cultivo del caupí y del sorgo según la fase fenológica

Cultivo	Nombre vulgar	Especie	Orden	Familia	Actividad biológica	Fase fenológica
Caupí	Crisomélido	<i>Diabrotica balteata</i> Leconte	<i>Coleoptera</i>	<i>Crysmellidae</i>	Se alimentan del follaje, flores y legumbres	V2 – R7
	Pega - pega	<i>Hedylepta indicata</i> Fab.	<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	Plegan una hoja con otra formando un nido de hojas.	V4– R7
	Salta hojas	<i>Empoasca kraemeri</i> Ross y Moore	<i>Heteroptera</i>	<i>Cicadellidae</i>	Succión continua de la savia de planta y la introducción de saliva tóxica durante su alimentación	V3 – R7
Sorgo	Palomilla del maíz	<i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith)	<i>Lepidoptera</i>	<i>Noctuidae</i>	En sus primeros estadios larvales se alimenta en el envés de las hojas.	F2 – F6
	Áfido, pulgón foliar del maíz, pulgón del cogollo	<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	<i>Heteroptera</i>	<i>Aphididae</i>	Las ninfas y adultos succionan la savia de la planta.	F3 – F6

## 4.2. Comportamiento de los insectos plagas en el cultivo del caupí y del sorgo

En la figura 1 se muestra el comportamiento de *D. balteata* (a) y de *H. indicata* (b), que son dos de las plagas claves del frijol registradas durante el desarrollo del experimento. *D. balteata* se presentó a partir de la tercera evaluación a los 14 días después de la siembra, en la fase V2. En el monocultivo de caupí (CM) hubo mayor incidencia de este insecto plaga, seguido del tratamiento de una hilera de sorgo y tres de caupí (S-3Cs) y el menos afectado fue el de una hilera de sorgo y dos de caupí (S-2Cs). En todos los tratamientos el número de insectos se incrementó a partir de los 7 días después de la siembra (V2) hasta aproximadamente los 49 días (V4). Precisamente alrededor de los 49 días se observó el máximo número de individuos de esta especie en cada uno de los tratamientos, el cual a partir de esa fecha comenzó a decrecer hasta la última evaluación.

En todas las evaluaciones *H. indicata* incidió en un nivel prácticamente nulo en ambos tratamientos de policultivo, mientras que en el monocultivo esta especie incrementó su presencia a partir de los 35 días de la siembra, además el número de insectos se mantuvo constante entre los 49 y 63 días, lo cual se enmarcó entre las fases fenológicas V4 y R5. Al respecto, el pico poblacional más alto se observó alrededor de los 70 días, que coincidió con la fase R6 y partir de ese momento comenzó un decrecimiento hasta el final del ciclo. De estas dos especies de insectos, la que mantuvo una mayor densidad poblacional fue la del crisomélido *D. balteata*, el cual se cuantificó en número de 0 a 22 individuos, los mismos afectaron el follaje mediante su daño característico denominado tiro de munición. Por otra parte se observó muy bajo nivel poblacional en número de 0 a 4 individuos del lepidóptero *H. indicata*.

De acuerdo con Valenciaga y Mora (2002) la menor presencia de insectos plagas observada en los tratamientos de cultivos intercalados, S-2Cs y S-3Cs, se relaciona con que estos son agroecosistemas diversificados, donde existen varios estratos vegetales, conviven bajo equilibrio biológico especies fitófagas y biorreguladores que evitan daños a las plantas. De ahí que la diversificación es una práctica exitosa para mantener el equilibrio biológico entre especies vegetales y animales.

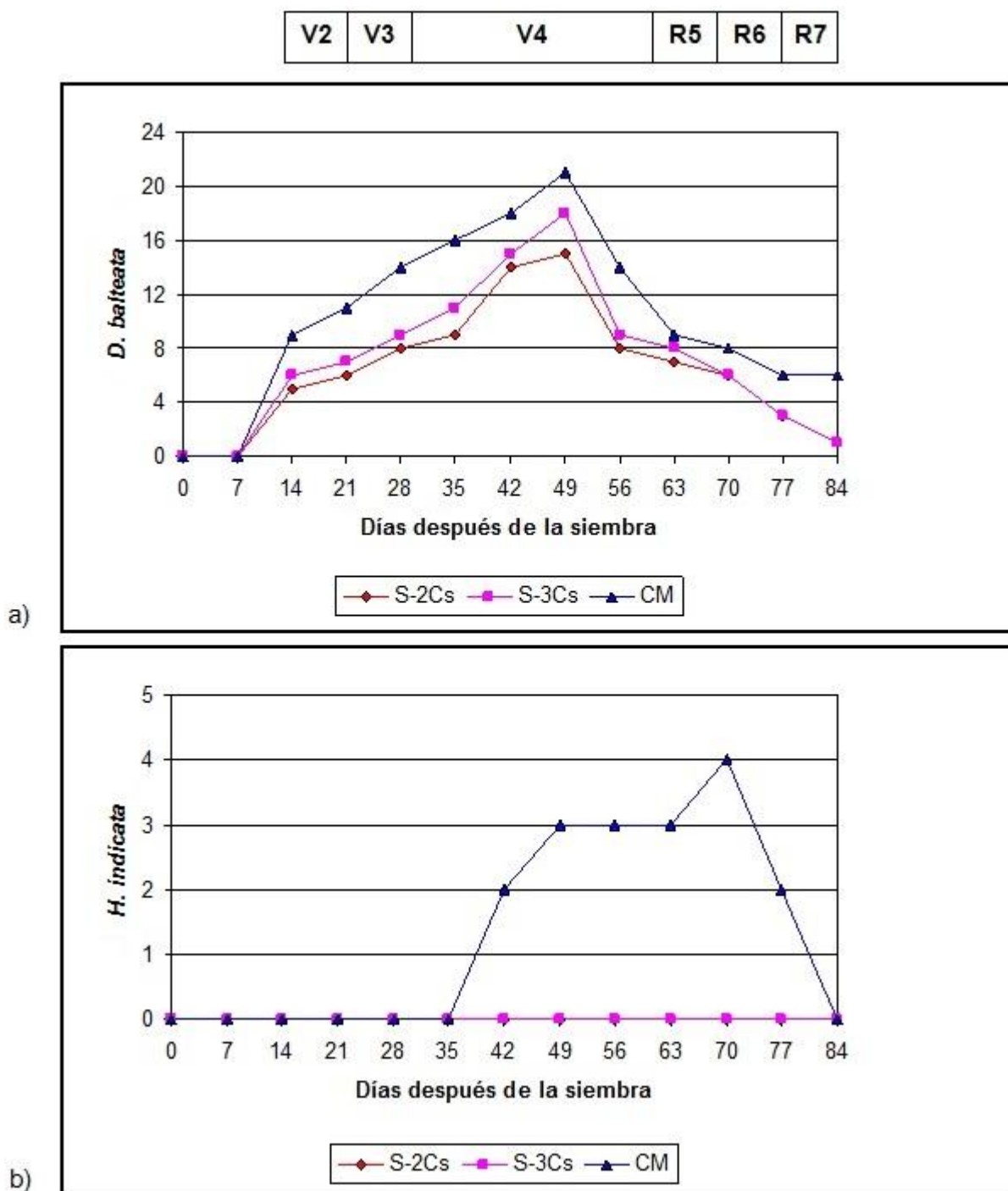


Figura 1. Comportamiento de *D. balteata* (a), *H. indicata* (b) en el cultivo del frijol caupí

**Leyenda**

S-2Cs- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; S-3Cs- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; CM- monocultivo del caupí.

