

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FCA**  
Facultad de  
Ciencias Agropecuarias

Departamento Agronomía

## TRABAJO DE DIPLOMA

Sostenibilidad del cultivo del frijol común  
(*Phaseolus vulgaris* L.) en la Finca "San José"

Autor. Jasiel Hernández Pérez  
Tutor. Dr. C. Manuel Díaz Castellanos

Santa Clara, 2019  
Copyright©UCLV

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FCA**  
Facultad de  
Ciencias Agropecuarias

Agronomic Department

## DIPLOMA THESIS

Sustainability of common bean cultivation  
(*Phaseolus vulgaris* L.) in the "San José" Farm

Author: Jasiel Hernández Pérez

Thesis director: Dr. C. Manuel Díaz Castellanos

Santa Clara 2019  
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830  
Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

## ***Pensamiento***

*Hay suficiente en el mundo para las necesidades del hombre, pero no para su avaricia*

*Mahatma Gandhi*

## ***Dedicatoria***

-  *A mis padres Maira y Juan Miguel por brindarme apoyo incondicional en todo momento*
-  *A mi novia Gaby por estar siempre a mi lado, por su comprensión y su apoyo*
-  *A mi hermano Javier por ser mi aliado incondicional*
-  *A mis abuelos por sus enseñanzas*

## ***Agradecimientos***

*Quiero agradecer a todas las personas que me brindaron su ayuda durante estos cinco años y contribuyeron a la realización de este trabajo*

- + A mi mamá, que lo deja todo para ayudarme*
- + A mi papá, que me ha recordado que todo en la vida requiere sacrificio*
- + A mi tutor Dr. C. Manuel Díaz Castellanos, por su ayuda incondicional e incansable*
- + A todos mis profesores que durante estos cinco años han colaborado en mi formación como profesional*
- + A mi familia por su apoyo constante, a mi hermano, mis tíos, primos, abuelos y suegros, por contar siempre con ellos*
- + A los trabajadores de la finca “San José”, en especial a Guillermo por su paciencia y enseñanzas*
- + A todos mis compañeros de aula, en especial a Samuel por siempre estar dispuesto a brindarme su ayuda, a Miguel por ser mi compañero de tantos años, a Roberto, Daniel y Mercado por darme buenos consejos*

*A todos, Muchas Gracias.*

**Resumen**

La investigación se desarrolló en la Finca “San José”, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “El Vaquerito”, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, con el objetivo de evaluar la sostenibilidad del cultivo del frijol común. Se evaluaron dos dimensiones: ambiental y económica, se utilizaron entrevistas y observaciones directas, como metodologías para evaluar los indicadores de cada dimensión. En la dimensión económica se obtuvo una puntuación de 6,5 puntos, donde tuvo un resultado más desfavorable el indicador costos de mano de obra por representar el 84 % de los costos totales de producción. Se determinó además, el beneficio económico del cultivo, obteniéndose un beneficio de 13 182 pesos. En la dimensión ambiental se obtuvo una puntuación de 6,6 puntos, incidiendo en este valor la incidencia de organismos nocivos y la dependencia de insumos externos, principalmente el alto consumo de combustibles. Se determinó la eficiencia energética del cultivo utilizando los equivalentes energéticos de entradas y salidas del sistema, obteniéndose que el sistema es eficiente energéticamente. El indicador que más influyó en la carga tóxica contaminante del cultivo fue la aplicación de fertilizantes, ya que el resto de los productos fueron suministrados en pequeñas dosis. Los resultados de la evaluación demostraron que de forma general existe sostenibilidad en el manejo del cultivo del frijol, a pesar de la dependencia de los insumos externos.

**Abstract**

This research was carried out at farm "San José", belonging to CCS "El Vaquerito", Santa Clara, Villa Clara, with the objective of evaluating the sustainability of common bean cultivation. Two dimensions were evaluated: environmental and economic, interviews and direct observations were used as methodologies to evaluate the indicators of each dimension. In the economic dimension, a score of 6.5 points was obtained, where labor costs had a more unfavorable result because they represented 84% of total production costs. The economic benefit of the crop was also determined, obtaining a benefit of \$ 13 182. In the environmental dimension, a score of 6.6 points was obtained, with the impact on this value of the incidence of harmful organisms and dependence on external inputs, mainly high fuel consumption. The energy efficiency of the crop was determined using the energy equivalents of inputs and outputs of the system, making the system energy efficient. The indicator that most influenced the polluting toxic load of the crop was the application of fertilizers, since the rest of the products were supplied in small doses. The results of the evaluation showed that in general there is sustainability in the management of the bean crop, despite dependence on external inputs.

## Contenido

1. Introducción .....	1
2. Revisión bibliográfica .....	4
<b>2.1. Sostenibilidad</b> .....	4
<b>2.1.1 Concepto de Sostenibilidad</b> .....	4
<b>2.1.2. Requisitos de sostenibilidad</b> .....	4
<b>2.1.3. Indicadores de sustentabilidad</b> .....	5
<b>2.1.4 Evaluación de la sostenibilidad del cultivo del frijol común</b> .....	9
<b>2.2. El cultivo del frijol común</b> .....	9
<b>2.2.1. Generalidades del Frijol Común</b> .....	9
<b>2.2.2 Características del cultivo</b> .....	12
<b>2.2.3 Época de siembra</b> .....	13
<b>2.2.4 Fenología</b> .....	13
<b>2.2.5 Atenciones culturales</b> .....	15
<b>2.2.6. Rendimiento y sus componentes</b> .....	17
<b>2.2.7 Métodos de control</b> .....	20
3. Materiales y Métodos .....	22
<b>3.1. Dimensión económica</b> .....	22
<b>3.2. Dimensión ambiental</b> .....	24
<b>3.2.1. Carga tóxica</b> .....	26
<b>3.2.2. Eficiencia energética del cultivo</b> .....	27
4. Resultados y discusión .....	28
<b>4.1. Dimensión económica</b> .....	28
<b>4.1.1. Beneficio económico del cultivo</b> .....	29
<b>4.2 Dimensión ambiental</b> .....	30
<b>4.2.1. Carga Tóxica Contaminante</b> .....	34
<b>4.2.2. Eficiencia energética del cultivo</b> .....	35
<b>Resumen de las dimensiones</b> .....	41
5. Conclusiones:.....	43
6. Recomendaciones:.....	44
7. Referencias Bibliográficas	

### **1. Introducción**

La sostenibilidad agropecuaria se considera como un reto para la agricultura moderna, porque satisface la demanda de alimentos a nivel mundial en equilibrio con el cuidado y conservación del medio ambiente y la calidad de vida de los productores agrícolas. En la medida que la agricultura avanza impacta negativamente el medio ambiente y la sociedad rural. La utilización de tecnologías como el mejoramiento genético, la mecanización y el desarrollo de agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas del suelo ha generado el agotamiento de reservas de nutrientes, salinización, alcalinización y polución de los sistemas de agua, pérdida de agro biodiversidad y recursos genéticos, eliminación de enemigos naturales, resistencia genética a los plaguicidas y destrucción de los mecanismos de control natural (Funes *et al.*, 2001).

La sostenibilidad se ha convertido en los últimos años en un aspecto fundamental de muchas de las actividades humanas y la agricultura no está exenta de ello. La agroecología resurge como un modelo que pretende ser sostenible y económicamente viable. Se trata por tanto, de un sistema que busca la adaptación de la actividad agrícola a los ecosistemas, teniendo en cuenta que, aun siendo una actividad que va a afectarlos, pueda establecer formas de minimizar dicho impacto y, generar un nivel de producción (Aguilar *et al.*, 2011).

En la actualidad resulta de gran importancia investigar y encontrar variantes que permitan el desarrollo de una agricultura sostenible y menos contaminante del medio ambiente. Uno de los retos fundamentales del sector agropecuario es producir a partir de un uso racional de los recursos naturales, combinando criterios económicos, de equidad y respeto ambiental. Para ello se debe promover un modelo de desarrollo centrado en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de vida humana, sin agotar la capacidad de carga de los ecosistemas, de manera que los beneficios de la naturaleza y la sociedad alcancen no sólo para las generaciones presentes, sino para las venideras (Araya *et al.*, 1995; Serageldin, 1996).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es, entre las leguminosas de granos alimenticios, la especie más importante (FAO, 1995). Actualmente se encuentra distribuido en los cinco continentes y es un componente esencial de la dieta, especialmente en Centroamérica y Sudamérica. Esta leguminosa es muy rica en proteínas, fibras naturales y otros elementos, y es un buen complemento de los cereales y otras fuentes principales de carbohidratos. En Cuba se destaca por su importancia agrícola y social, teniendo un peso fundamental en los hábitos alimentarios de la población.

La producción de frijol es afectada por muchos factores agronómicos como son la fertilidad del suelo, suelos con inadecuadas condiciones físicas, la presencia de plagas y enfermedades, deficiente calidad de la semilla y su conservación, condiciones climáticas adversas (MINAGRI, 2006). En Cuba el descenso de los rendimientos de este grano se origina fundamentalmente por el déficit nutricional de las plantas, es un cultivo no tolerante al exceso de humedad, necesita una distribución adecuada del agua por lo que el riego debe estar en función del tipo de suelo y la época de siembra, el exceso de las lluvias puede destruir las plantas por asfixia, producir pudrición en las raíces y aumentar el ataque de enfermedades y las altas temperaturas pueden limitar severamente la producción de esta leguminosa. El período de siembra del frijol común se enmarca desde el mes de septiembre y se extiende hasta febrero, sin embargo se divide en tres etapas de siembra que se diferencian por el comportamiento de los factores climáticos, incidencia de plagas y enfermedades, así como de las variedades (Quintero, 2002). Este mismo autor enmarca las siembras tempranas entre los meses de septiembre y octubre, las intermedias entre noviembre y diciembre y las tardías de enero y febrero, haciendo referencia a la interacción entre las variedades con la época de siembra, las localidades y otros aspectos ambientales físicos y biológicos.

El frijol común en Cuba se cultiva a lo largo y ancho del país, alcanzándose en el año 2017 rendimientos en todo el país de 1,12 t ha<sup>-1</sup>. Se destacan las provincias de Villa Clara, Holguín y La Habana. En la provincia de Villa Clara en el año 2017

se sembraron un total de 9 369,4 ha del cultivo, alcanzándose un rendimiento promedio de 1,3 t ha<sup>-1</sup> y una producción total de 14 060,3 t (ONEI, 2017).

Por lo expuesto anteriormente se propone la siguiente hipótesis

Si evaluamos la sostenibilidad del cultivo del frijol común en la Finca “San José”, entonces se podrá hacer un uso más racional de los recursos en el cultivo.

Para comprobar la hipótesis fueron propuestos los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar la sostenibilidad del cultivo del frijol común en la Finca “San José”.

### **Objetivos específicos:**

1. Determinar la sostenibilidad económica del cultivo del frijol común en la unidad de producción.
2. Determinar la sostenibilidad ambiental del cultivo del frijol común en la finca.
3. Determinar la eficiencia energética del cultivo del frijol común en la unidad de producción.

## **2. Revisión bibliográfica**

### **2.1. Sostenibilidad**

#### **2.1.1 Concepto de Sostenibilidad**

Se identifica como punto de partida para la definición de sostenibilidad el informe de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo, “Nuestro futuro común”. La Comisión definió desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (WCED 1987). Posteriormente se han propuesto otras muchas definiciones, pero se mantiene la idea de sostener el bienestar de los seres humanos a través del tiempo.

Por otra parte la FAO (Bie *et al.*, 2001) define el desarrollo sostenible como “el manejo y conservación de la base de recursos naturales, y la orientación de los cambios tecnológicos e institucionales, de manera que garantice la satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras, ahora y en el futuro. Este desarrollo sustentable (en los sectores de la agricultura, la silvicultura y la pesca) conserva los recursos de la tierra el agua, plantas y animales, no degrada el medio ambiente, técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable”.

