UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

TRABAJO DE DIPLOMA

Santa Clara

Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Departamento Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

Sostenibilidad del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares BAT – 304 y Velazco Largo en la finca "San Ramón"

Autora. Melisa María Hernández Pérez

Tutor. Dr.C. Manuel Díaz Castellanos

Santa Clara, junio de 2018
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

"…Vivir es tener algo que hacer. Vivir es tener una meta, un objetivo, una tarea, una obra a la cual dedicar el tiempo, la energía y dedicar la vida…"

Fidel Castro Ruz

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mis padres Tamara Pérez Pérez y Enrique Hernández Yanes, por su amor, esfuerzo y ayuda infinita

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 Tamara y mi papá Enrique

A mi tutor Dr. C. Manuel Díaz Castellanos, por su ayuda incondicional e incansable en el desarrollo de este trabajo. Por su profesionalidad, dedicación, apoyo, conocimientos y depositar su confianza en mí

A mis abuelos Lázara, Ángel, Elba y Rigoberto

A mi tía Yudith y mi prima Liz María

A todos mis profesores en especial a Carlos Manuel Andreu Rodríguez, Isbel Rodríguez Seijo, Pedro Martínez Campos, Ana Lourdes León, Gerardo Paz Rodríguez, Julio Díaz, Jesús Alfonso Carrandi, y Marianela Sibat, del Centro de Documentación de la FCA

A los especialistas del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, en especial a su director Reinaldo Mesa, Xiomara Fernández, Marlenis Alemán, Esther Lilia Martín, Antonia María Valdés, Jorge Luis Rodríguez, Eloísa Salazar e Ivón Fernández

A los trabajadores de la Empresa Provincial de Semillas Varias, en especial a Lidia e Ileana

A los trabajadores de la finca "San Ramón", en especial a Gualberto Pérez, Adán Aguilera y Danois y Héctor de la Cruz

A mis compañeros de aula Kenisleidy, Tristá y Ofelia

Resumen

Con el objetivo de evaluar la sostenibilidad del frijol común se desarrolló una investigación en la finca “San Ramón”, perteneciente a la Empresa de Semillas Varias, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, en el período comprendido de octubre de 2015 a abril de 2016. Se utilizaron los cultivares BAT–304 y Velazco Largo, registrados en la Lista oficial de cultivares comerciales, sembrados en un marco de 0,60 m x 0,10 m y 0,50 x 0,10 m respectivamente, sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado en la época de siembra intermedia y tardía del frijol común. El experimento se realizó en un área que comprende 1 hectárea de dicha finca para cada cultivar. Para evaluar la sostenibilidad se tomaron en cuenta tres dimensiones: económica, ambiental y social. Los resultados mostraron que los cultivares evaluados son sostenibles, siendo las principales deficiencias en ambos los indicadores: origen de los ingresos en la dimensión económica, dependencia de insumos externos en la dimensión ambiental, y calidad de vida en la dimensión social. Los cultivares fueron eficientes energéticamente.

Palabras clave: BAT-304, época de siembra, frijol común, sostenibilidad, Velazco Largo.

Índice

1. Introducción 1
2. Revisión bibliográfica 3
2.1. Concepto de sostenibilidad. 3
2.1.1. Requisitos de sostenibilidad. 3
2.1.2. Indicadores de sostenibilidad. 5
2.2. Generalidades del frijol común. 5
2.3. Ubicación taxonómica. 6
2.4. Características botánicas. 6
2.5. Importancia. 7
2.6. Producción mundial de frijol común. 8
2.7. Producción de frijol común en Cuba. 9
2.8. Época de siembra. 9
2.9. Atenciones culturales. 10
2.9.1. Manejo del riego. 10
2.9.2. Fertilización. 11
2.9.3. Control de arvenses. 12
2.9.4. Cosecha. 13
2.10. Factores que intervienen en el crecimiento y desarrollo del cultivo. 13
2.10.1. Factores climáticos. 13
2.10.1.1. Temperatura. 13
2.10.1.2. Luz 14
2.10.2. Edáficos. 14
2.11. Principales plagas insectiles. 14
2.12. Enfermedades. 15
3. Materiales y métodos 17
3.1. Dimensión económica 17
3.1.1. Beneficio económico del cultivo. 19
3.2. Dimensión ambiental 19
3.2.1. Carga Tóxica Contaminante. 21
3.2.2. Eficiencia energética del cultivo. 21
3.3. Dimensión social. 22
4. Resultados y discusión 24