En cuanto a *S. frugiperda* (Figura 2 a) no se observó la presencia de este lepidóptero hasta los 28 días después de la siembra en el tratamiento correspondiente al monocultivo de sorgo (SM) y en el S-3Cs, mientras que en el tratamiento S-2Cs apareció a partir de los 35 días. En todos los casos el máximo pico poblacional estuvo alrededor de los 56 días, observándose los valores más altos en el tratamiento SM que coincidió con la fase fenológica F5, a partir de la cual comenzó un descenso en el número de individuos, sin embargo este no se comportó igual en todos los tratamientos, dado que en SM y S-3Cs el número de insectos se mantuvo constante entre los 70 y 84 días, que coincidió con las fases fenológicas F6 y F7. En todas las evaluaciones la menor densidad poblacional correspondió al tratamiento S-2Cs en número de 0 a 5 individuos. Los resultados se corresponden con lo referido por Gutiérrez-Martínez *et al.* (2008), acerca de que la diversidad de los policultivos implica bajas densidades poblacionales de los insectos fitófagos a lo largo del tiempo. Por otra parte concuerdan con Heich (1998) en cuanto a que en su investigación *S. frugiperda* fue el insecto que causó los daños más importantes en el sorgo. En sus primeros estadios larvales se alimenta en el envés de las hojas, luego ataca en el cogollo en las zonas jóvenes envueltas en el tallo y a veces en la base del tallo. Por eso cuando estas hojas crecen se observan agujeros en ellas, y si es una planta joven con muchas larvas se seca y muere. En plantas viejas estas larvas cuando eclosionan no se alimentan como verdaderos cogolleros, sino atacan espigas y mazorcas.

El áfido *R. maidis* se observó en los tres tratamientos a partir de los 35 días después de la siembra, lo que coincidió con la fase fenológica F3. En todos los casos el pico poblacional se registró alrededor de los 63 días, observándose los valores más altos en el tratamiento SM con aproximadamente 300 individuos en las colonias observadas. Esto coincidió con la fase fenológica F5, a partir de la cual decreció el número de insectos, lo cual se comportó de manera similar en los tres tratamientos. En esta especie, al igual que en la anterior, en todas las evaluaciones la menor densidad poblacional se observó en el tratamiento S-2Cs donde se cuantificaron de 0 a 70 individuos. Chessa (2007) indicó que esta especie no debe controlarse ya que no causa daño económico al cultivo, al no inyectar saliva tóxica al mismo.

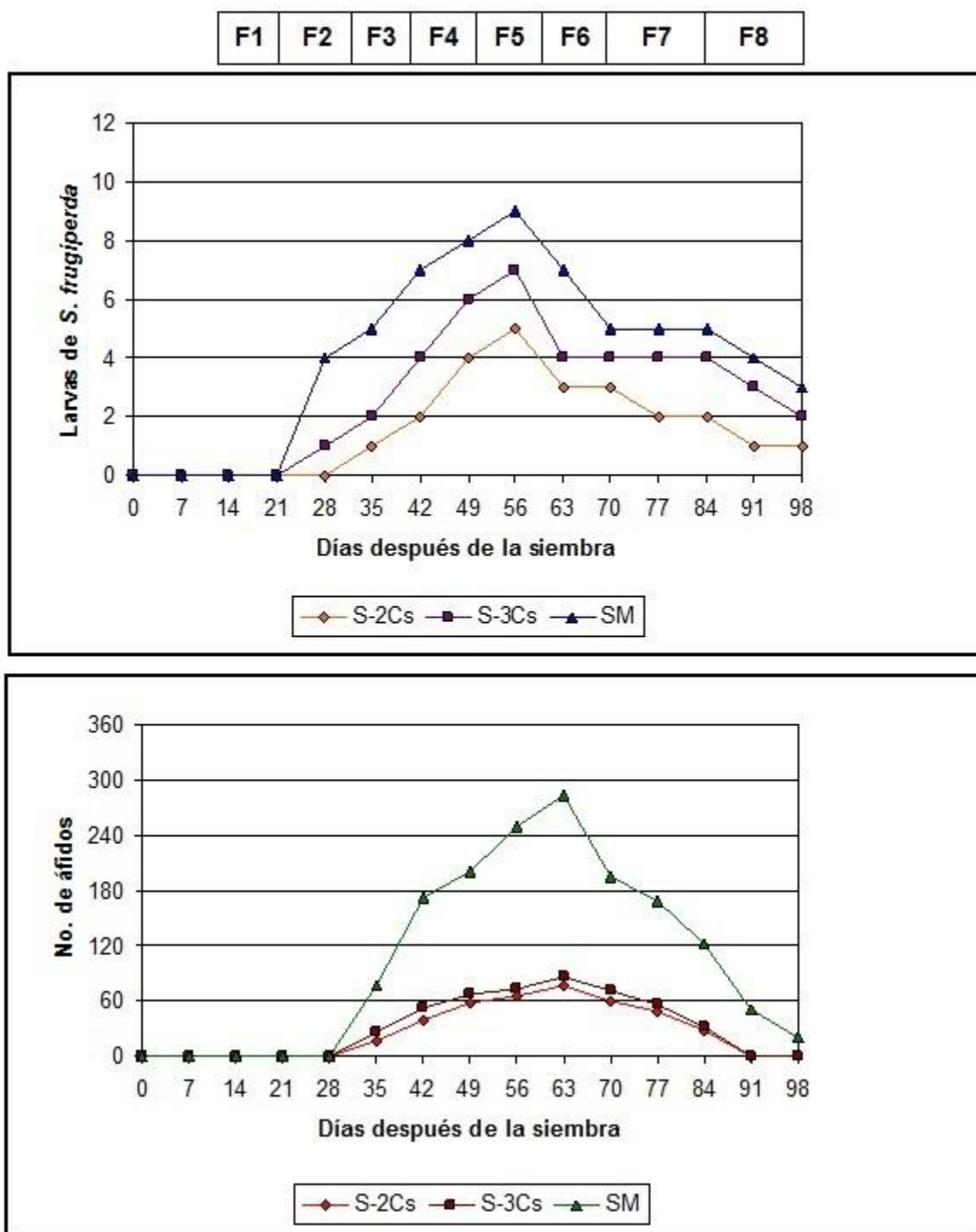


Figura 2. Comportamiento de *S. frugiperda* (a), *R. maidis* (b) en el cultivo del sorgo

**Leyenda**

S-2Cs- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; S-3Cs- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; SM- monocultivo del sorgo.

### 4.3. Acumulación de materia fresca y seca por planta en los diferentes órganos de caupí y sorgo

La importancia del análisis del peso fresco en los cultivos radica en la determinación cuantitativa del contenido de agua presente, dado que la misma constituye del 80 al 90 % del peso total de plantas herbáceas como el caupí y el sorgo. Al respecto, en el cultivo del caupí se obtuvo un patrón similar en la acumulación de biomasa fresca en hojas (BFH) y tallo (BFT), observándose en ambos casos que los máximos valores correspondieron al tratamiento S-2Cs, el cual mostró diferencias estadísticas con relación a los tratamientos CM y S-3Cs. Sin embargo, en la acumulación de biomasa fresca en el fruto (BFF), los menores valores correspondieron a S-2Cs, no obstante no se observaron diferencias estadísticas entre ninguno de los tratamientos, aunque sí numéricas. En los indicadores BFT y BFF se observaron los mayores coeficientes de variación (CV), con valores por encima del 34 % (Tabla 4).

**Tabla 4. Acumulación de materia fresca y seca por planta en los diferentes órganos del frijol caupí**

Tratamiento	BFT	BFH	BFF	MST	MSH	MSF
	(g)					
S-2Cs	88 a	101 a	38 a	17 a	17 a	13 a
S-3Cs	46 b	64 b	55 a	7 b	9 b	10.6 a
CM	70 ab	89 ab	55 a	14 a	14 a	14 a
CV (%)	39.4	29.2	34.5	46.9	33.7	53.4
<b>E.E (ȳ)±</b>	<b>9.3</b>	<b>8.9</b>	<b>7.2</b>	<b>1.9</b>	<b>1.4</b>	<b>3.1</b>

\* Medias con letras no comunes en la misma columna difieren para Duncan ( $p \leq 0.05$ )

#### Leyenda

S-2Cs- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; S-3Cs- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; CM- monocultivo de caupí; BFF- biomasa fresca del fruto; BFH- biomasa fresca de la hoja; BFT- biomasa fresca del tallo; MSF- materia seca del fruto; MSH- materia seca de la hoja; MST- materia seca del tallo; CV- coeficiente de variación; E.E.- Error estándar.