El desarrollo agrícola involucra la administración de varios recursos adicionales y afecta aspectos de la vida social humana que van mucho más allá del mero aumento de la producción (Gliessman, 2007; Toledo, 2007). En la última década el concepto de sostenibilidad, se ha establecido como epicentro para el diseño y evaluación de sistemas de manejos de recursos naturales y el desarrollo de nuevas tecnologías (Astier y Masera, 2008).

#### **2.1.2. Requisitos de sostenibilidad**

La sostenibilidad tiene tres pilares básicos: el ambiental, el social y el económico. Respecto a los requisitos de la sostenibilidad existen algunos aspectos que van a tener un peso importante al valorar la sostenibilidad y que no suelen incluirse en la “contabilidad”, como son los costes ocultos o externalidades y las leyes de

rendimientos decrecientes o economía de los costes marginales (Riechmann, 2003).

En lo que se refiere a la sostenibilidad ambiental, Riechmann (2003) indica que para conseguirla se han de respetar las siguientes reglas o criterios operativos:

- Reducir a cero las intervenciones acumulativas y los daños irreversibles.
- Las tasas de recolección de los recursos renovables deben ser iguales a las tasas de regeneración de estos recursos.
- La tasa de vaciado de los recursos no renovables debe ser igual a la tasa de creación de recursos renovables.
- Las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a la capacidad natural de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos (lo cual implica emisión cero de residuos no biodegradables).

Han de favorecerse las tecnologías que aumenten la productividad de los recursos frente a las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos. El cambio tecnológico ha de promover la sustitución de recursos no renovables por renovables en la línea de una “estrategia solar” (Riechmann, 2003).

### **2.1.3. Indicadores de sustentabilidad**

El desarrollo agrícola involucra la administración de varios recursos adicionales al cultivo y afecta aspectos de la vida social humana que van mucho más allá del aumento de la producción (Gliessman, 2007; Toledo, 2007). Es por esta razón que la generación de propuestas de desarrollo agrícola sustentable no debe omitir la interrelación que existe en las tres áreas fundamentales que afectan tal desarrollo (Figura 1) (Toledo, 2007). Las propuestas de manejo agroecológico parten del reconocimiento de estas interrelaciones y consideran además criterios sistémicos de manejo, como única forma de abordar el problema multidimensional de la agricultura.

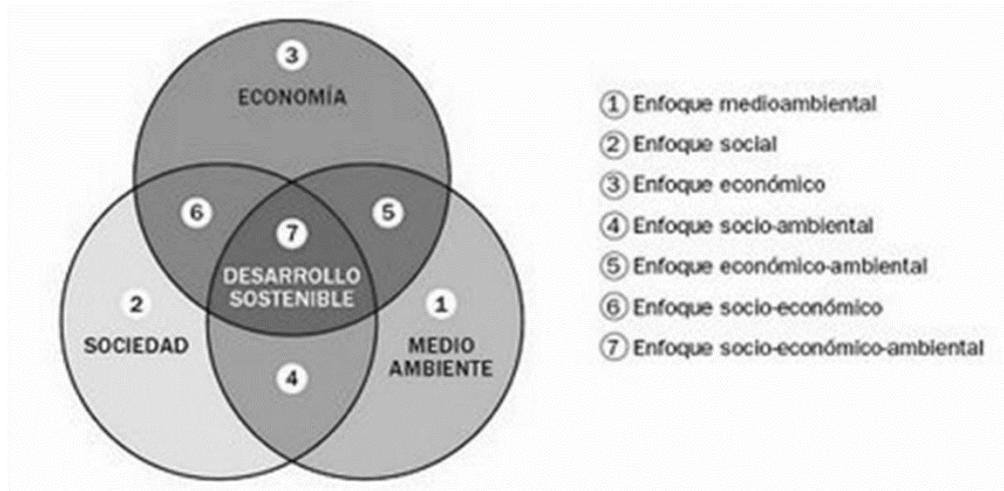


Figura 1. Ejes o dimensiones fundamentales del desarrollo sustentable

Una manera de diagnosticar el estado del sistema agrícola es la construcción de indicadores de sustentabilidad. Estos indicadores permiten conocer de manera particularizada, las necesidades de manejo de cada sistema, con miras a mantener o mejorar la productividad, reducir riesgos e incertidumbre, aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos, proteger la base de recursos y prevenir la degradación de suelos, agua y biodiversidad, sin disminuir la viabilidad económica del sistema (Galván, 2006).

Los indicadores son, por tanto, herramientas para llegar a un objetivo y guían para tomar decisiones sobre el uso de los recursos naturales, pues los indicadores económicos tradicionales proveen una versión distorsionada del progreso y deben ser complementados por medidas sociales y ambientales.

Los indicadores de sustentabilidad se construyen a través de la evaluación de agro ecosistemas reales, tomando como marco de referencia características fundamentales agroecosistemas sustentables (Astier y Masera, 2008). Estas evaluaciones se realizan a través de criterios diagnósticos que permiten construir indicadores del estado del sistema (Masera *et al.*, 1999).

La dimensión ambiental se refiere a la capacidad que tienen los agroecosistemas de ser manejados, conservados y ordenados todos sus componentes; las interacciones, así como la flexibilidad de adaptarse a nuevos niveles de equilibrio.

Evaluando los siguientes indicadores rendimiento, dependencia insumos externos e incidencia de organismos nocivos. El indicador rendimiento no es más que la producción obtenida en ese cultivo en un área determinada, la dependencia de insumos externos está relacionada con el uso de maquinarias e insumos y el último está dado por el porcentaje de plagas o enfermedades que atacan al cultivo e inciden en su bajo rendimiento.

La dimensión económica reúne todos los aspectos que tienen relación con la obtención de las producciones y su distribución, para ello se consideró la capacidad que tiene el agroecosistema de distribuir de manera justa los beneficios y los costos de producción. Para lo cual se evaluaron cuatro indicadores: ganancia económica, relación con el mercado, origen de los ingresos y mano de obra. Ganancia económica es el resultado obtenido de los ingresos menos los gastos obtenidos en el cultivo. El indicador relación con el mercado se define como la demanda de ese producto en el mercado nacional. El tercero se refiere al ingreso de la finca y el último define la utilización de mano de obra solo para la actividad.

Los indicadores representan importantes herramientas para la comunicación de información científica y técnica, ya que pueden facilitar el acceso a la misma por parte de diferentes grupos de usuarios, permitiendo transformar la información en acción (Segnestam et al., 2000). De esta forma, los indicadores no son únicamente útiles para la valoración de situaciones o decisiones, pueden desempeñar también una función activa en el mejoramiento de los procesos de formulación, más comúnmente en lo que se refiere a la elaboración de políticas y la planificación por parte de las autoridades, pero también en el diseño de proyectos y estrategias por parte de los productores. Los indicadores no solo permiten una valoración del sistema, también muestran los puntos fuertes y débiles de cada sistema de producción, facilitando así la adopción de los cambios o de las medidas correctoras más adecuadas (Simón et al. 2002).

Según Claverías (2000), los sistemas de indicadores pueden utilizarse para un amplio de posibilidades. Se pueden resumir en cuatro grandes grupos las utilidades que presentan los mismos:

- a) Modelización. Un sistema de indicadores elaborado de forma rigurosa permite el análisis de los elementos que componen un sistema, junto a los sistemas dedicados y las relaciones entre los elementos, tanto desde un punto de vista estático como dinámico, analizando la evolución de las variables.
- b) Simulación. A partir del modelo es posible utilizar los indicadores para analizar las variaciones que se producen alterando solo algunos componentes y manteniendo el resto.
- c) Seguimiento y control. Establecidos unos valores objetivos o metas, los indicadores permiten cuantificar el grado de consecución de los mismos, así como las causas que llevan a dicha situación.
- d) Predicción. Al trabajar con fenómenos que varían en el tiempo es posible, a partir de un sistema fiable de indicadores y las series históricas, aproximarse a la realidad de un futuro más o menos cercano.

Los problemas que pueden plantearse con el uso de indicadores son (Ruesga 2001):

- a) Ambigüedad en cuanto al significado del indicador o disociación entre el indicador y el fenómeno a medir.
- b) Escases de datos estadísticos.
- c) Heterogeneidad de las fuentes estadísticas.
- d) Dificultad práctica de incluir los indicadores subjetivos o de percepción.
- e) Carácter desagregado de los indicadores sociales, dado que normalmente se refieren a aspectos muy concretos y resulta necesario hacer agregaciones para ganar en significación.
- f) Problemas de la escala. En muchas ocasiones la dimensión espacial del objeto de estudio no coincide con la escala considerada para la toma de decisiones. Esta cuestión resulta un problema central entre el análisis de la interacción entre sistemas sociales y ecológicos.

g) Problemas de comparación: comparación temporal y espacial. El seguimiento de un indicador a lo largo del tiempo puede dificultarse por variaciones en la elaboración de los datos estadísticos de base, así como pérdida de representatividad del mismo. Asimismo, no siempre es posible comparar el mismo indicador entre fincas diametralmente opuestas. El desarrollo sostenible (DS) se ha propuesto como un paradigma que requiere transformaciones sociales, económicas y ambientales profundas al modelo de capitalismo neoliberal, de tal manera que conserve el capital natural para el usufructo y bienestar de las generaciones presentes y futuras.

#### **2.1.4 Evaluación de la sostenibilidad del cultivo del frijol común**

Cuba cuenta con información de diversas investigaciones realizadas bajo principios agroecológicos. Dichas dinámicas han incentivado el desarrollo de investigaciones orientadas a la elaboración de metodologías de estudio para un mayor acercamiento al desarrollo sostenible (Pérez, 2003; Leyva y Pohlan, 2005). En la provincia de Villa Clara se han desarrollado diversas investigaciones sobre la evaluación de la sostenibilidad del cultivo del frijol común, observándose que por lo general el indicador que más influye en la dimensión ambiental es la dependencia de insumos externos. En estas investigaciones la eficiencia energética presenta valores favorables, siendo el indicador de más consumo energético el empleo de la maquinaria (Martínez, 2013); (Hernández, 2018).

### **2.2. El cultivo del frijol común**

#### **2.2.1. Generalidades del Frijol Común**

El fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las especies más antiguas e importantes en el mundo pues forma parte del grupo de plantas en las cuales la humanidad encuentra la principal fuente de proteína para su alimentación. El género *Phaseolus* agrupa a multitudes de especies, de las que solo cinco (*Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus polianthus* y *Phaseolus vulgaris*) han sido domesticadas. Solo *P. vulgaris* ocupa más del 85 % de la superficie mundial dedicada este cultivo (Lamz *et al.*, 2018)

### **2.2.1.1 Origen y Diversidad**

Hallazgos arqueológicos indican que El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se conocía por lo menos 5 000 años antes de la era cristiana. Se trata de una especie originaria de la región mesoamericana (México, América Central) pero con un importante centro de dispersión en Perú, Ecuador y Bolivia. *P. vulgaris* fue llevada de América a Europa por los españoles en el siglo XVI. Está muy distribuida en distintas partes del trópico, subtropical y regiones templadas, siendo la legumbre más importante en Latino América y parte de África. La Península Ibérica puede ser considerada como un centro secundario de diversificación de esta especie, ya que han sido cultivadas en distintos agroecosistemas (Pinheiro *et al.*, 2007).

Sesenta años después del descubrimiento de América en 1492, el frijol era ampliamente cultivado en el occidente de Europa. De allí se distribuyó al resto de Europa, Irán, India, Oriente Medio y a otros lugares de Asia y África. Las culturas precolombinas presentes en América del Sur cultivaban frijoles de frutos y granos grandes.