4.1. Dimensión económica en el cultivar BAT – 304. 24
4.1.1. Beneficio económico del cultivo (cultivar BAT – 304). 25
4.2. Dimensión ambiental en el cultivar BAT – 304. 25
4.2.1. Carga Tóxica Contaminante (cultivar BAT – 304). 28
4.2.2. Eficiencia energética del cultivo (cultivar BAT – 304). 30
4.3. Dimensión social en el cultivar BAT – 304. 34
4.4. Dimensión económica en el cultivar Velazco Largo. 35
4.4.1. Beneficio económico del cultivo (cultivar Velazco Largo). 37
4.5. Dimensión ambiental en el cultivar Velazco Largo. 37
4.5.1. Carga Tóxica Contaminante (cultivar Velazco Largo). 39
4.5.2. Eficiencia energética del cultivo (cultivar Velazco Largo). 41
4.6. Dimensión social en el cultivar Velazco Largo. 43
5. Conclusiones 46
6. Recomendaciones 47
7. Referencias bibliográficas

1. Introducción

Según la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo “Nuestro futuro común” se define 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).

Cuando se habla de organizaciones agropecuarias sostenibles se tiene en cuenta el denominado triángulo de la sostenibilidad. En este se conjugan tres aspectos fundamentales: económico, ambiental y social. Lo económico concibe el paradigma de desarrollo a seguir para lograr un salto cualitativamente superior en su desempeño: para ello propone la determinación de la misión, la visión, las estrategias, las políticas y los objetivos a alcanzar. El componente social incluye el cumplimiento de su responsabilidad, las relaciones que mantiene la organización con su entorno, la relación que establece con los clientes y los proveedores y el componente ambiental incluye todos los factores que interactúan con el medio ambiente (Milián y Díaz, 2008).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las especies de las leguminosas de semilla más importante en el mundo para el consumo humano, debido a que proporciona una fuente significativa de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta humana (Mederos, 2013). Está ubicado entre los cinco cultivos con mayor superficie en los países latinoamericanos, y es el tercero en importancia después de la soya (*Glycine max* (L.) Merr*.)* y el cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) (Lin, 2008). Su importancia radica en que es una fuente de calorías, proteínas, fibras dietéticas, minerales, vitaminas y 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 (Bascur, 2001).

En siete países se concentró el 63,0 % de la producción mundial de frijol en 2014: India (16,4 %), Myanmar (14,9 %), Brasil (13,1 %), Estados Unidos (5,3 %), México (5,1 %), China (4,1 %) y Tanzania (4,1 %) (FIRA, 2016).

En Cuba en el 2016, el área destinada por el sector estatal para el cultivo fue de 4792 ha, con una producción de 6345 t y un rendimiento de 1,32 t ha^{-1}, y para el sector privado 117 753 ha, el cual contribuye con la mayor producción

anual de este grano, con un estimado de 130 225 t y un rendimiento de 1,11 t ha^{-1} (ONEI, 2017).

En la provincia Villa Clara en el 2015 se sembraron 10 705 ha del cultivo, alcanzándose un rendimiento promedio de 1,4 t ha^{-1} y una producción total de 12 035,9 t. Sin embargo, la susceptibilidad de esta leguminosa a los factores bióticos y abióticos continúa siendo una limitante en la obtención de mayores rendimientos (MINAGRI, 2015). El descenso de los rendimientos en Cuba se origina fundamentalmente por factores agronómicos como son el déficit nutricional, así como por la incidencia de plagas, suelos con inadecuadas condiciones físicas, deficiente calidad de la semilla y su conservación, y condiciones climáticas adversas (MINAGRI, 2007).

Problema

No existen estudios sobre la sostenibilidad del frijol común en la finca “San Ramón”.

Hipótesis

Si evaluamos la sostenibilidad del frijol común cultivares BAT-304 y Velazco Largo, entonces se podrán tomar medidas para obtener mejores resultados en el manejo del cultivo.

Objetivo general:

- Evaluar la sostenibilidad económica, ambiental y social del frijol común, cultivares BAT – 304 y Velazco Largo en la finca “San Ramón”.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la sostenibilidad económica del frijol común, cultivares BAT – 304 y Velazco Largo en la finca “San Ramón”.
2. Evaluar la sostenibilidad ambiental del frijol común, cultivares BAT – 304 y Velazco Largo en la finca “San Ramón”.
3. Determinar la eficiencia energética del frijol común, cultivares BAT – 304 y Velazco Largo en la finca “San Ramón”.
4. Valorar la sostenibilidad social del frijol común, cultivares BAT – 304 y Velazco Largo en la finca “San Ramón”.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Concepto de sostenibilidad.