Por otra parte en el crecimiento de un cultivo tienen lugar cambios cuantitativos que, entre otros factores, incluye el aumento en peso seco de los diferentes órganos de la planta. En este caso, también hubo un patrón similar en la acumulación de materia seca en tallo (MST) y hojas (MSH), donde los máximos valores correspondieron al tratamiento S-2Cs, que no mostró diferencias estadísticas con el tratamiento CM, pero sí con el S-3Cs. En cuanto a la materia seca acumulada en el fruto no hubo diferencias estadísticas entre ninguno de los tratamientos (Tabla 4).

En el análisis de la acumulación de biomasa fresca en el cultivo del sorgo, se observó que en cuanto a la BFT las plantas del tratamiento SM alcanzaron los máximos valores y mostraron diferencias estadísticas con relación a los otros dos. No obstante en la acumulación de biomasa fresca en los otros órganos (BFH, BFF) no se evidenciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Tabla 5).

**Tabla 5. Acumulación de materia fresca y seca por planta en los diferentes órganos del sorgo**

Tratamiento	BFT	BFH	BFF	MST	MSH	MSF
	(g)					
S-2Cs	102.6 b	58.8 a	48.8 a	55.2 b	12.8 a	20 b
S-3Cs	102.6 b	56.2 a	47.8 a	55.2 b	13.2 a	21.4 b
SM	130.6 a	62.0 a	48.8 a	70.4 a	14.2 a	25.4 a
CV (%)	14.9	29.3	16.2	13.9	48.8	42.3
<b>E.E (ȳ)±</b>	<b>3.6</b>	<b>8.2</b>	<b>3.0</b>	<b>1.9</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>

\* Medias con letras no comunes en la misma columna difieren para Duncan ( $p \leq 0.05$ )

#### Leyenda

S-2Cs- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; S-3Cs- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; SM- monocultivo de caupí; BFF- biomasa fresca del fruto; BFH- biomasa fresca de la hoja; BFT- biomasa fresca del tallo; MSF- materia seca del fruto; MSH- materia seca de la hoja; MST- materia seca del tallo; CV- coeficiente de variación; E.E.- Error estándar.

En cuanto a la acumulación de materia seca de los parámetros MST y MSH, se observó un patrón similar al de la acumulación de biomasa fresca, donde los máximos valores correspondieron al tratamiento SM para ambos casos, y tampoco se observaron diferencias estadísticas en MSH entre ninguno de los tratamientos. De igual forma en

MSF, las plantas del monocultivo también alcanzaron los máximos valores, con diferencias estadísticas con relación a los demás tratamientos. Los resultados de la acumulación de materia seca coinciden con Méndez-Natera (2002), cuando refiere que los principales parámetros que influyen sobre la materia seca de una planta, son el número de hojas por planta y la altura de la misma. Al respecto, un incremento ambos conlleva a un aumento del peso seco de las plantas.

#### 4.4. Acumulación de materia fresca y seca total en el cultivo de caupí y de sorgo

La mayor acumulación de biomasa fresca en el cultivo del caupí, se obtuvo en las plantas del tratamiento S-2Cs, seguido de CM y de S-3Cs, donde se alcanzaron los valores más bajos y se mostraron diferencias estadísticas. Esta acumulación observada en el tratamiento S-2Cs, representó un incremento del 39.3 % con relación al tratamiento S-3Cs y de 12.3 % con respecto al CM (Figura 3 a).

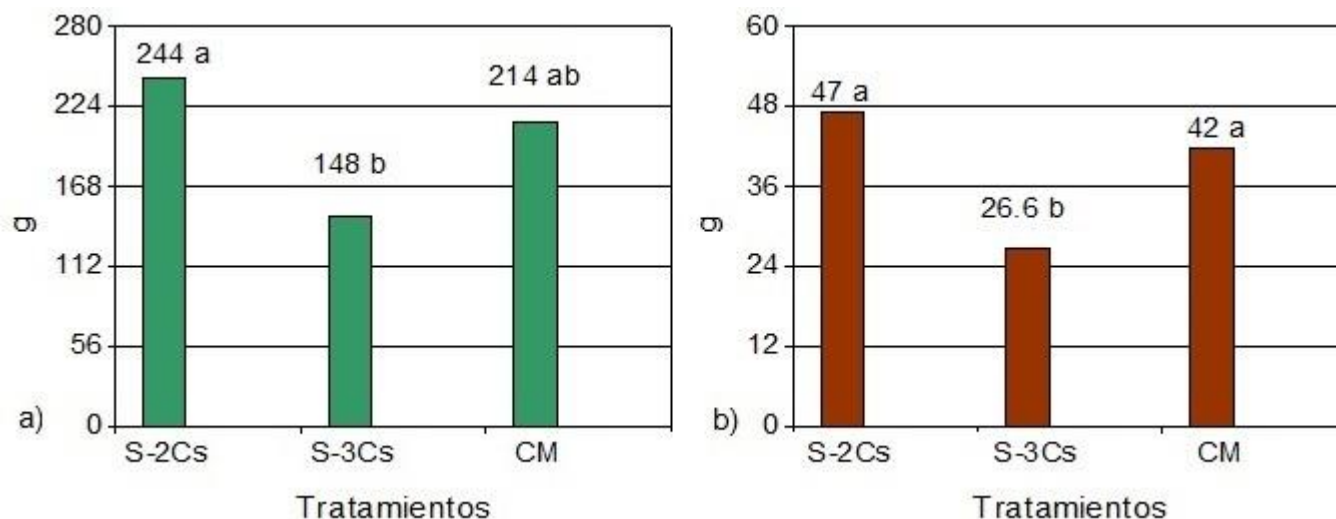


Figura 3. Acumulación de materia fresca y seca total en el cultivo del caupí

a) Biomasa fresca b) Materia seca

\* Medias con letras no comunes difieren para Duncan ( $p \leq 0.05$ )

#### Leyenda

**S-2Cs**- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; **S-3Cs**- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; **CM**- monocultivo de caupí

Los máximos valores en cuanto a la acumulación de materia seca se observaron en las plantas del tratamiento S-2Cs, mientras que los resultados más bajos correspondieron al tratamiento S-3Cs y de igual manera se mostraron diferencias estadísticas entre ambos. La acumulación de materia seca en las plantas del tratamiento S-2Cs, representó un incremento del 43.4 % con relación al tratamiento S-3Cs y del 10.6 % con respecto al CM (Figura 3 b).

Los máximos valores de biomasa fresca correspondieron a las plantas de SM, pero los resultados más bajos fueron registrados en las plantas de S-3Cs, el cual tampoco mostró diferencias estadísticas con relación a S-2Cs. Esta acumulación de biomasa fresca en las plantas del tratamiento SM representó un incremento del 12.9 % en comparación con el tratamiento S-2Cs y de 21 % con respecto al S-3Cs (Figura 4 a).

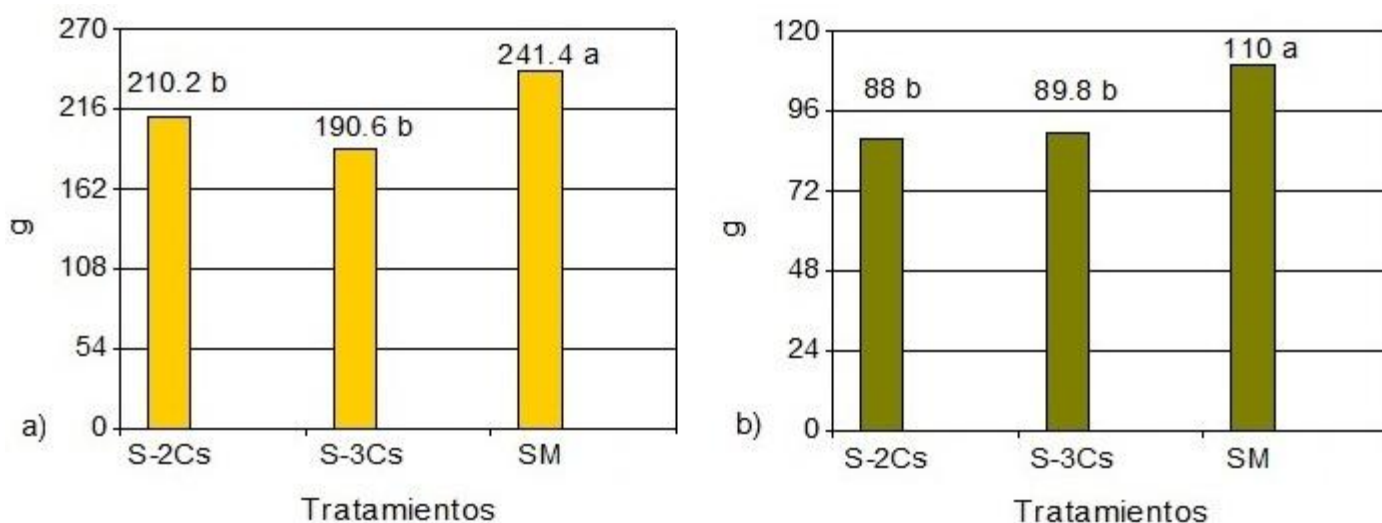


Figura 4. Acumulación de materia fresca y seca total en el cultivo del sorgo  
a) Biomasa fresca b) Materia seca