En el continente americano los frijoles negros y de granos pequeños probablemente tengan un origen común, pues se distribuyeron siguiendo la ruta comercial de los indios Caribes que transportaban mercaderías en canoas desde Guatemala o desde la Península de Yucatán hasta las Antillas, y de allí a la costa Noreste de Sur América para extenderse luego hacia el Brasil.

De acuerdo al proceso de domesticación múltiple e independiente que sufrió el cultivo del frijol, los patrones de consumo actuales en cuanto al tamaño y color del grano, varían entre los países de América Latina. Así, en México, Colombia, Ecuador, Perú, y Chile los de mayor demanda son los granos grande, lo contrario sucede en los países Centroamericanos, Brasil y Venezuela que los prefieren pequeños. En cuanto al color del grano, Venezuela y Guatemala son los únicos países que consumen, casi exclusivamente, caraotas de grano negro, mientras que en otros países los prefieren de otros colores como: rojos (Colombia, Belice, Costa Rica, El Salvador, México, Panamá); crema (Chile, Colombia, México);

blanco (Chile, México, Perú) y diversos colores como pardo, morado claro, amarillo en otros países (Mora, 1997).

Este cultivo se encuentra distribuido por toda Cuba, es un producto de alta demanda por su hábito de consumo y necesidades nutritivas y porque constituye la principal fuente proteica de origen vegetal al alcance de la mayoría de la población cubana (Quintero, 2005).

### **2.2.1.2 Distribución e importancia**

El frijol común es la leguminosa más consumida en el mundo donde se producen en la actualidad alrededor de 18 millones de toneladas anualmente en ambientes tan diversos como América Latina, norte y centro de África, China EUA, Europa y Canadá. Dentro de estos, América Latina es el mayor productor y consumidor liderado por Brasil, México y Centroamérica y el Caribe (FAO, 2005).

Desde el punto de vista nutricional, el frijol es una fuente de calorías, proteínas, fibras dietéticas, minerales y vitaminas, tanto en países desarrollados como en subdesarrollados (Quintero, 2002). El frijol complementa, con su alto contenido proteico, a los cereales y a otros alimentos ricos en carbohidratos pero pobres en proteínas, proporcionando así una nutrición adecuada. Por ejemplo, se señala que el contenido de proteínas en las semillas secas de frijoles oscila entre 12 y 25 %, proporciones que son significativamente favorables en comparación con los niveles de proteínas de los cereales que sólo contienen entre 5 y 14 %. Según Puentes (1994), el frijol contiene tantas calorías por unidad de peso fresco como los granos cereales, la leche desnatada y la soya y casi el doble que la carne, el pescado y los huevos. Con base en peso fresco igual, el contenido de proteínas del frijol común es superado solamente por la soya y la leche desnatada en polvo y es más del doble que el de grano cereal.

### **2.2.1.3 Sistemática del frijol**

Según Socorro y Martín (1989) y Carravedo y Mallor (2008) la posición jerárquica de la familia de las leguminosas (también denominadas fabáceas) es la siguiente:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Subclase: *Rosidae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

### **2.2.2 Características del cultivo**

El frijol es una planta herbácea de carácter anual, de tamaño y hábito variables, ya que hay variedades que son de guía o trepadoras, y otras en forma de arbusto pequeño (Socorro y Martín, 1989).

El sistema radical está compuesto por una raíz principal, así como por un gran número de raíces secundarias. El tallo es de una altura variable, según sea de tipo determinado o indeterminado. Se les llama determinado cuando alcanzan poca altura (20–60 cm.) y presentan en su extremo una inflorescencia mientras que los indeterminados pueden llegar a medir de (2–10 m) de longitud y no presentan inflorescencia en su yema terminal. Las hojas son alternas, compuestas por tres folíolos (dos laterales y uno terminal o central). Los folíolos son grandes, ovalados y con extremos acuminado o en forma de punta. Posee un nervio central y un sistema de nervaduras ramificadas en toda el área del limbo foliar. El color va desde el verde amarillento hasta el verde violáceo. Las inflorescencia es en racimos que pueden ser: terminales y axilares, que están presentes tanto en las variedades de crecimiento determinado como indeterminado. Las flores presentan cinco pétalos desiguales: un estandarte, dos fusionados que conforman la quilla y dos "alas". La flor es simétrica y puede ser de colores variados: blanco, rosa, amarillo, violeta, en dependencia de la variedad.

Los granos del frijol son generalmente de forma reniforme, aunque también pueden ser redondos, ovoides, elípticos, pequeños casi cuadrados, alargados ovoideos, alargados, ovoides en un extremo e inclinado en el otro, alargado casi

cuadrado, arriñonado, recto en el lado del hilo, arriñonados, curvo en el lado opuesto al hilo. El color de estas es variado pudiendo ser uniforme (negro, rojo, blanco, etc.), las que presentan dos colores y hasta tres (Jaspeados) (Socorro y Martín, 1989).

### **2.2.3 Época de siembra**

Para su normal desarrollo, el frijol necesita que su ciclo vital trascorra en un período con temperaturas moderadas, suficientes pero no excesivas lluvias durante la fase vegetativa y parte de la reproductiva, un período seco durante la fase de la maduración y cosecha del grano y que la humedad del aire no permanezca con valores superiores a 80 - 85 % por varios días consecutivos durante su período vegetativo, ya que se pueden presentar enfermedades fúngicas o bacterianas capaces de destruir la cosecha, o al menos, disminuir los rendimientos. En Cuba el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 2007) establece el período de siembra entre el 10 de septiembre y el 15 de enero, donde se cuente con regadío, siendo dividido el periodo de siembra en tres épocas: Temprana (septiembre-octubre), Intermedia (noviembre-diciembre) y Tardía (enero-febrero)

En experimentos realizados por Quintero *et al.* (2005) con un grupo de variedades en diferentes épocas de siembra se refleja que, disponiendo de riego adecuado, se obtienen los mayores rendimientos cuando la siembra se realiza en noviembre y diciembre (época intermedia). La siembra temprana (septiembre y octubre) aporta rendimientos inferiores a la intermedia debido, fundamentalmente, a la pérdida de plantas por exceso de humedad del suelo y a la mayor incidencia de enfermedades. En las siembras tardías (enero y febrero) los rendimientos también decrecen. En este caso los principales factores que influyen son la incidencia de roya (*Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint var. *typica* Arth) y la elevación de la temperatura en la fase reproductiva de la planta, lo que impide los procesos de fecundación y retención de las legumbres.

### **2.2.4 Fenología**

Durante el desarrollo de la planta de frijol ocurren cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las fases o etapas por las que

transita el cultivo desde siembra a cosecha. El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas principales:

**La fase vegetativa** se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales; en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción.

**La fase reproductiva** se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha (Fernández *et al.* 1991). A lo largo de las fases vegetativa y reproductiva se han identificado 10 etapas bien definidas de desarrollo (Tabla 1)

Tabla 1. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
<b>V<sub>0</sub></b>	Germinación. Emergencia de la radícula y su transformación en raíz primaria.
<b>V<sub>1</sub></b>	Emergencia. Los cotiledones aparecen al nivel de suelo y comienzan a separarse. El epicotilo comienza su desarrollo
<b>V<sub>2</sub></b>	Hojas primarias totalmente abiertas
<b>V<sub>3</sub></b>	Primera hoja trifoliada. Se abre la primera hoja y aparece la segunda
<b>V<sub>4</sub></b>	Tercera hoja trifoliada. Se abre la tercera hoja y las yemas de nudos inferiores producen ramas
<b>R<sub>5</sub></b>	Prefloración. Aparece primer botón floral
<b>R<sub>6</sub></b>	Floración. Se abre la primera flor
<b>R<sub>7</sub></b>	Formación de vainas. Primera vaina con más de 2.5 cm. de largo
<b>R<sub>8</sub></b>	Llenado de vainas. Al final de la etapa las semillas pierden su color verde y comienzan a mostrar las características de la variedad. Se inicia la defoliación de la planta
<b>R<sub>9</sub></b>	Madurez fisiológica. Vainas pierden pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.

### **2.2.5 Atenciones culturales**

De todas las prácticas agrotécnicas, el manejo adecuado de las variedades es, posiblemente, la que reporta los incrementos más notables en la producción de una región o país sin ocasionar gastos adicionales de consideración por concepto de su introducción, pues simplemente se limita a la sustitución de unas variedades por otras (Quintero, 1985). El uso de unas o pocas variedades en los cultivos ha conducido a varios fracasos en la agricultura. No es posible ni conveniente reunir, en una misma variedad, resistencia o tolerancia a las adversidades, lo más razonable es contar con una estructura varietal en el cultivo lo suficientemente amplia que minimice el efecto de las adversidades, manejándose adecuadamente (Quintero *et al.*, 2002).

#### **2.2.5.1. Fertilización**

Esta práctica, consiste en aplicar los nutrientes en las cantidades necesarias para un óptimo desarrollo del frijol, los elementos comúnmente empleados son nitrógeno, fósforo y potasio. Las dosis y la frecuencia de aplicación depende de, las etapas fenológicas de la planta, del tipo de suelo, del sistema de humedad que se maneje, de la composición de nutrientes disponibles y faltantes en el suelo, así como de la disponibilidad de recursos. Dependiendo del contenido de nutrimentos en el suelo, ya sea rico en materia orgánica o bien cuando previamente se ha sembrado alfalfa u otra leguminosa, se tiene buena respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo con la dosis 40 -40 -0. Se sugiere aplicar todo el fósforo al momento de formar el camellón. El nitrógeno debe ser aplicado en banda al primer riego de auxilio para su mejor aprovechamiento. El propósito de aplicar los abonos minerales, es suministrar las sustancias que el frijol necesita para incrementar el rendimiento, empleando las formas y métodos de abonado que correspondan al ritmo de absorción de nutrientes (López, 2010).

#### **2.2.5.2. Riego**

Según Valladolid *et al.* (1998) el riego es una práctica indispensable para alcanzar altos rendimientos y mejorar la calidad del grano. Las leguminosas son cultivos

sensibles al déficit como al exceso de agua. Se les debe aplicar entre 2 y 5 riegos, dependiendo de la textura del suelo. Los suelos franco arenosos requieren más de 3 riegos, los suelos arcillosos entre 1 y 2 riegos. Los riegos deben ser ligeros y frecuentes utilizando surcos, nunca se debe regar al pie de la planta para evitar compactación de la zona de la raíz. Las etapas más sensibles al déficit de agua conocidas como etapas críticas; son las etapas de desarrollo vegetativo, prefloración y llenado de las legumbres. Los excesos de humedad producen grandes pérdidas, por ejemplo, por el efecto sobre el desarrollo radical, por lo que se debe facilitar el drenaje en áreas que lo requieran.

#### **2.2.5.3. Control de arvenses**

La población de arvenses se puede disminuir considerablemente si se realizan los cultivos (escardas) oportunamente y si se usa una densidad adecuada de plantas. Es recomendable mantener limpio el cultivo por lo menos durante la primera mitad de su ciclo biológico, que es el periodo cuando las arvenses más compiten por nutrimentos y luz. Si las escardas no se pueden realizar oportunamente debido al exceso de humedad en el terreno no permitiendo el uso de maquinaria o tracción animal, se recomienda hacer uso de herbicidas post-emergentes. El frijol debe mantenerse libre de arvenses durante los primeros 40 días después de la siembra para evitar bajas en el rendimiento (Blanco y Leyva, 2011).