\* Medias con letras no comunes difieren para Duncan ( $p \leq 0.05$ )

**Leyenda**

**S-2Cs**- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; **S-3Cs**- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; **SM**- monocultivo de sorgo

A diferencia de lo observado en el caupí, la mayor acumulación de materia seca en el cultivo del sorgo, se obtuvo en las plantas del tratamiento SM con diferencias estadísticas entre los otros tratamientos. No obstante, los tratamientos S-3Cs y S-2Cs no mostraron diferencias estadísticas entre sí. La acumulación de materia seca observada en las plantas del monocultivo, representó un incremento del 18.4 % con relación a las de S-3Cs y de 20 % con respecto a las del tratamiento S-2Cs (Figura 4 b).

Estos resultados concuerdan con lo referido por Vázquez y Torres (2006), en cuanto a que el producto seco obtenido por planta o por unidad de área, depende del balance existente entre la fotosíntesis y la respiración. De igual forma los cambios del ambiente influyen en el ritmo de la producción de materia seca, así, los efectos del aire, la energía solar, el agua y todos los que caracterizan un macroclima o microclima pueden interferir en la producción de materia seca de una especie vegetal. También existen un conjunto de factores inherentes a la planta que influyen notablemente en la producción de materia seca entre los que se encuentran la edad, la distribución de asimilatos, la variedad y los contenidos hídricos y nutritivos.

#### **4.5. Rendimiento forrajero y uso equivalente de la tierra**

Se observaron diferencias significativas en el rendimiento en forraje verde (FV) total, obteniéndose los máximos valores en el arreglo espacial S-2Cs con  $17.5 \text{ t ha}^{-1}$ . Al respecto, en las plantas de este tratamiento se comprobó que el rendimiento FV fue superior en 34.9 % y entre 16.5 – 18.2 % con relación a los tratamientos S-3Cs y ambos monocultivos respectivamente. Estos resultados pudieran estar relacionados a la competencia inter-específica que ejerce un cultivo sobre otro en cada uno de los arreglos espaciales estudiados. Por otra parte, los resultados obtenidos en el rendimiento en materia seca (MS) fueron significativamente mayores en el monocultivo de sorgo con  $6.5 \text{ t ha}^{-1}$ , no obstante en el tratamiento S-2Cs se obtuvo un resultado de  $4.7 \text{ t ha}^{-1}$ , que también difiere estadísticamente de los demás tratamientos. El rendimiento en MS desempeña un papel fundamental en la calidad nutricional de la dieta suministrada a los animales; de ahí que el estudio de estas especies forrajeras promueve la utilización eficiente de los recursos vegetales alimenticios para un mejor

desarrollo en el manejo pecuario. En el arreglo espacial S-2Cs se registró un uso equivalente de la tierra (UET) de 1.21, que es mayor que 1 (UET>1), lo cual significa que el sistema de policultivo tuvo un sobre-rendimiento de 21 % más de producción por unidad de superficie que los monocultivos separados de caupí y sorgo. Por otra parte en el tratamiento S-3Cs se obtuvo un valor de UET de 0.78, que es menor que 1 (UET<1), lo cual indica que la eficiencia de los arreglos espaciales decrece al utilizar una mayor densidad de caupí (Tabla 6).

**Tabla 6. Rendimiento forrajero y uso equivalente de la tierra según tratamiento**

Tratamiento	Rendimiento forrajero (t ha <sup>-1</sup> )						UET
	Frijol caupí		Sorgo		Total		
	FV	MS	FV	MS	FV	MS	
S-2Cs	11.6 b	2.2 b	5.9 b	2.5 b	17.5 a	4.7 b	1.21 a
S-3Cs	7.3 c	1.3 c	4.1 c	1.7 c	11.4 c	3.0 c	0.78 b
CM	14.6 a	2.9 a	-	-	14.6 b	2.9 c	-
SM	-	-	14.3 a	6.5 a	14.3 b	6.5 a	-
<b>E.E (ȳ)±</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.04</b>

**Leyenda**

S-2Cs- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; S-3Cs- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; SM- monocultivo de sorgo; FV- forraje verde; MS- materia seca; UET- uso equivalente de la tierra; E.E.- Error estándar

Estos resultados concuerdan con lo referido por Dalben *et al.* (1990) acerca de que la eficiencia en el uso del suelo es mayor en los sistemas de policultivos que en los de monocultivos. De igual forma coinciden con lo reportado por Casanova *et al.* (1995) en que entre las posibilidades que brindan estos sistemas, se encuentra la diversificación de cultivos, el aumento de la producción total y la eficiencia en el aprovechamiento del suelo. Al respecto el UET indica el área total requerida para producir la misma cantidad de cada cultivo cuando se siembran por separado.

En diferentes sistemas de policultivos se ha reportado que los valores obtenidos con la aplicación del índice UET, sobrepasan la unidad, como fue el caso de S-2Cs, en

aquellas combinaciones donde intervienen especies de frijol como el caupí, que potencialmente es uno de los cultivos que brinda las mayores posibilidades para el establecimiento de estos sistemas, dado por sus características agronómicas.

De acuerdo con Quintero *et al.* (2010) es una especie de leguminosa de grano con un alto nivel nutritivo que iguala, e incluso supera en algunos aspectos, al frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Además, está demostrado que es un cultivo eficiente y productivo durante todo el año, más tolerante que el frijol común tanto al estrés por sequía como por exceso de humedad y que existen variedades con un alto potencial productivo en ciclos de siembra a cosecha muy cortos, algunas con 55 a 60 días. Esto permitiría coexistir en mutualismo con cultivos de especies de gramíneas como el sorgo, si los sistemas son manejados adecuadamente. Al respecto, Leyva (1995) demostró que el caupí, al ser intercalado entre hileras de un especie de gramínea, obtuvo valores de UET favorables para el mismo, como se observó en el arreglo espacial de S-2Cs de la presente investigación.

Al respecto, Gutiérrez-Martínez *et al.* (2008) reportó que el sistema de policultivo gramínea-leguminosa registró un UET de 2.57 con un incremento de 157 %, además la especie de gramínea en policultivo redujo su rendimiento en un 6 %, en comparación al monocultivo. A su vez, la leguminosa en policultivo tuvo una mayor producción de 63 % y una reducción del 50 % en comparación a los monocultivos separados de la gramínea y leguminosa, lo cual implicó, que tanto la gramínea como la leguminosa se beneficiaron mutuamente de las interacciones biológicas, ecológicas y agronómicas de los sistemas de policultivos.

Lo anterior demuestra que las combinaciones de gramíneas-leguminosas generalmente sobrepasan en rendimiento a los monocultivos de gramíneas, lo que implica que se necesita de más superficie bajo dichos monocultivos, para producir el mismo rendimiento que una hectárea de policultivo. Resultados de investigaciones y observaciones de productores, evidencian la influencia de diferentes sistemas de policultivos en la disminución de arvenses y la regulación de insectos plagas. Por otra parte, la inclusión de leguminosas en las asociaciones demuestra los beneficios

potenciales de los mismos. El papel de estos sistemas resultaría de gran interés para el establecimiento de agroecosistemas de agricultura sostenible, como componente para lograr una mayor estabilidad de los rendimientos y la seguridad alimentaria.