#### **2.2.5.4 Cosecha**

Cuando las legumbres cambian de un color verde a amarillento nos indica el estado final de madurez fisiológica es por ello que a partir de este momento las plantas se arrancan y se enrollan para terminar su secado y efectuar la trilla. Si ocurren lluvias cuando las plantas se encuentren arrancadas en el terreno, es necesario voltearlas para acelerar su secado y evitar el manchado del grano. En experimentos realizados, se ha demostrado que la calidad del grano, en términos de tiempo de cocción y de color de la testa, es adecuada cuando la cosecha se realiza a más tardar hasta 10 días después de la madurez fisiológica, y se trilla en menos de 15 días después de la cosecha (García y García, 2001).

### **2.2.6. Rendimiento y sus componentes**

El rendimiento del frijol está compuesto por: el número de inflorescencias (racimos) por planta, el número de legumbres por racimos, el número de semillas por legumbre y el peso promedio de las semillas; el peso de las semillas a su vez está determinado por sus componente, largo y ancho. Según López (2010) el aumento del rendimiento hay que buscarlo fundamentalmente mediante el aumento del número de nudos, de hojas y de los órganos reproductivos.

Por regla general, cada nudo forma una inflorescencia, el eje de esta tiene de 2 a 6 nudos, y generalmente 2 flores en cada uno de ellos. El número de inflorescencia está correlacionado positivamente con el rendimiento. En el frijol común la heredabilidad del número de legumbres es bajo y el componente aditivo es menor que el no aditivo. Con excepción de los demás componentes del rendimiento que tienen baja heredabilidad, el peso de los grano presenta valores altos de heredabilidad. El rendimiento puede estar correlacionado positivamente con el peso de la semilla, siendo a su vez negativa la correlación entre número y tamaño de las semillas. En caso extremo las semillas grandes pueden tener efecto negativo sobre el rendimiento (Socorro y Martín, 1989).

El cultivo presenta un potencial de  $4 \text{ t ha}^{-1}$ , no obstante se alcanzan en América Latina rendimientos que oscilan entre  $0,6$  y  $0,8 \text{ t ha}^{-1}$ . A pesar de tratarse de un grano de importancia básica para la alimentación de la población. Los rendimientos del cultivo en Cuba oscilan en  $1 \text{ t ha}^{-1}$ , siendo ligeramente menor en el sector estatal. En investigaciones realizadas por Izquierdo *et al.*, (2018) para diferentes variedades de frijol común se obtuvieron los mayores rendimientos en la variedad Buenaventura el que fue de  $(1,81 \text{ t ha}^{-1})$ , siendo los rendimientos del frijol de color negro ('CUFIG 48', 'CUL 156' y 'Tomeguín 93') inferiores a los rojos ('Delicias 364' y 'Buenaventura'). En el Anuario Estadístico de Cuba 2017 se reportan rendimientos para la provincia de Villa Clara  $1,3 \text{ t ha}^{-1}$ , los que fueron superiores que para el resto del país (ONEI, 2017).

### **2.2.6.1 Factores que afectan el rendimiento**

La producción de frijol es afectada por diferentes factores, tanto bióticos como abióticos, que reducen el área sembrada y los rendimientos esperados. Entre los factores bióticos, las enfermedades pueden causar enormes pérdidas en rendimiento dependiendo de las características de la población prevaleciente del patógeno, la variedad de frijol, las condiciones ambientales de la zona, y el sistema del cultivo practicado (Beebe & Pastor-Corrales, 1991; Singh, 1999). Este cultivo es muy sensible a la acción de los factores ambientales (ecológicos), pudiendo estos agruparse de forma general en tres categorías: edáficos, climáticos y bióticos. Todos estos factores actúan sobre el cultivo, tanto en sentido beneficioso como perjudicial.

**Edáficos:** Las propiedades del suelo que están directamente relacionadas con el desarrollo de este cultivo son la textura y la estructura. Uno de los elementos que más influye negativamente, es la acumulación de humedad en exceso, en suelos que por su textura arcillosa permitan dicha acumulación y sobre la estructura influye a su vez las labores a que este se somete, ya que si se hacen de forma inadecuada no favorece la granulación del suelo y por tanto se altera la estructura (Socorro y Martín, 1989).

También otro factor limitante es la baja fertilidad del suelo en general y en particular, la deficiencia en nitrógeno y fósforo (Singh, 1999), además de las altas concentraciones de Aluminio y Magnesio (Wortmann *et al.*, 1998) que pueden llegar a niveles muy elevados siendo tóxico para las plantas. El frijol requiere para su desarrollo que el terreno tenga buena fertilidad, que sea suelto, con buen drenaje, tanto interno como superficial, y con un pH de 5,5 a 6.5 cerca de la neutralidad. Los mejores suelos son los ferralíticos rojos, los pardos y los aluviales (Socorro y Martín, 1989).

**Climáticos:** Entre los factores climáticos que más pueden influir sobre la planta de frijol se tienen: la temperatura, la humedad, la luz y el viento. Según Ustimenko (1982), la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo del frijol común se encuentra entre 20 y 28 °C. Es una planta de día corto y tolera baja intensidad

luminosa por lo que se puede cultivar con éxito en asociaciones con otras plantas. El proceso de germinación de las semillas está regulado por las transformaciones bioquímicas que ocurren en la semilla y por la actividad enzimática, acelerándolo o retardándolo (Socorro y Martín, 1989).

El frijol es una planta no tolerante al exceso de humedad, necesita para su buen desarrollo una distribución adecuada del agua por lo que el riego debe estar en función del tipo de suelo y la época de siembra (INRA, 1977). También el déficit hídrico en etapas tempranas generalmente afecta el alargamiento y el tamaño final de las hojas, en cambio en estadios más avanzados se incrementa la senescencia foliar y la pérdida de follaje (Kramer, 1983; Núñez y Foster, 1996).

**Bióticos:** Dentro de estos hay que considerar las enfermedades, plagas y arvenses, que afectan al cultivo disminuyendo el rendimiento. En cuanto a enfermedades, se pueden distinguir enfermedades fúngicas, bacterianas y virales. Unas de las principales limitaciones del cultivo de frijol en América Latina es el ataque de enfermedades. Los patógenos más frecuentes, como por ejemplo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc y Magn), *Isariopsis griseola* (Sacc) Ferraris y *U. phaseoli*, son organismos en los que se han identificados una gran variabilidad patogénicas. (Pastor-Corrales y Jara, 1995; Pastor-Corrales *et al.*, 1995; Araya, 1996). En muchos lugares donde se cultiva el frijol las enfermedades son el factor más importante en las mermas del rendimiento del cultivo (Opio y Senguoba, 1992).

Entre los causantes de enfermedades se encuentran los hongos del suelo, existiendo en nuestro país, de clima subtropical, con medias de temperaturas altas durante todo el año y abundantes precipitaciones, condiciones ideales para el desarrollo y proliferación de una vasta y heterogénea microflora del suelo. Se destacan las especies *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Sclerotium rolfsii* Sacc. y *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Dentro de las enfermedades bacterianas se destacan: bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye) que afectan a los cultivos en zonas más frías y húmedas y bacteriosis de halo (*Pseudomonas phaseolicola*) que afecta a los cultivos en zonas sobre todo

subtropicales (Saettler, 1989). También el frijol es afectado por alrededor de 50 enfermedades virales, las principales afectaciones son ocasionadas por: mosaico común del frijol (BCMV), mosaico amarillo (BYMV) y moteado clorótico (CCMV) (Socorro y Martín, 1989).

Otro factor limitante en el cultivo son las plagas insectiles, que provocan pérdidas que en ocasiones pueden alcanzar el 100 % del cultivo. Entre las plagas más importantes que atacan al cultivo se encuentran: *Cerotoma ruficornis* Olivier, (crisomélidos), *Diabrotica balteata* LeConte (Crisomélidos), *Empoasca kraemeri* Ross y Moore (Salta hojas), *Bemisia tabaci* Gennadius (Mosca blanca). Las mayores consecuencias negativas de las infestaciones por crisomélido se producen por la incidencia de los adultos en las hojas, y en muy pocas ocasiones se observan y relacionan las lesiones que producen las larvas en el sistema radical de las plantas, que muchas veces llegan a producir la muerte (Machado, 2015). Este microorganismo según Hernández (2010), requiere de especial atención ya que además de sus características polífagas, las cuales les aseguran una vasta gama de hospederos, sus esclerosios tienen la capacidad de sobrevivir por mucho tiempo en el suelo. Este microorganismo está presente en la mayoría de los suelos agrícolas produciendo podredumbre del pie, chancro del tallo y pudrición radical y de la vaina.

## **2.2.7 Métodos de control**

### **2.2.7.1 Control biológico**

Álvarez *et al.* (2008) reportaron las especies *Dorymyrmex pyramicus* (Rogat), *Pheidole megacephala* (Fabr.) y *Solenopsis geminata* (Fabr) (*Hymenoptera: Formicidae*), predando huevos del complejo pentatómidos. Además se informan como agentes biocontroladores a los parasitoides *Telenomus sp*, *Euplectrus platipenae* y *Nomurea rileyi*. Martínez *et al.* (2007) expresan que el uso del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metsch. Sorokin (cepa 11), ha tenido grandes resultados en el control de *E. kraemeri*.

#### **2.2.7.2 Control cultural**

El control cultural representa una forma de lucha para la reducción de insectos plagas en frijol común. La utilización de insecticidas naturales como el Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) y el Paraíso (*Melia azederach* L.) contra el complejo de chinches (*Hemiptera: Pentatomidae*). Martínez *et al.* (2007) mencionan las siguientes medidas: Siembra en época óptima, eliminar las malezas hospedantes de insectos plagas, evitar la colindancia con áreas de cultivos hospedantes como soya, garbanzo, habichuela, arroz y otras, mantener una adecuada fertilización y humedad del suelo, y la eliminación de residuos de cosechas y de aquellas plantas que surjan de los granos dispersos en el área.

#### **2.2.7.3 Lucha genética**

No necesariamente las variedades resistentes en un lugar o año, lo son en otro. La mayoría de las variedades son resistentes solo a una raza del patógeno; sin embargo, se han identificado fuentes resistentes a un gran número de razas. Es muy importante evitar sembrar una sola variedad de frijol en un área grande porque pueden no existir razas del patógeno que ataquen y destruyan el cultivo en toda el área sembrada (Bonilla, 2000).

#### **2.2.7.4 Control químico**

El uso de productos químicos por más de seis décadas ha sido la principal estrategia para reducir las enfermedades y plagas en plantas. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos ha provocado dos grandes problemas: el incremento de residuos químicos potencialmente tóxicos al humano y la proliferación de fitopatógenos resistentes. El tratamiento a la semilla ha sido una de las alternativas para el combate de plagas y enfermedades. Más de 28 especies de patógenos son eficientemente transmitidas por la semilla, localizándose como contaminantes superficiales o en el interior de los tejidos de las mismas.

### **3. Materiales y Métodos**

La investigación se desarrolló en la Finca “San José”, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios “El Vaquerito”, municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara, en el período comprendido de noviembre de 2018 a enero de 2019 (etapa intermedia de la siembra de frijol común). La siembra se realizó sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al.*, 2015).

Se utilizó el cultivar Buenaventura, registrado en la Lista oficial de variedades comerciales (MINAGRI, 2017), procedente de la Empresa de Semillas Villa Clara, sembrado en un marco de 0,70 m x 0,10 m. El experimento se realizó en un área que comprendió 1,25 ha.

#### *Dimensiones y selección de los indicadores de sostenibilidad*

Para evaluar la sostenibilidad se tomaron en cuenta dos dimensiones: económica y ambiental, y se analizaron aspectos dentro de cada una de estas. Se utilizaron indicadores para su evaluación asignándole un valor de 1 a 10, siendo 1 el valor más desfavorable, 5 regular y 10 el óptimo (Sarandón, 2002). El análisis de los indicadores en las dimensiones evaluadas se realizó tomando en cuenta los criterios de medida asignados a cada indicador según la metodología de Pacheco (2006) modificada.

#### *Medición y monitoreo de los indicadores.*

### **3.1. Dimensión económica**

Fueron analizados cuatro indicadores para esta dimensión, que comprenden la ganancia económica, el mercado, el origen de los ingresos y los costos de mano de obra, así como la relación existente entre ellos (Tabla 2). Para obtener los datos necesarios se realizaron entrevistas al productor y a los trabajadores contratados.

Tabla 2. Dimensión económica. Indicadores de sustentabilidad

<b>Indicadores</b>	<b>Valor</b>	<b>Criterio de medida</b>
<b>Ganancia económica</b>	10	Ganancia es superior a los gastos por cultivo y en general
	5	Ganancia de varios cultivos no supera los gastos aunque la ganancia general sea favorable.
	1	Gastos superan la ganancia en la mayoría de los cultivos.
<b>Relación con el mercado</b>	10	Los productos tienen un mercado garantizado y la demanda de ellos es alta.
	5	Sólo una parte de los productos tienen mercado garantizado o la demanda es media.
	1	No tiene garantía de venta de sus productos en el mercado, o la demanda es baja.
<b>Origen de los ingresos</b>	10	Todos los ingresos provienen de la producción de la finca, que es la única fuente de empleo de la familia.
	5	Los ingresos provienen en parte de la producción de la finca y de actividades (jornales) en otros lugares o fincas.
	1	Los ingresos solo dependen del trabajo en otros lugares o fincas.
<b>Mano de obra</b>	10	Los jornales contratados no sobrepasan el 20 % de los costos totales de producción.
	5	Los jornales contratados no sobrepasan el 50 % de los costos totales de producción.
	1	La mano de obra es el principal costo de producción del sistema.

Para evaluar la sostenibilidad económica se tuvieron en cuenta los precios de los insumos (combustible, fertilizantes, plaguicidas, semillas) (Tabla 3) a partir de lo estipulado en la Gaceta Oficial de precios (GORC, 2015). El precio de la mano de obra (horas) se obtuvo a partir de la información brindada por el productor. Para el

cálculo del valor de la producción se tuvo en cuenta el precio de venta de 21,00 CUP el kg del cultivar Buenaventura.

Tabla 3. Precios de insumos y mano de obra. Indicadores

<b>Indicadores</b>	<b>Precios CUP</b>
<b>Trabajo humano (h)</b>	12,00
<b>Combustible (L)</b>	3,00
Fertilizantes	
<b>NPK Fórmula completa (9 – 13 – 17) (kg)</b>	1,25
<b>FitoMas (L)</b>	7,50
Fungicida	
<b>Sulfato de cobre (L)</b>	10,00
Insecticida	
<b>Abaco (L)</b>	60,00
Herbicidas	
<b>Flex (L)</b>	70,00
<b>Agil (L)</b>	87,00
Semillas	
<b>Buenaventura (kg)</b>	18,00

### 3.1.1 Beneficio económico del cultivo

Se determinó el beneficio económico por medio de la fórmula:

$$B = I - C$$

Donde:

B: Beneficios

I: Ingresos

C: Costos

### 3.2. Dimensión ambiental

En esta dimensión fueron analizados los elementos ambientales que interactúan dentro de la entidad de producción (Tabla 4), los indicadores utilizados fueron escogidos según Martínez (2013).

Los datos del rendimiento e insumos de los que depende la finca para el cultivo del frijol común se obtuvieron a partir de la información brindada por el productor.

Para asignarle el valor al indicador rendimiento se comparó el rendimiento obtenido con el rendimiento reportado por el Anuario Estadístico de Cuba del 2017 para la provincia Villa Clara que fue de 1,3 t ha<sup>-1</sup> (ONEI, 2017).

Tabla 4. Dimensión ambiental. Indicadores de sustentabilidad.

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Criterio de medida</b>
<b>Rendimiento</b>	10	Se obtiene más del 80% del rendimiento potencial del cultivo.
	5	Se obtiene del 60 al 80% del rendimiento potencial del cultivo.
	1	Se obtiene menos del 60% del rendimiento potencial del cultivo.
<b>Dependencia insumos externos</b>	10	El sistema no depende de insumos externos (excepto herramientas)
	5	El sistema necesita para mantenerse del empleo de algún insumo externo para determinado cultivo o animal.
	1	El sistema depende de insumos externos en más del 50% de los cultivos o animales.
<b>Incidencia de organismos nocivos</b>	10	Ningún área afectada, o áreas con menos del 20% de sus plantas con una presencia tolerable de plagas.
	5	Un área con ataque severo de plagas o algunas áreas que presenten entre el 20 y el 45% de sus plantas con afectaciones leves.
	1	Más del 50% de las áreas están afectadas con daños severos de plagas.

La incidencia de organismos nocivos se evaluó realizando sistemáticamente muestreos según la metodología del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LPSV, 2005). Se tuvieron en cuenta las principales plagas del cultivo según la

época de siembra (Tabla 5). Para determinar la incidencia de organismos nocivos se dividió el campo en cuatro parcelas, realizándose muestreos en diagonal y determinándose la distribución (D) de las plagas mediante la fórmula:

$$\% D = n/N*100$$

Donde:

n: Total de plantas afectadas

N: Total de plantas muestreadas

Tabla 5. Principales plagas del cultivo según la época de siembra (intermedia)

Nombre vulgar	Nombre científico	Orden	Familia
<b>Crisomélido común de los frijoles</b>	<i>Cerotoma ruficornis</i> Olivier	Coleoptera	Chrysomelidae
<b>Crisomélido común</b>	<i>Diabrotica balteata</i> Leconte		
<b>Saltahojas</b>	<i>Empoasca kraemeri</i> Ross y Moore	Hemiptera	Cicadellidae

### 3.2.1. Carga tóxica

Se determinó la carga tóxica contaminante (CT) a partir de las aplicaciones de plaguicidas (DGSV, 2005) y fertilizantes químicos al cultivo.

Carga tóxica fitosanitaria: Cantidad de plaguicidas químicos que se aplican durante el ciclo del cultivo por área, expresado en kg/ha.

$$CT= D \times Na \times \% i.a$$

Donde:

CT: Carga Tóxica

D: Dosis (kg/ha)

Na: Número de aplicaciones;

% i.a: (kg. i.a de insecticida químico/ ha)

### 3.2.2. Eficiencia energética del cultivo

Para determinar la eficiencia energética del cultivo se utilizaron los equivalentes energéticos de las entradas y salidas del sistema (Funes, 2009), utilizando el menor valor en cuanto a Kcal/unidad (Tabla 6).

Tabla 6. Aporte energético de las entradas al sistema

<b>Indicadores</b>	<b>Kcal/unidad</b>
<b>Trabajo humano (h)</b>	250 - 544
<b>Combustible Diesel (L)</b>	9 243
<b>Trabajo animal (h)</b>	1 400
<b>Fertilizante N (kg)</b>	12 300 – 14 700
<b>Fertilizante P (kg)</b>	1 975 – 3 000
<b>Fertilizante K (kg)</b>	17 000
<b>Semilla (kg)</b>	3 330*
<b>Herbicidas (L)</b>	57 000
<b>Insecticidas/fungicida (L)</b>	44 000
<b>Biológico (L/kg)</b>	70

\*ONUFAO (2006)

A partir de estos equivalentes energéticos se calculó la eficiencia energética según Alemán y Brito (2003). Para el cálculo de la salida (Ouput) se tuvo en cuenta el aporte energético del frijol común (3 330 Kcal/kg)

$$\text{Eficiencia energética} = \text{Kcal producidas} / \text{Kcal consumida}$$

#### 4. Resultados y discusión

##### 4.1. Dimensión económica

La dimensión económica obtuvo un promedio de 6,5 puntos. La ganancia económica y la relación con el mercado obtuvieron la máxima puntuación (Tabla 7). El cultivo tuvo una producción de 1,5 t, lo que permitió que fuera superior el beneficio (\$ 31 500) que el costo (\$18 318), demostrando que el cultivo es rentable. En relación con el indicador relación con el mercado la máxima puntuación está determinada por la elevada demanda del producto y la disponibilidad de un mercado estable. La baja puntuación alcanzada en esta dimensión está determinada fundamentalmente por el indicador mano de obra que representa un elevado porcentaje del costo total de producción.

Tabla 7. Dimensión económica

<b>Indicadores</b>	<b>Valor</b>
<b>Ganancia económica</b>	10
<b>Relación con el mercado</b>	10
<b>Origen de los ingresos</b>	5
<b>Mano de obra</b>	1
<b>Promedio</b>	<b>6,5</b>

El indicador origen de los ingresos resultó con una puntuación de 5, debido a que estos provienen en parte de la producción del cultivo, pero también los trabajadores realizan labores agrícolas en otras fincas, lo que constituye una fuente de ingreso adicional para estos. Como se muestra en la tabla 8 y la figura 2, los mayores gastos en la producción del frijol estuvo determinado por la mano de obra (84 %), por lo que el indicador mano de obra obtuvo una puntuación de 1 punto, por superar en más del 50 % los costos totales de producción. Estos resultados difieren de los obtenidos por Hernández, (2018) en la finca “San Ramón”, perteneciente a la Empresa de Semillas Varias, donde se obtiene que los gastos de mano de obra representan un 24,8 % de los costos totales de

producción, lo que puede estar determinado por pertenecer dicha finca al sector estatal.

Tabla 8. Gastos del cultivo

Indicadores	Gastos CUP
Trabajo humano	15 460
Combustible	872,7
Fertilizantes	453,125
Plaguicidas	305,25
Semillas	1 227,27
<b>Total</b>	<b>4 937,87</b>

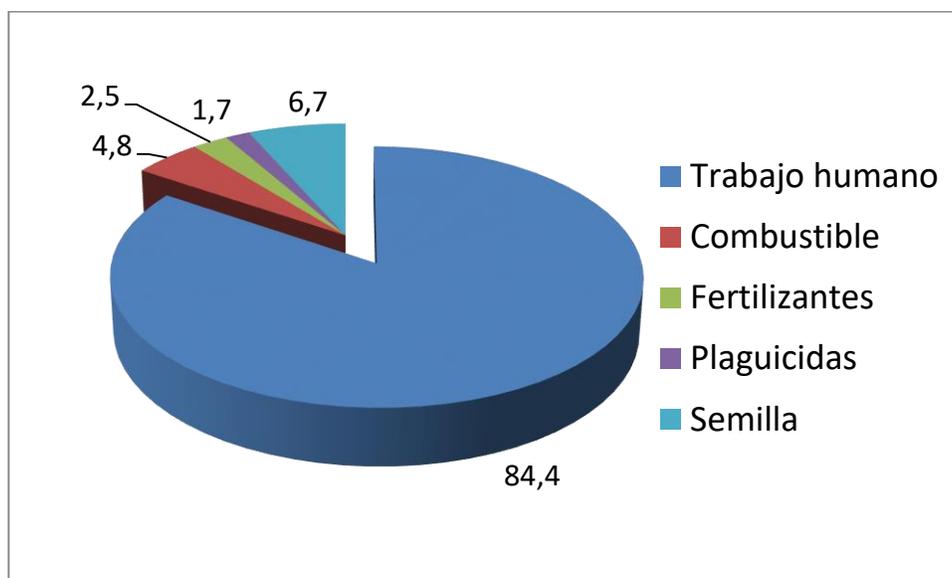


Figura 2. Costo de los indicadores (%)

#### 4.1.1. Beneficio económico del cultivo

Los ingresos obtenidos por el cultivo del frijol Buenaventura en la finca fueron de \$ 31 500, ya que se obtuvieron 1 500 kg de producción.

$$B = I - C$$

$$B = \$ 31 500 - \$ 18 318$$

$$B = \$ 13\ 182$$

El beneficio económico del cultivo fue de \$ 13 182, siendo menor que el reportado por Hernández (2018), a pesar de obtenerse un mayor rendimiento en la finca evaluada. El menor beneficio obtenido está determinado por el alto costo de la mano de obra y las labores de preparación del terreno, donde fue necesario una segunda rotura por el exceso de precipitaciones ocurridas en esta etapa.