#### 4.6. Análisis bromatológico de la combinación caupí – sorgo

La comparación de los valores de materia seca, mostró diferencias estadísticas entre el monocultivo de sorgo con relación a los demás. Las plantas de este tratamiento alcanzaron los valores más altos con 45.6 %. Entre los demás tratamientos no se observaron diferencias estadísticas respecto a este indicador. En cuanto a la fibra ácido detergente (FAD) el único tratamiento que mostró diferencias estadísticas fue el CM, donde se observaron los máximos valores, aunque todos son adecuados dado que son menores que 35 %. La FAD es un parámetro que nos permite evaluar el grado de materia orgánica fermentable, o sea, a medida que este parámetro se incrementa se reduce el contenido de materia orgánica fermentable y con ello el potencia energético del alimento (Lima-Orozco *et al.* 2010). En la lignina no se obtuvieron diferencias estadísticas entre ninguno de los tratamientos (Tabla 7). Al respecto, Giorda y Ortiz (2012) reportan que la lignina, componente de la pared celular, es un compuesto fenólico que se une a la celulosa y hemicelulosa haciendo a estos compuestos lignocelulósicos indigeribles.

**Tabla 7. Análisis bromatológico de la combinación caupí – sorgo**

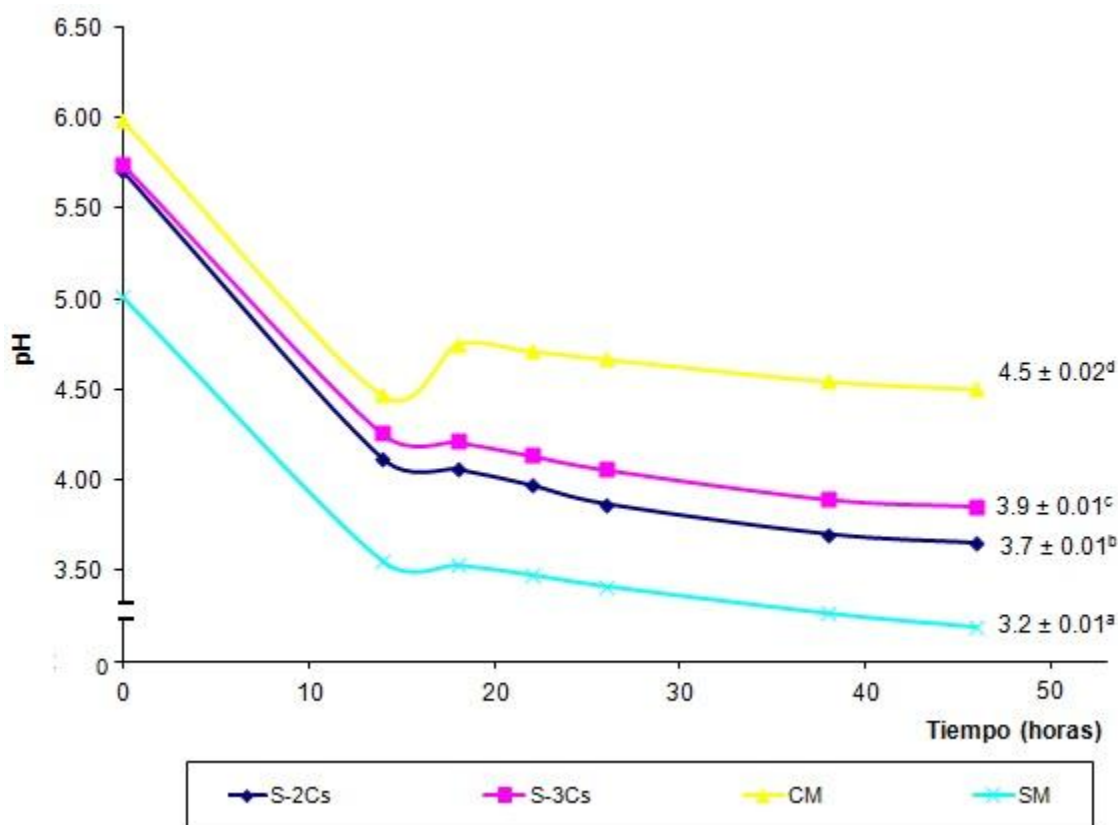
Tratamiento	Componentes		
	MS	FAD %	Lignina
S-2Cs	26.9 b	30.4 b	4.2 a
S-3Cs	26.5 b	29.7 b	4.1 a
CM	19.6 c	33.4 a	4.7 a
SM	45.6 a	29.7 b	4.1 a
<b>E.E (ȳ)±</b>	<b>0.5</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>

#### Leyenda

MS- materia seca; FAD- fibra ácido detergente; S-2Cs- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; S-3Cs- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; CM- monocultivo de caupí; SM- monocultivo de sorgo; E.E.- Error estándar

El contenido de lignina aumenta a medida que la planta madura, proveyendo la estructura necesaria que ayuda a la planta en su crecimiento erecto. A su vez, si este contenido es demasiado alto, la digestibilidad de la pared celular se ve reducida.

Los resultados del Test de ensilabilidad mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, en todas las horas en que fue realizado. El valor más bajo de pH correspondió al tratamiento SM el cual disminuyó de 5.0 a 3.2, seguido de los valores observados en el tratamiento S-2Cs que disminuyeron de 5.7 hasta 3.7. Estos valores bajos de pH implican que se encuentran en las condiciones óptimas de conservación, dado que a estos niveles de pH no prolifera o se desarrolla ningún tipo de microorganismo que pueda causar pérdidas al silo (Figura 5).



**Figura 5. Análisis de la ensilabilidad de la combinación caupí – sorgo según tratamientos**

#### Legenda

S-2Cs- 1 hilera de sorgo + 2 hileras de caupí simultáneo; S-3Cs- 1 hilera de sorgo + 3 hileras de caupí simultáneo; CM- monocultivo de caupí; SM- monocultivo de sorgo; E.E.- Error estándar

Los resultados concuerdan con lo referido por Araújo *et al.* (2002) en cuanto a su aptitud al ensilaje, además que es posible alcanzar pH próximos a 4, no obstante en la presente investigación los valores de pH obtenidos en el monocultivo de sorgo estuvieron por debajo de 3.5.

A su vez coinciden con Betancourt y Caraballo (2000) que consideran que los ensilajes de sorgos de planta entera, aprovechan el 100 % del cultivo my tienen mayor rendimiento energético respecto a la cosecha del grano solamente (entre 40 y 60 %). El sorgo posee altos contenidos de azúcares y almidón, lo que lo hace un excelente material para obtener una correcta fermentación durante el proceso de ensilado, además de garantizar un elevado valor nutritivo, especialmente energético que permitirá altas producciones de leche y ganancias de peso.

# *Conclusiones*

## 5. Conclusiones

1. Se cuantificaron un total de 5 especies de insectos fitófagos y su mayor incidencia poblacional tanto en el caupí como en el sorgo se observó en los monocultivos.
2. Los valores máximos en la acumulación de biomasa fresca y de materia seca se lograron en los tratamientos S-2Cs y SM, con 244 g; 47 g para el caupí y 241 g; 110 g para el sorgo.
3. Con el empleo del policultivo con dos hileras de caupí y una de sorgo se obtiene mayor producción por unidad de superficie con  $UET=1.21$ , lo que hace más ventajoso este sistema.
4. Los mejores resultados en la composición bromatológica se obtuvieron en los tratamientos SM y CM, para los % de MS y FAD respectivamente.
5. El Test de ensilabilidad acorde a los valores de pH resultó más efectivo en el tratamiento SM, seguido por el S-2Cs con 3.2 y 3.7 respectivamente.

# *Recomendaciones*

## **6. Recomendaciones**

1. Incentivar a los productores a que pongan en práctica el uso del cultivo intercalado en la combinación de dos hileras de caupí y una de sorgo.
2. Utilizar el ensilaje mixto de caupí-sorgo para la obtención de un alimento balanceado, como alternativa en la alimentación animal durante el periodo poco lluvioso en la provincia de Villa Clara.