#### **4.2 Dimensión ambiental**

La dimensión ambiental obtuvo un promedio de 6,6 (Tabla 9) lo que muestra que existe en general sostenibilidad ambiental en el manejo al cultivo que se realiza en la entidad.

El indicador rendimiento obtuvo un valor de 10, el rendimiento del cultivo fue de 1,2 t ha<sup>-1</sup>, lo que representa el 92 % del rendimiento reportado por el Anuario Estadístico de Cuba en 2017 para la provincia Villa Clara, que fue de 1,3 t ha<sup>-1</sup>, el superior al resto del país (ONEI, 2017). En el resumen de la producción de frijol en Cuba en el año 2016, en la provincia de Villa Clara se obtuvo un rendimiento promedio de 1,17 t ha<sup>-1</sup>, lo que hace que el resultado obtenido en la finca “San José” sea superior a este valor (MINAGRI 2016) . El rendimiento obtenido fue inferior a 1,81 t ha<sup>-1</sup> reportado por Izquierdo *et al.* (2016) para esta variedad, pero representa más del 80 % del rendimiento en este sector.

Tabla 7. Dimensión Ambiental

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
<b>Rendimiento</b>	10
<b>Dependencia de insumos externos</b>	5
<b>Incidencia de organismos nocivos</b>	5
<b>Promedio</b>	<b>6,6</b>

Las menores calificaciones en la dimensión ambiental estuvieron determinadas por la dependencia de insumos externos y la incidencia de organismos nocivos con un valor de 5 para ambas. La finca depende de insumos externos, tales como fertilizantes y plaguicidas (Tabla 8), combustible e implementos agrícolas. La mayor influencia en este aspecto está relacionada con el empleo de combustible. El uso excesivo de maquinaria provoca el consumo de combustible fósil que atenta con la sostenibilidad ambiental, en el cultivo analizado la preparación del terreno se realizó principalmente con maquinaria, usándose el trabajo animal solamente en el surque, que unido a los cinco riegos necesarios por el periodo poco lluvioso provocó el uso excesivo de combustible.

Tabla 8. Listado de fertilizantes y plaguicidas aplicados al cultivo

Producto	Ingrediente activo	Espectro	No. Aplic.	Dosis (L ha <sup>-1</sup> , kg ha <sup>-1</sup> )	Cantidad aplicada (L ha <sup>-1</sup> , kg ha <sup>-1</sup> )
<b>(NPK) Fórmula completa</b>	Nitrógeno 9 % Fosforo 13 % Potasio 17 %	Fertilizante	1	290 kg	290 kg
<b>FitoMas</b>	Orgánico 18 %	Bioest.	9	1,2 L	10,8 L
<b>Sulfato de cobre</b>	Cu 24.4 %	Fungicida	9	0,6 L	5,4 L
<b>Abaco</b>	Abamectina 1,8 %	Insecticida	9	0,6 L	5,4 L
<b>Flex</b>	Fomesafen 25 %	Herbicida	1	0,3 L	0,3 L
<b>Agil</b>	Propaquizafop 10%	Herbicida	1	0,6 L	0,6 L

La aplicación excesiva en el campo de fertilizantes inorgánicos da lugar al lavado de nitratos y a emisiones de N<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub>, con la consiguiente contaminación de todos los factores del agroecosistema (Brown, 1994; Altieri y Nicholls, 2000). Según Martínez *et al.* (2010) la abundancia de compuestos nitrogenados en los mantos acuíferos, como consecuencia del lavado, hace que en todos los reservorios donde van a desembocar estas corrientes subterráneas se produzca el efecto llamado eutrofización, que consiste en el crecimiento anormal de microorganismos, que agotan el oxígeno disuelto en el agua y producen la muerte

masiva de peces y otros organismos acuáticos. Estos graves problemas de contaminación se han puesto ya de manifiesto en algunos de los ríos más caudalosos del mundo, como el Mississippi en EE.UU. y el Yang Tse en China, en cuyas desembocaduras se aprecia una notable carencia de flora y fauna.

El indicador incidencia de organismos nocivos obtuvo la puntuación de 5 puntos, puesto que a pesar de que durante todo el ciclo vegetativo del cultivo solo se encontraron áreas afectadas por enfermedades, que no sobrepasaron el 20 % (Tabla 9). Si se encontró una alta incidencia de plagas, principalmente especies arvenses (*Echinochloa colona* L. y *Portulaca oleraceae* L.). Se encontró incidencia de estas especies en las cuatro parcelas en que fue dividido el campo, los resultados se muestran en la tabla 9.

Las especies arvenses constituyen uno de los principales obstáculos para lograr mayores rendimientos, ya que estas puede limitar totalmente la producción del grano, además de que su manejo es una de las prácticas que incrementan los costos del cultivo de manera significativa (Bolaños *et al.*, 2009). El frijol, como muchos otros cultivos anuales, es altamente susceptible a la competencia temprana de las arvenses; pero su producción puede ser igualmente afectada por la emergencia tardía, favorecida por la pérdida del follaje de la planta cultivable durante el período de su reproducción. El período crítico de competencia se halla entre los 10 y 30-40 días después de la emergencia de la planta cultivable (Rodríguez *et al.*, 2013).

Tabla 9. Incidencia de organismos nocivos (%)

<b>Incidencia de plagas (insectos, arvenses)</b>	<b>Incidencia de enfermedades</b>
<b>26,5</b>	<b>17,5</b>

Los insectos que afectaron al cultivo fueron los crisomélidos (*D. balteata* y *C. ruficornis*), ambos fueron encontrados a los 28 días de la siembra, hasta la etapa reproductiva, alimentándose de las hojas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ramos *et al.* (2015) donde se alcanzó el pico poblacional de

crisomélidos a los 27 días después de la siembra. Las especies arvenses comenzaron a incidir sobre el cultivo a partir de los 45 días de sembrado.

Las mayores consecuencias negativas de las infestaciones de crisomélidos se producen por la incidencia de los adultos que se alimentan del follaje y causan reducción del área foliar, lo que provoca una disminución de la capacidad fotosintética de la planta (Méndez, 2007). Machado (2015) en investigaciones realizadas reportó que la especie de mayor consumo foliar diario fue *C. ruficornis*, la cual llegó a consumir como promedio 0,66 cm<sup>2</sup> del área de una hoja trifoliada en un solo día. El consumo de esta especie difirió significativamente del de *D. balteata*, quien tan solo se alimentó de 0,29 cm<sup>2</sup> de hoja.

Los resultados obtenidos en esta dimensión son inferiores a los obtenidos por Martínez (2013) en la evaluación de la sostenibilidad del frijol común en Quemado de Güines, Villa Clara, y Hernández (2018) en un estudio sobre la sostenibilidad del frijol común en Santa Clara, donde la principal deficiencia estuvo relacionada con la dependencia del cultivo de los insumos externos. El menor valor obtenido en este estudio está determinado porque, además de la dependencia de insumos externos, también la incidencia de organismos nocivos obtuvo la puntuación de 5 puntos por la alta incidencia de plagas, especialmente especies arvenses.

Las mayores precipitaciones se registraron en el mes de octubre, donde se realizó la preparación del terreno, actividad que fue afectada por la lluvia, pudiendo incidir en las afectaciones obtenidas por las especies arvenses (Tabla 10). El desarrollo del cultivo transcurrió en un período de precipitaciones bajas, siendo nula en el mes de noviembre, de ahí la necesidad del regadío para lograr el buen desarrollo del cultivar. La temperatura media durante el desarrollo del cultivo se mantuvo dentro de los valores de temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo del frijol ( 20 y 28 °C), reportada por Ustimenko (1982).

Tabla 10. Variables climáticas durante la época del cultivo

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa media (%)	Lluvia (mm)	Días con Lluvia
	Máxima	Mínima	Media			
<b>Octubre</b>	31,2	22,0	27,2	87,5	81,7	12
<b>Noviembre</b>	30,3	19,6	24,1	82,3	0	0
<b>Diciembre</b>	28,2	18,9	22,7	82,0	65,7	3
<b>Enero</b>	27,6	16,7	21,3	80,8	72,7	5

#### 4.2.1. Carga Tóxica Contaminante

El análisis de la Carga Tóxica Contaminante obtuvo el resultado:

- ✓ Cálculo de la carga tóxica de los fertilizantes a partir de una aplicación del producto

$$CT_{\text{Fertilizante}} = 290 \text{ kg ha}^{-1}$$

- ✓ Cálculo de la carga tóxica de los plaguicidas

Carga tóxica de herbicida a partir de una aplicación del producto.

- Flex

$$CT = 0,075 \text{ kg i.a ha}^{-1}$$

- Agil

$$CT = 0,06 \text{ kg i.a ha}^{-1}$$

Carga tóxica de los fungicidas e insecticidas partir de nueve aplicaciones del cada producto

- Sulfato de cobre

$$CT = 1,3 \text{ kg i.a ha}^{-1}$$

Carga tóxica de los fungicidas e insecticidas partir de una aplicación del producto

- Abaco

$$CT = 0,11 \text{ kg i.a ha}^{-1}$$

$$\text{Carga Tóxica Total} = 291,6 \text{ kg i.a ha}^{-1}$$

Los valores de la Carga Tóxica Total para el cultivo del frijol en la finca son similares a los obtenidos por Hernández (2018) para otros cultivares de frijol común, donde se obtuvo una Carga Tóxica Total ligeramente superior (317,6 kg i.a ha<sup>-1</sup>), producto de la mayor aplicación de insecticidas y fungicidas.

#### **4.2.2. Eficiencia energética del cultivo**

Como se puede apreciar en la tabla 11, el mayor consumo energético en el trabajo humano lo constituye la fumigación y el riego con 72 000 y 52 000 Kcal, respectivamente, dado fundamentalmente por el tiempo empleado en estas labores y la cantidad de obreros, lo que indica que cuando se realice una actividad determinada, es imprescindible aprovechar todo el tiempo posible, con el fin de disminuir las jornadas derrochadas y aumentar la eficiencia.

Tabla 11. Energía aportada por el trabajo humano

<b>Labor</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Cantidad de obreros</b>	<b>Aporte energético (Kcal/hora)</b>	<b>Aporte total (Kcal)</b>
Rotura	16	1	250	4 000
Rotura	16	1		4 000
Cruce	16	1		4 000
Surque mecanizado	9	1		2 250
5 Surques con bueyes	75	2		37 500
Siembra	25	4		25 000
Fertilización	10	4		10 000
Aplicación de herbicida	8	4		8 000
Control de arvenses	25	3		18 750
Riego	104	2		52 000
Fumigación	72	4		72 000
Cosecha	28	7		49 000
Traslado al almacén	0,50	4		500
Secado	40	3		30 000
<b>Total</b>	<b>444,5</b>		<b>250</b>	<b>317 000</b>

La única labor que requirió trabajo animal fue el surque, realizándose cinco surques, lo que representó el consumo de 210 000 Kcal (Tabla 12), por el tiempo empleado en esta actividad, que fue de 30 horas por cada surque.

Tabla 12. Energía aportada por el trabajo animal

Labor	Implemento	Tiempo (h)	Aporte energético	Aporte total
			(Kcal/hora)	
<b>Surcado (5)</b>	Arado criollo	150	1400	210 000

En cuanto a la maquinaria (Tabla 13) el mayor aporte correspondió a la labor de rotura, teniendo en cuenta además que fue necesario realizar una segunda rotura por presentarse días lluviosos en este periodo, lo que aumentó el brote de especies arvenses.

Tabla 13. Energía aportada por consumo de combustible de la maquinaria

Labor	Equipo+ implemento	Consumo diésel (L)	Aporte energético (Kcal/L)	Aporte total (Kcal)
<b>Rotura</b>	Yumz + Arado de discos	35,2	9243	325 354
<b>Rotura</b>		35,2		325 354
<b>Cruce</b>		35,2		325 354
<b>Surque</b>	Yumz + Surcadora	19,3		178 390
<b>Traslado</b>	Yumz + carreta	6		55 458
<b>Total</b>		130.9	9 243	<b>1 209 909</b>

El consumo energético del equipo de riego (Tabla 14) fue elevado, determinado por las escasas precipitaciones en el periodo de desarrollo de la plantación, lo que hizo necesario una mayor cantidad de riegos al cultivo.

Tabla 14. Energía aportada por el riego

<b>Equipo</b>	<b>Consumo diésel (L)</b>	<b>Aporte energético (Kcal/L)</b>	<b>Aporte total (Kcal)</b>
<b>Turbina</b>	160	9 243	<b>1 478 880</b>

La fertilización es una de las labores de mayor intervención en el rendimiento de los cultivos, pero debe ser de una forma balanceada y racional de acuerdo con los requerimientos del cultivo, ya que como un principio agroecológico el suelo no debe ser afectado (Martínez *et al.*, 2015). El aporte energético por el consumo de fertilizantes se muestra en la Tabla 15, observándose un mayor aporte del nitrógeno y el fósforo.

Tabla 15. Energía aportada por los fertilizantes

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad aplicada (kg o L)</b>	<b>Aporte energético (Kcal/kg o L )</b>	<b>Aporte total (Kcal)</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>	40,8	12 300	501 609,4
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	10,4	1 975	20 583,2
<b>K<sub>2</sub>O</b>	7,3	1 200	8 700,0
<b>FitoMas</b>	13,5	70,00	945,0
<b>Total</b>			<b>531 837,6</b>

Tabla 16. Energía aportada por las semillas

<b>Cantidad utilizada (kg)</b>	<b>Aporte energético (Kcal/kg)</b>	<b>Aporte total (Kcal)</b>
<b>68,2</b>	3 330	<b>227 045</b>

El aporte energético de los plaguicidas al sistema fue superior a las 300 000 Kcal., destacándose los fungicidas por el mayor número de aplicaciones (Tabla 17) El aporte energético de los plaguicidas es inferior al de los fertilizantes, a pesar del mayor aporte energético de los mismos, debido a la menor cantidad aplicada de estos últimos.

Tabla 17. Energía aportada por los plaguicidas

<b>Producto</b>	<b>Litros aplicados</b>	<b>Aporte energético (Kcal/kg; Kcal/L)</b>	<b>Aporte total (Kcal)</b>
<b>Sulfato de cobre</b>	6,75	44 000	297 000
<b>Abaco</b>	0,75	44 000	33 000
<b>Flex</b>	0,375	57 000	21 375
<b>Agil</b>	0,75	57 000	42 750
<b>Total</b>	<b>8,625</b>		<b>394 125</b>

Las entradas energéticas totales se muestra en la Tabla 18, en este valor tuvo una gran influencia el alto consumo de combustible utilizado en la preparación del terreno, donde fue necesario una segunda rotura, y la cantidad de riegos realizados al cultivo por la escasez de lluvia en la etapa de desarrollo de las plantas.

Tabla 18. Total de entradas (Inputs) energéticas al sistema

<b>Indicadores</b>	<b>Aporte (Kcal)</b>
<b>Trabajo humano</b>	317 000
<b>Trabajo animal</b>	210 000
<b>Consumo de combustible (riego y maquinaria)</b>	2 688 789
<b>Insumos</b>	
<b>Fertilizantes y bioestimulante</b>	531 837,6
<b>Plaguicidas</b>	394 125
<b>Semillas</b>	227 045
<b>Total</b>	<b>4 159 741,7</b>

Como se muestra en la figura 3, el mayor consumo energético en el sistema está relacionado con el combustible empleado en el riego (35,6 %) y la maquinaria (29,1 %), representando el 64,7 % de la energía consumida. El aporte energético por el empleo de plaguicidas es inferior al 10 %, evidenciando que si se implementan medidas para la reducción del consumo de combustible se puede mejorar la eficiencia energética de la producción de frijol común en la finca. Resultados similares obtuvo Martínez (2013) en Cuba, quien determinó que el mayor consumo energético en el sistema convencional de producción de frijol común, estuvo relacionado con la utilización de la maquinaria (64%).

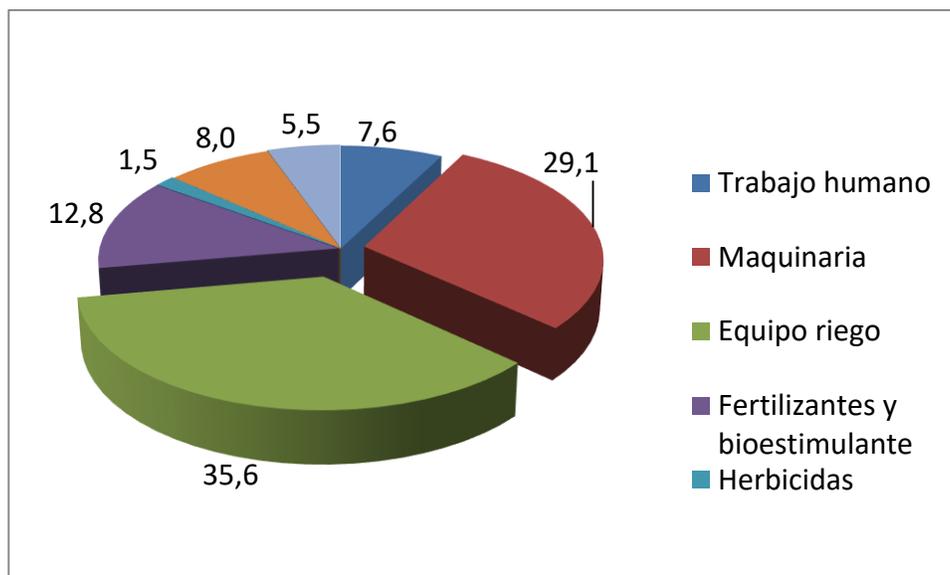


Figura 3. Consumo energético (%)

#### **Eficiencia energética del sistema**

- Entradas. **4 159 741,7Kcal**
- Salidas. **4 995 000 Kcal**

Producción 1 500 kg      Aporte energético del frijol (3 330 kcal/kg)

**Eficiencia energética=4 995 000 Kcal /4 159 741,7Kcal = 1,20**

Este resultado representa que por cada Kcal que consume el cultivo, se producen 1,20 Kcal, por lo que es favorable, ya que se aporta más energía que la que se consume. Sin embargo, la eficiencia energética obtenida es inferior a la reportada por Hernández (2018) para el cultivo de frijol común en la finca “San Ramón”; en esa entidad la preparación del terreno se realizó con trabajo animal y se realizaron menos labores, también se le aplicó menos regadío al cultivo. Investigaciones sobre la eficiencia energética en sistemas de producción de arroz ofrecieron como resultado que el menor gasto energético se obtuvo en el sistema que utilizó insumos de menor equivalencia energética (mano de obra, menor nivel de mecanización) (Castellanos, 2013). En estudios desarrollados por Santoni *et al.* (2015) los mayores ingresos en energía al sistema provenían de la energía directa (principalmente combustibles fósiles), seguido por los fertilizantes, fungicidas y herbicidas que constituyen la energía indirecta, lo que coincide con los resultados obtenidos por el autor donde la energía proveniente de los combustibles fósiles representa el 64,7 %. Comprender los flujos y balances de energía, es un elemento básico para lograr la sostenibilidad energética, tanto por razones económicas, como ecológicas y sociales. El conocimiento y la cuantificación de la eficiencia energética de los sistemas de producción de alimentos deberían constituirse en una herramienta fundamental para el diseño de mejores estrategias de manejo agrícola y toma de decisiones políticas (Funes y Monzote, 2009).

### **Resumen de las dimensiones**

El promedio general de las tres dimensiones fue de 6,55 (Tabla 19). Estos resultados demuestran, de forma general el cultivo del frijol común es sostenible en la finca, pues las dimensiones evaluadas obtuvieron valores próximos a 7 y se encontraron en equilibrio. Para lograr una mayor sostenibilidad ambiental del cultivo en la finca se deben tomar medidas para la reducción del empleo de la maquinaria, lo que influye en el resultado obtenido en la dependencia de insumos externos (consumo de combustible) y la eficiencia energética del cultivo. Para alcanzar mejores resultados en la sostenibilidad económica se debe incidir en la

disminución del costo de mano de obra, con un mejor aprovechamiento de las jornadas de trabajo.

Tabla 19. Resumen de las dimensiones

<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>
<b>Económica</b>	6,5
<b>Ambiental</b>	6,6
<b>Promedio</b>	<b>6,55</b>

**5. Conclusiones:**

1. El cultivo del frijol común en la finca “San José” es sostenible económicamente, con una incidencia negativa del indicador mano de obra.
2. En la dimensión ambiental existió sostenibilidad en general, mostrando deficiencias los indicadores dependencia de insumos externos e incidencia de organismos nocivos.
3. El cultivo del frijol en la finca es eficiente energéticamente, siendo el combustible empleado en el riego y la maquinaria el que más energía consumió.

**6. Recomendaciones:**

1. Aplicar técnicas agroecológicas para la reducción de la dependencia de insumos externos.
2. Continuar los estudios de sostenibilidad del cultivo del frijol en la finca en otro periodo de siembra.

## **7. Referencias Bibliográficas**

1. Aguilar-Jiménez, C. E.; Tolón-Becerra, A.; Lastra-Bravo, X. (2011). Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México. *Rev. FCA UNCUYO*. 43 (1):155-174.
2. Alemán, R. y Brito, J. (2003). Balance energético en dos sistemas de producción de maíz en las condiciones de Cuba. *Centro Agrícola*, 30 (3):84-87.
3. Altieri, M. A. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Ed. Nordan-Comunidad, Montevideo. 1999, 325 p.
4. Álvarez, U.; Cruz, A.; Grillo, H.; Gómez, J. (2008). *Hymenoptera; Formicidae*, predadores de huevos del complejo pentatómidos en soya. *Centro Agrícola*, 35(2): 89-90.
5. Araya P., Díaz R., Fernández L. (1995). *El desarrollo sostenible: un desafío a la política económica agroalimentaria*. San José, CR. 248 p.
6. Araya, C.M. 1996. Pathogenic and molecular variability an telia production of *Uromyces appendiculatus* isolates from the Andean and Middle American Centers of domestication of common bean. PH.D. Thesis. University of Nebraska-Lincoln, 159 p
7. Astier, M.; Masera, O. & Galvan-Miyoshi, Y. (2008). Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidimensional. 85 – 87 p.
8. Beebe, S.& Pastor-Corrales, M.(1991). Breeding for disease resistance. In A. Van Schoonhoven & O. Voysest (eds). *Common bean, research for crop improvement*. CIAT. Cali, Colombia. 561-618p.
9. Bie, S.; Baldascini, A. & Tschirley, B. (2001). El contexto de los indicadores en la FAO. En *Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural*, Boletín de Tierras y Aguas de la FAO nº 5.