*Referencias  
bibliográficas*

## Referencias bibliográficas

- Aguirre P. 2009. Caracterización nutricional del grano de caupí *Vigna unguiculata* L. en ratas. Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Posgrados. Palmira. Colombia. 87 p.
- Aliyu B. 2007. Heritability and gene effects for incorporating pubescence into cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) from *V. rhomboidea* Burt. Davy. *Euphytica* 155 (3): 295-303.
- Altieri M.A.; Letourneau D.K. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection I*: 405-430.
- Altieri M.A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Haworth Press. New York.
- Altieri M.A.; Nicholls C.I. 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Icaria editorial, S.A. Barcelona. 247 p.
- Amador M.F.; Gleissman S.R. 1989. An ecological approach to reduce extention impactsthrough the use of intercropping. In: *Agroecology Ecological Studies 78*. University of California, Santa Cruz: 146-159.
- AOAC. 1995. En: Official methods of analysis of AOAC 10 th. Ed. Assoc. of Official Agricultural Chemists. Washington DC.
- Araujo V. L.; Rodriguez N. M.; Gonçalves L. C. 2002. Teores de carboidratos solúveis e ácidos orgânicos de silagens de três genótipos de sorgo colhidos em cinco diferentes momentos de colheita. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39*. Recife, PE. *Anais...* Recife, PE. Sociedade Brasileira de Zootecnia (CD-ROM).
- Betancourt M.; Caraballo A. 2000. Henificación y ensilaje: aspectos operativos y tecnológicos. Zulia, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Bianchini A. 1998. Pragas e seu controle. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro no Paraná. *Informe da Pesquisa* (128), 62 p.
- Binder U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragüa. Tomo I. Estelí, Nicaragüa. 191 p.
- Borges A.L.C.C.1995. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação,

- 52 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- Bueno G.; Becerra J.; Pardo O.; Mojica E.; Anthal F. 2003. Ensilaje como alternativa de conservación de cultivos forrajeros en el Piedemonte Llanero. En: *Memoria día de campo. Villavicencio*. Meta, 18 p.
- Calsamiglia S.; Ferret A.; Bach A. 2004. Ensilado de sorgo. Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, 70 p.
- Cárdenas C. 2012. Efecto del intercalamiento de Soya (*Glycine max* (L.) Merrill.) y Ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) en el cultivo de la Calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.). Tesis en opción al Título Académico de Master en Agricultura Sostenible, UCLV, Santa Clara.
- Cargill. 2008. Manual Técnico del cultivo del sorgo. En sitio web: [http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropacuarios/agricolas/semillas\\_hibridas/cargill/manual/sorgo/manualsorgocargill00.htm](http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropacuarios/agricolas/semillas_hibridas/cargill/manual/sorgo/manualsorgocargill00.htm) Consultado: 17-11-2013.
- Carvalho A. F. U.; de Sousa N. M.; Farias D. F.; da Rocha-Bezerra L. C. B., da Silva R. M. P.; Viana MnP. 2012. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. *J. Food Compos Anal.*
- Casanova A. 1995. Experiencia en la producción de hortalizas en condiciones de organopónicos. En: Taller Regional sobre producción intensiva de hortalizas en los trópicos húmedos (21-24 nov: La Habana). Memorias. Roma: FAO: 68-74.
- Chessa A. 2007. La calidad del sorgo como alimento animal. *Marca Líquida Agropecuaria*, 17 (169): 65-68.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. CIAT, Cali, Colombia. Guía de estudio, 26 p.
- Colombatto D.; Mould F. L.; Bhat M. K.; Morgavi D. P.; Beauchemin K. A.; Owen E. 2003. Influence of Fibrolytic Enzymes on the Hydrolysis and Fermentation of Pure Cellulose and Xylan by Mixed Ruminant Microorganisms In Vitro. *J. Animal Science*, 81: 1040.

- Dalben M. I.; Silvia La M. P. R. F. 1990. Secuencia y época de establecimiento de girasol y yuca en sistemas consorciados. *Resúmenes sobre yuca*, 18 (1): 40.
- del Pino M. A.; Terry E. 1998. Los Policultivos como modificadores del clima. *Agricultura Orgánica*, 2: 8–19.
- Dube D. M. J. 2005. The role of high quality dry season forage from mixed crop silage in the smallholder dairy sector of Zimbabwe: a Dairy Development Programme perspective. In: *Proc. Workshop on Forage conservation for dry season feeding of livestock in Sub-Saharan Africa*. Rockefeller Foundation. University of Zimbabwe, Harare.
- Flores Jorgelina. 2013. Alternativas De Conservación De Forraje Para La Pequeña Empresa Familiar. En: Diario Mercedes. Noticias Publicadas.
- Fry G. 1995. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. IN: *Ecology and integrated farming systems*. D.M. Glen *et al.* Eds. J. Wiley & Sons, Bristol UK.
- Funes-Monzote F.R. 2009. Funes-Monzote, F.R. 2009. Holistic Studies on Agroecosystems: The Crop-Livestock Integration with Agroecological Bases. VI Congreso Brasileiro de Agroecología. II Congreso Latinoamericano de Agroecología., 9-12 noviembre, Curitiba-PR/Brasil. *Revista Brasileira de Agroecología*, 5225-5229.
- García L.R. 2003. Conferencias de ganado lechero, Tabasco, México.
- Gamboa J. 1994. Labranza, secuencia de cultivos y manejo de malezas como alternativas para la implementación de una agricultura sostenible en el trópico de Centro América. Tesis en opción al título de Dr. en Ciencias Agrícolas, Universidad de Leipzig, 130 p.
- Giorda L.M.; Ortiz D. 2012. Efecto del gen BMR sobre la producción y calidad de sorgo para silaje. En: *II Simposio Nacional de Sorgo*. Sociedad Rural de Pergamino, Buenos Aires (AR), Argentina. 4 p.
- González J.; Benavides J.; Rómulo M.; Esperance M. 2002. Evaluación de la calidad nutricional de la morera (*Morus sp.*) ensilada, con bovinos de engorde. Tesis Posgrado, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- González Z.; Pérez E. 2002. Evaluation of lentil starches modified by microwave irradiation and extrusion cooking. *Food Research International*, 35: 415-420.
- Guevara G.; Guevara R.; Curbelo L.; González R.; Pedraza R.; Martínez S.; Estévez J. 2012. Factores fundamentales de sostenibilidad de los sistemas de producción lechera en fincas comerciales con bajos insumos. Informe proyecto CITMA.
- Gutiérrez-Martínez A.; Aguilar C.E.; Galdamez- Galdamez J.; Mendoza-Pérez S.; Martínez F.B. 2008. Uso de los sistemas de policultivos en el manejo ecológico de plagas. En: *II Seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos. Sostenibilidad e indicadores*. Almeria, 14-15 julio.
- Guzmán Ysabel; Fonseca Y. 2013. Ensilaje para la alimentación de bovinos en Venezuela. *Rev. prod. anim.* 25 (1): 20-24.
- Heich, O. 1998. Plagas Agrícolas. Maíz, 230 p.
- Hernández Loracnis; Pino María de los A.; Varela M. 2010. Experimentación campesina endógena asociada a la agricultura urbana de las provincias Ciudad de la Habana y La Habana. *Cultivos Tropicales*, 2 (31): 5-11.
- Hohmann C.; Souza Sueli. 2000. Pragas e seu controle. *Informe da Pesquisa* (135): 88.
- Jiménez M. E. S. 1999. Seasonal occurrence and species composition of insect pest on cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walpers. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. University of Arkansas. USA. 49 p.
- Khan Z.R.; Pickett J.A.; van Der Berg J.; Woodcock C.M. 2000. Exploiting chemical ecology and species diversity: stemborer and Striga control for maize in Africa. *Pest Management Science*, 56:1-6.
- Leyva A. 1995. Sistemas de cultivos múltiples en caña de azúcar. En: *MINAG-IIHLD-ACAO. Y. Curso Taller "Sistemas de cultivos múltiples"*. La Habana: (s.n.). Pp. 9-12.
- Lima-Orozco R.; Díaz-Casas R.F.; Castro-Alegría A.; Hoedtke S.; Fievez V. 2011. Multifactorial models to assess responses to sorghum proportion, molasses and bacterial inoculant on in vitro quality of sorghum-soybean silages. *Animal Feed Science and Technology* 164, 161-173.
- Mangado J. M.; Urdaniz J. P. 2010. EL Sorgo. Un cultivo forrajero de verano para la Navarra Atlántica. Pp. 60-64.

- Martin J. 2011. El cultivo del sorgo (*Sorghum vulgare*) como una alternativa medicinal y alimenticia para los seres humanos. Ministerio del poder popular para la educación superior Universidad Bolivariana de Venezuela.
- Martínez E.; Barrios G.; Rovesti L.; Santos R. 2007. Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Impresión Grup Bou, Tarragona, España.
- Mead R.; Willey R. W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. *Exp. Agric.*, 16: 217-228.
- Méndez-Natera J.F. 2002. Relación entre el peso seco total y los caracteres vegetativos y la nodulación de plantas de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 2 (1): 46-53.
- Moda Vania. 2006. Desafios ao controle de pragas na cultura do feijoeiro: desafios na região sul. 2006. En sitio web: [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/DesafiosSul/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/DesafiosSul/Index.htm) Consultado:17-11-2013.
- Mojena M.; Cruz O. 1998. Las asociaciones de cultivos: Contribución a la sostenibilidad ecológica, económica y social. *Agricultura Orgánica* 2 (4): 15-17.
- Muhlbach P. (2000). Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Memorias de la conferencia de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos, 1-15 diciembre.
- Ojeda F.; Esperance M. 2009. Producción y conservación de forrajes. En Manual de Pastos y Forrajes. ACPA.
- Oliveira S.G.; Berchielli T.T.; Pedreira M.S. 2004. Fornecimento de silagem de sorgo de alta e baixa concentração de taninos e reflexos sobre a digestibilidade em bovinos de corte. In: *Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, 41. Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS. Sociedade Brasileira de Zootecnia (CD-ROM).
- Pérez A.; Saucedo O.; Iglesias J.; Wencomo Hilda B.; Reyes F.; Oquendo G.; Milián Idolkys. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*, 33 (1): 459-463.
- Peters M.; Franco L.; Oberthür T. 2006. Caupí (*Vigna unguiculata*) una leguminosa multipropósito. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Proyecto Forrajes Tropicales.

- Peters M.; Franco L. H.; Schmidt A.; Hincapié B. 2011. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del trópico americano. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ); Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Publicación CIAT (374). 212 p.
- Quintero E.; Gil V.; García J. C.; Rodríguez Valdés Gudelia; Fernández Pérez Lourdes. 2010. Potencialidades del caupí para la rápida compensación de pérdidas de la producción de frijol por desastres naturales. *Revista Centro Agrícola*, 37 (3): 5-9.
- Reiber C.; Cruz H.; Peters P.; Franco L. H.; Lascano C.; Ávila P.; Schmidt A.; Burgos C.; Mena M.; Lentés P. 2006. El ensilaje. Alternativa para conservar forrajes (plegable). Colombia: CIAT.
- Romain R. 2001. Crop Production in Tropical África. Directory General for International Cooperation. Ministry of Foreign Affairs. External Trade and International Cooperation. Brussels, Belgium.
- Rubens I.; Tabosa Luzia Nilda; Corrêa Maria; Marques Luciana; Sêrgio M. 2006. Pragas e inimigos naturais presentes nas plantas de feijão – caupi e milho- verde em cultivo consorciado e com sistema orgânico de produção. *Circular Técnica* (40): 6.
- Sánchez L. 2004. Nuevas estrategias para conservación de forrajes en el trópico. *Primera reunión de la red temática de recursos forrajeros CORPOICA*, junio, Tibaitatá, Mosquera.
- Sánchez L.; García G. 2003. Mejoramiento de la competitividad de los sistemas de producción de caña panelera del occidente de Cundinamarca mediante la integración de fuentes proteicas alternativas en producciones complementarias de bovinos y porcinos. Informe convenio PRONATTA-CORPOICA.
- 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.
- Sosa J.; Cortés I.; Beltrán J. L. 2005. Alternativas Nutricionales para la Época Seca (ANES). Serie divulgativa. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentaria (FAO), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Agencia

- Española de Cooperación Internacional (AECI), Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA). Pp. 1-15.
- Souza J. 1996. Plaguicidas: su efecto en el medio ambiente y alternativas de cambio. Agroecología. Ediciones Cetaar. 8 p.
- Torres Julieta. 2009. Caupi, una opción para reemplazar la soya. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Centro Virtual de Noticias (CVN). Ministerio de Educación Nacional.
- Valenciaga Nurys; Mora C. 2002. Estudio de la población de insectos en un área de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit con diferentes combinaciones de plantas arbóreas en condiciones de pasto-reo”, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36 (3): 303.
- Van Soest P. J.; Roberttson J. B.; Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74 (10): 3583-3597.
- Vanderlip R. L.; Reeves H. E. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Agron. J.*, 64: 13–16.
- Vandermeer J.H. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, MA. 237 p.
- Vandermeer J. 1995. Los policultivos. La teoría y equivalencia de su factibilidad. Departament of biology University of Michigan and Arbour, Michigan 48109.
- Viana A.C.; Ribas P.M.; Miranda J.E.C. 2001. Manejo cultural do sorgo forrageiro. In: Cruz J.C.; Pereira Filho I.A.; Rodrigues J.A.S. *et al.* 2001. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. *Embrapa Milho e Sorgo Sete Lagoas, MG*: 263-287.
- Vázquez Edith; S. Torres. 2006. Fisiología Vegetal 2da parte. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana.
- Weber G.; Socorro F.; Fischler M.; Obando M.; Sosa H.; Rodríguez R. 2012. Cultivos intercalados; cobertura viva con Canavalia.
- Zaffaroni E.; Vasconcelos M.; López B. 1991. Evaluation of intercropping cassava / beans (*Phaseolus vulgaris* L.) In: Northeast Brazil. *Agronomy & crop science* 167: 207 - 212.