## *Referencias Bibliográficas*

10. Blanco, Y. y Leyva, A., (2011). Determinación del período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris*, L). cultrop 32 (2).
11. Bolaños, A.; Díaz, O.; Mondragón, G.; Serrano, L. M. (2009). Efectos de la densidad y distribución del frijol (*Phaseolus vulgaris*) sobre la maleza y período crítico de competencia. Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, México. XII Congresso da SEMh, XIX Congresso da ALAM, II Congresso da IBCM, vol. 1, Lisboa, Portugal.
12. Bonilla, N. (2000): Producción de semilla de frijol posterior al huracán Mitch en Nicaragua. Agronomía Mesoamericana 11: 1-5
13. Brown, L. R. (1994). Facing food insecurity. State of the World. Earthscan Publications Ltd. Londres. 110-131 p.
14. Carravedo F.M. y Mallor G. (2008). Variedades autóctonas de Legumbres españolas. Editorial: Centro de Investigación de Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), 525 p
15. Castellanos, E. (2013). Eficiencia energética en sistema de producción de arroz de purificación. Scientia Agroalimentaria. Tolima, Colombia. ISSN: 2339-4684. 1 33-38 p.
16. Claverias, R. (2000). Metodología para construir indicadores de impacto. Boletín Agroecológico, 67 p.
17. DGSV. Dirección General de Sanidad Vegetal. (2005). Manual de funciones y procedimientos del Sistema Nacional de Protección de Plantas. La Habana.
18. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2005). En sitio web: <http://www.fao.stat.org> [consultado el 11 de enero de 2019].
19. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (1995). Manual técnico de fijación simbiótica del nitrógeno leguminosa/Rhizobium. Italia: Ediciones Roma, 42 p.

## *Referencias Bibliográficas*

20. Fernández, F.; Gepts, P.; López, M. (1991). Etapas de desarrollo en la planta de frijol. En: Frijol: Investigación y Producción. Van Schoonhoven, A. (eds), 61-78 p.
21. Funes, F. (2009). Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. La Habana. Cuba. 176 p.
22. Funes, F.; García, L.; Bourque, M.; Pérez, N. y Rosset, P. (2001). Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. La Habana: ACTAF.
23. Galván, Y. (2006). MESMIS Interactivo. Grupo Gira.
24. García, M.R., García, D.G. (2001). Notas sobre mercado y comercialización de productos agrícolas; México; Ed. Colegio de Posgraduados, Centro de Economía
25. Gliessman, S. (2007). Agroecología: Promoviendo una transición hacia la sustentabilidad, 1-11 p.
26. GORC. Gaceta Oficial # 18 extraordinaria (2015). Edición extraordinaria. Ministerio de Finanzas y Precios. La Habana.
27. Hernández, A; Pérez, J; Bosch, D; Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Instituto de Suelos. Ediciones INCA, Cuba, 54-55 p.
28. Hernández, H.P. (2010). *Empoasca kraemeri* Ross y *Moore* en *Phaseolus vulgaris* L. en Villa Clara, Cuba. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Agricultura Sostenible. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
29. Hernández, M.M. (2018) Sostenibilidad del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares BAT -304 y Velazco Largo en la finca "San Ramón". Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. UCLV
30. Higa T. (1997). Making a world of difference through the technology of effective microorganisms (EM) EM Technologies, Inc; 8 p.
31. INRA.(1977). El cultivo del frijol. Cuba

## *Referencias Bibliográficas*

32. Izquierdo, M., Santana, Y., García, A., Carrodegua, S., Aguiar, I., Ruiz, M., Faure, B., Monrabal, L. (2018). Respuesta agronómica de cinco cultivares de frijol común en un agroecosistema del municipio Consolación del Sur. *Ctro. Agr*, 45 (3).
33. Kramer, P.J. (1983). *Water relations of plants*. Academic Press Inc, N.Y. 389 p
34. Lamz, A., Cárdenas, R. M., Ortiz, R., Alfonzo, L., Sandrino, A. (2018). Evaluación preliminar de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) promisorios para siembras tempranas en Melena del Sur. *Cultivos Tropicales* 39 (4): 111-118.
35. Leyva, A. y Pohlan, J. (2005). *Agroecología en el trópico ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla*. Aachen (Alemania): Ediciones Shaker Verlag.
36. López, J. (2010). Efecto de la urea en aplicaciones foliares al cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la UBPC "13 de Octubre". Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
37. LPSV. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. (2005). Resumen ampliado de Metodologías de Señalización y Pronóstico Fitosanitario.
38. Machado, R. (2015). Incidencia de *Diabrotica balteata* (Leconte) y *Cerotoma ruficornis* (Oliver) asociados a *Phaseolus vulgaris* (L.). Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo.
39. Martínez, R.; Dibut, B. y Ríos, Y., (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultrop* 31 (3).
40. Martínez, V. (2013). Sostenibilidad del frijol INIVIT Punti-blanco en época intermedia. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. UCLV.

## *Referencias Bibliográficas*

41. Martínez, E, Barrios, G, Rovesti, L, Santos R. (2007): Manejo integrado de plagas, manual práctico. 1ra ed. CNSV-GVC-Entre pueblos, España. 75-80 p.
42. Martínez, E; Espinosa, J; González, T; Paz, O; González, C; Rovira, S. (2015). Tecnología Agroecológica para el cultivo del frijol. Fertilización. P. 7,14, 21.
43. Masera, O.; Astier, M. & López, S. (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA- Mundi-prensa, México.
44. MINAGRI. (2006). Producción sostenible del frijol común en Cuba. La Habana.
45. MINAGRI. (2007). Lineamientos para los Subprogramas de la Agricultura Urbana para 2008-2010 y Sistema Evaluativo. 121p.
46. MINAGRI. (2017). Lista oficial de cultivares comerciales. Dirección de certificación de semillas. Ciudad Habana. 12-16 p.
47. MINAGRI. (2016b). Cadena de valor del frijol común en Cuba. Estudio de su situación en siete municipios de las provincias de Sancti Spíritus y Villa Clara.
48. Mora, O. (1997). Origen e importancia del cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Fac. Agron. Maracay. Venezuela. 23:225-234.
49. Nuñez, A. y Foster, E. (1996). Efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento de hojas, tallos y vainas de frijol. Agricultura Tec. en México 22:99-109
50. ONEI. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (2017). Capítulo 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. En: Anuario Estadístico de Cuba 2017. Edición 2018.
51. ONUFAO. (2006). Crear y manejar un huerto escolar. Un Manual para profesores, padres y comunidades. 198 p.

## *Referencias Bibliográficas*

52. Opio, A. F. y Senguoba, T. (1992). Progress on bean pathology research in Uganda. Res. Anal. SobreFrijol. 17 (1).
53. Pacheco, Y. (2006). Indicadores de sostenibilidad en una unidad de producción familiar influida por la metodología Campesino a Campesino en el municipio Santa Clara, 1-97 p.
54. Pastor-Corrales, M. A; Jara, C. (1995). La evolución de *Phaeoisariopsis griseolecon* el frijol común en América Latina. Firop.col.19: 15-24
55. Pastor-Corrales, M. A; Otoya, M., Molina, A.; Singh, S. P. (1995). Resistance to *Colletotricchum lindemuthianum isolatus* from Middle America and Andean South America in Different common bean races plant DIS. 79: 63-67
56. Pérez, N. (2003). Agricultura orgánica: bases para el manejo ecológico de plagas. La Habana: CEDAR, ACTAF, HIVOS.
57. Pinheiro, C.; Baeta, J.P.; Pereira, A.M.; Domínguez, H.; Ricardo, C. (2007). Mineral elements correlations in a Portuguese germplasm collection of *Phaseolus vulgaris* L. Integrating Legume Biology for Sustainable Agricultura. 6 European Conference on Grain Legumes. 12-16 noviembre 2007, Lisboa, Portugal, 125-126 p.
58. Puentes, M. (1994). Monografía. Cultivo del frijol. Tema. Nutrición. UCLV. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 14 p.
59. Quintero, E. (1985). Cultivares y Agrotecnia del cultivo del frijol. Informe final de Investigaciones, Quinquenio 1981-1985. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara. 40 p.
60. Quintero, E. Saucedo O, Gil V y Mena O. (2002). Estructura varietal del frijol: Contribución al manejo sostenible de su cultivo. Centro Agrícola. UCLV, Santa Clara, Cuba, Año 29 (4), 87-88.
61. Quintero, E., Guzmán, L., y Gil, V. (2005). El banco de germoplasma de frijol del CIAP y su contribución al desarrollo en el sector productivo de Villa

## *Referencias Bibliográficas*

- Clara. III Conferencia Internacional Sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad Agrocentro, Santa Clara.
62. Ramos, Y, Gómez, J, Espinosa, R, Días, F, Crespo, A, Machado, R. (2015). Etología de los crisomélidos (*Coleoptera: Chrysomelidae*) asociados a tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en época intermedia. *Rev. Protección Veg.* 30 (3):165-170.
63. Riechmann, J. (2003). Cuidar la Tierra. Políticas agrarias y alimentarias para entrar en el siglo XXI. Ed Icaria. Madrid, 1-3 p.
64. Rodríguez, Y., Paredes, E., Gutiérrez, J. E., Aulán, N., (2013). Principales arvenses en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en áreas de producción de las provincias cubana de Artemisa y Mayabeque. *Fitosanidad* 17 (3):139-144.
65. Ruesga, A. (2001). Caracterización de la agricultura sostenible. En AAVV, „La práctica de la agricultura y ganadería ecológicas“, Comité Andaluz de Agricultura Ecológica, 357-372 p.
66. Saetter, A. N. (1989). Common bacterial blight. En: Schwartz, H. F; M. A. Pastor-corrales (eds). *Bean production problems in the Tropics*. 2nded. CIAT, Cali, Colombia, 261-283 p.
67. Santoni, L.; Hidalgo, V.; Filippini, M.; Gennari, A. (2015). Estimación de la huella energética en agroecosistemas cultivados con vid y ajo en Mendoza, Argentina. Congreso Latinoamericano de Agroecología. La Plata, Argentina.
68. Sarandón, S. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas, 20: 393-414.
69. Segnestam, L.; Winograd, M. & Farrow, A. (2000). Desarrollo de indicadores. Lecciones aprendidas de América Central. Banco Internacional para la Reconstrucción y el Desarrollo – Banco Mundial. Washington, 3 p.
70. Serageldin, I. (1996). El desarrollo sostenible: de la idea a la acción. *Finanzas y Desarrollo* 33(4):3.

## *Referencias Bibliográficas*

71. Simón, X.; Domínguez, M.D.; Alonso, A.M. & Guzmán, G.I. (2002). Beneficios derivados de la agricultura ecológica. En „La agricultura y ganadería ecológicas en un marco de diversificación y desarrollo solidario. Ponencias del V Congreso de la SEAE“ SERIDA-SEAE, Gijón, 321-330 p.
72. Singh, S.(1999). Production and Utilization. En: Singh, S. P. (eds). Common bean improvement in the twenty-first century. Kluwer Academic Publishers. 1-24 p.
73. Socorro, A, Martín, D. (1989). Granos. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 318 p.
74. Toledo, V. (2007). Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable. Porto Alegre. 12- 14 p.
75. Ustimenko, G y Bakunovsky, V. (1982). El cultivo de plantas subtropicales y tropicales. Editorial Mir. Moscu. 189 p.
76. Valladolid, Á.; Pantaleón, J.; Castillo, O.; Aquino, J.; (1998). Curso producción de menestras de exportación (Para agricultores), Chiclayo – Perú.
77. Van Schoonhoven A. y Pastor-Corrales M. (1987). Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. CIAT. Colombia. 56 p.
78. WCED (World Comisión on Environment and Development). (1987). Our Common Future. Oxford University Press, 43 p.
79. Wortmann, C. S; Kirkby, R.A.; Eledu, C.A., Allen D.J. (1998). Atlas of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Africa. CIAT, Cali, Colombia.