*Anexos*

## Anexos

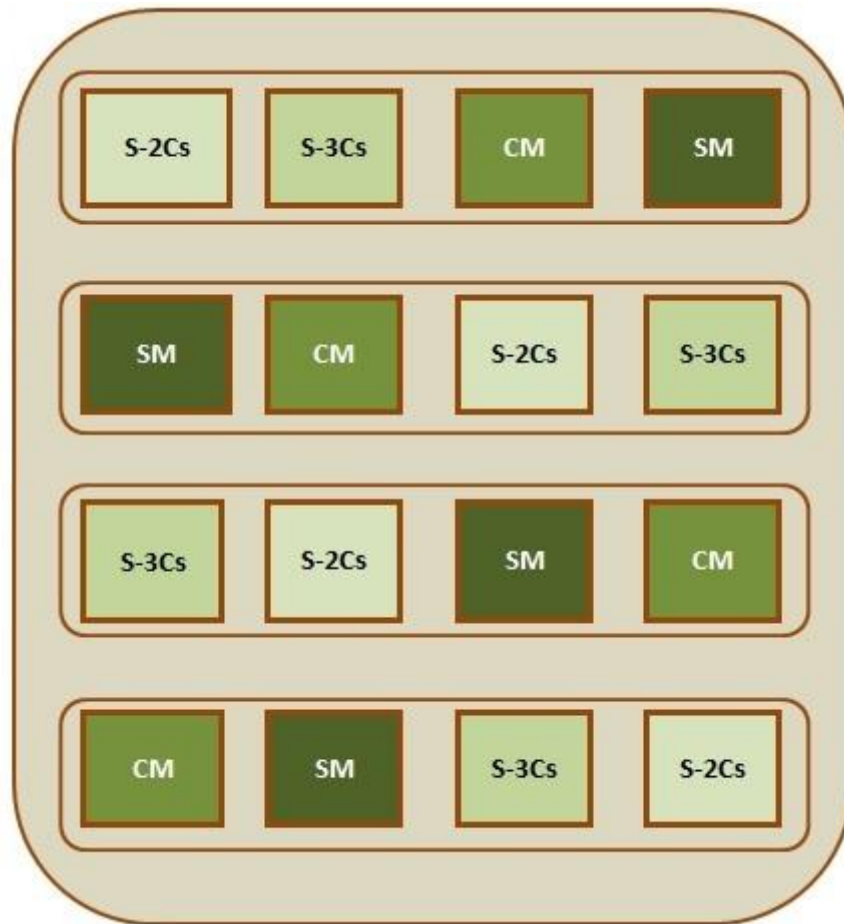
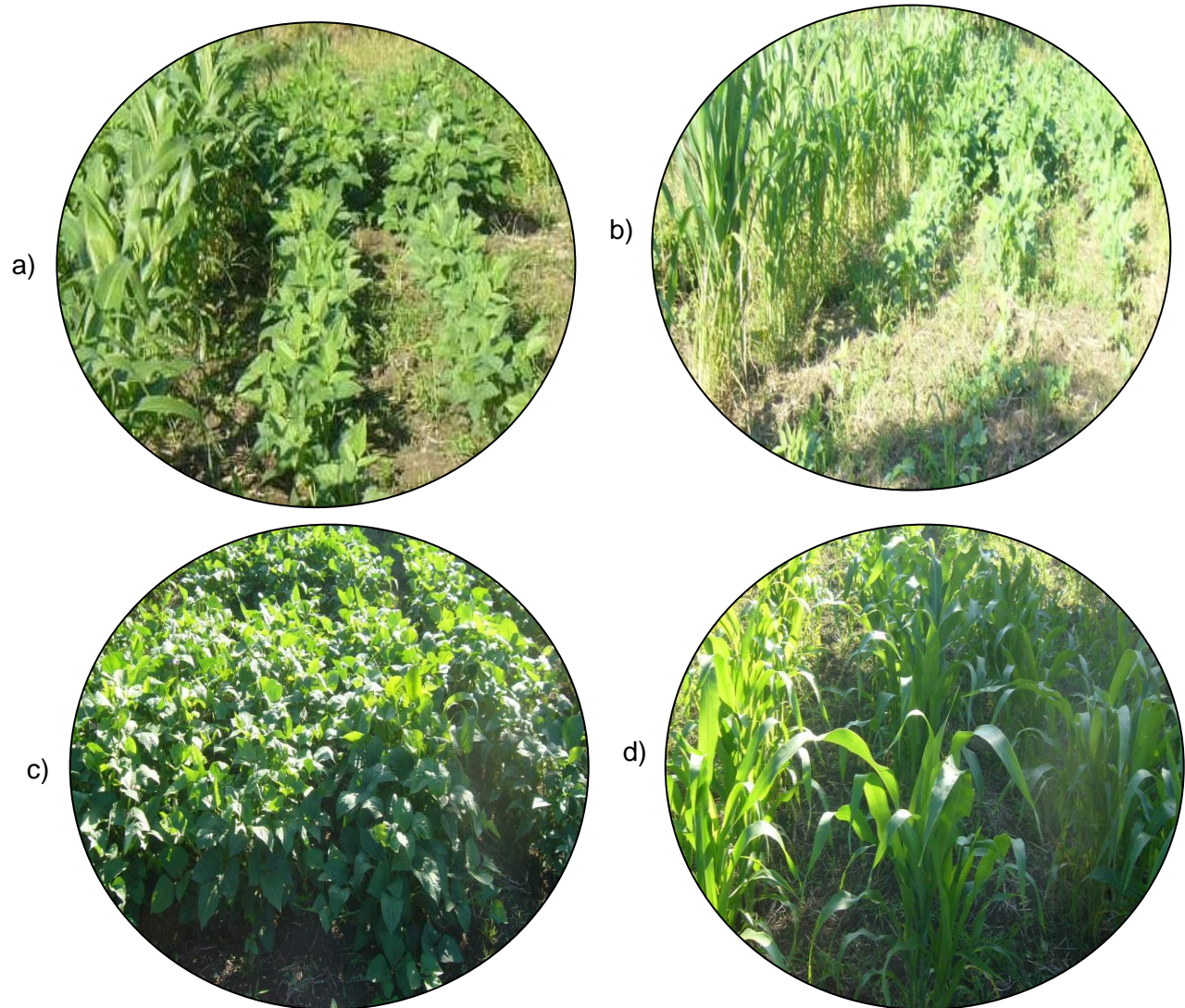
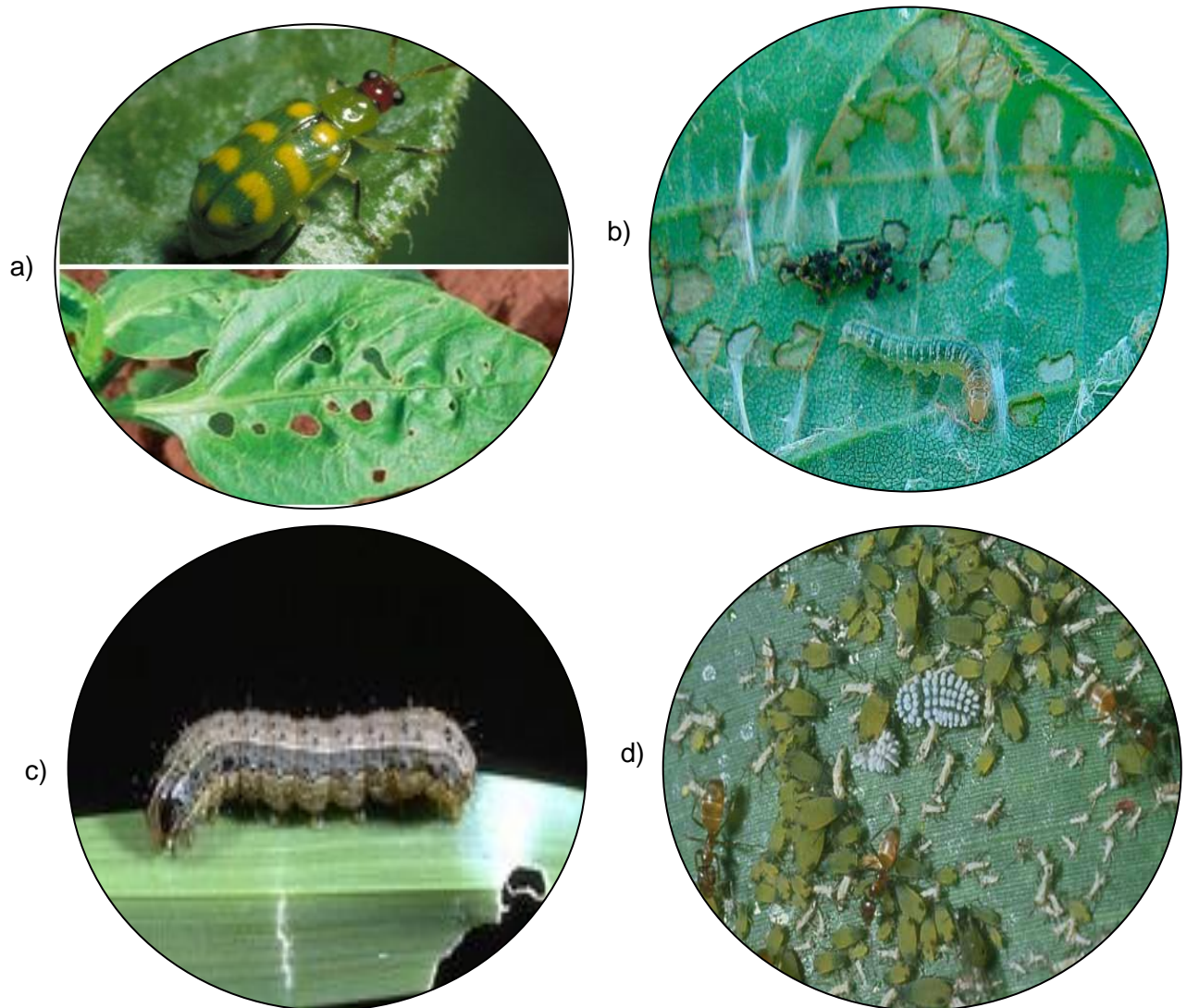


Figura 6. Diseño experimental de bloques al azar



**Figura 7. Tratamientos utilizados en la investigación**

- a) Una hilera de sorgo + Dos hileras de caupí
- b) Una hilera de sorgo + Tres hileras de caupí
- c) Caupí monocultivo
- d) Sorgo monocultivo



**Figura 8. Principales especies de insectos plagas relacionadas en el caupí y el sorgo**

- a) *Diabrotica balteata* Leconte (Coleoptera; Crysomellidae)
- b) *Hedylepta indicata* Fab. (Lepidoptera; Pyralidae)
- c) *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera; Noctuidae)
- d) *Rophalosiphum maidis* (Fitch) (Heteroptera; Aphididae)