El concepto de sostenibilidad surgió en la década de los 80 del siglo pasado, originado por la necesidad de cambiar el modelo de uso de los recursos naturales y por la búsqueda de una nueva forma de desarrollo de la sociedad (Fernández, 2005). En Cuba, en el Diccionario de términos ambientales Camacho y Ariosa (2000) definen sostenibilidad como el uso de la biosfera por las generaciones actuales, al tiempo que mantienen sus rendimientos potenciales para las generaciones futuras.

Según Miller (2008) el desarrollo sostenible tiene que conseguir a la vez:

- Satisfacer las necesidades del presente, fomentando una actividad económica que suministre los bienes necesarios a toda la población mundial.
- Satisfacer las necesidades del futuro, reduciendo al mínimo los efectos negativos de la actividad económica, tanto en el consumo de recursos como en la generación de residuos, de tal forma que sean soportables por las próximas generaciones.

2.1.1. Requisitos de sostenibilidad.

El objetivo del desarrollo sostenible es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos económico, social, y ambiental de las actividades humanas; "tres pilares" que deben tenerse en cuenta por parte de las comunidades, tanto empresas como personas:

Sostenibilidad económica: se da cuando la actividad que se mueve hacia la sostenibilidad ambiental y social es financieramente posible y rentable.

Sostenibilidad social: basada en el mantenimiento de la cohesión social y de su habilidad para trabajar en la persecución de objetivos comunes. Supondría, tomando el ejemplo de una empresa, tener en cuenta las consecuencias sociales de la actividad de misma en todos los niveles: los trabajadores (condiciones de trabajo y nivel salarial), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general.

Sostenibilidad ambiental: compatibilidad entre la actividad considerada y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas, evitando la degradación de las funciones fuente y sumidero. Incluye un análisis de los impactos

derivados de la actividad considerada en términos de flujos, consumo de recursos difícil o lentamente renovables, así como en términos de generación de residuos y emisiones. Este último pilar es necesario para que los otros dos sean estables.

Para alcanzar la sostenibilidad del medio ambiente es fundamental que los recursos naturales se utilicen de forma inteligente y que se protejan los ecosistemas complejos de que depende nuestra supervivencia. Debe tenerse en cuenta que, la sostenibilidad no podrá lograrse con los modelos actuales de consumo y uso de recursos. Una sociedad sostenible o sustentable ambientalmente cubre los requerimientos básicos de manera justa y equitativa sin degradar o agotar al capital natural que suministran estos recursos.

Asimismo, el desarrollo y el bienestar social, están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana. Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social de forma que el medio ambiental pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana.

La sostenibilidad económica, es el crecimiento económico interrelacionado con los dos elementos anteriores. En síntesis, el logro del desarrollo humano sustentable será resultado de un nuevo tipo de crecimiento económico que promueva la equidad social y que establezca una relación no destructiva con la naturaleza (Barrios, 2010).

La interacción entre la sustentabilidad económica, ecológica y social supone plantearse la búsqueda de un equilibrio entre la eficiencia económica (asignación óptima), la equidad social (distribución óptima) y la escala óptima del subsistema económico. Aunque teóricamente este sería el objetivo deseable, en la práctica, conseguirlo resulta difícil debido a que cada disciplina da más importancia a unos objetivos que a otros, lo que implica, en muchos casos, tener que marcar prioridades, aunque sigue siendo un objetivo clave encontrar un enfoque de política que integre las tres dimensiones (Seralgedin, 1993).

2.1.2. Indicadores de sostenibilidad.

Según Quiroga (2001) los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) pueden interpretarse como un sistema de señales que facilitan evaluar el progreso de nuestros países y regiones hacia el desarrollo sostenible. Los indicadores son herramientas concretas que apoyan el trabajo de diseño y evaluación de la política pública, fortaleciendo decisiones informadas, así como la participación ciudadana, para impulsar a nuestros países hacia el desarrollo sostenible.

Los indicadores de sostenibilidad se plantean como instrumentos que nos permiten evaluar los avances en el camino de esta senda hacia un nuevo paradigma de desarrollo (Olalla, 2003).

2.2. Generalidades del frijol común.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más producida y consumida en el planeta (Blair *et al*., 2012). Se considera como la segunda fuente de proteína en África oriental y meridional, y la cuarta en América (Romero *et al*., 2013).

El género *Phaseolus* agrupa a multitudes de especies, de las que solo cinco (*Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus polianthus* y *P. vulgaris*) han sido domesticadas. Solo *P. vulgaris* ocupa más del 85 % de la superficie mundial dedicada este cultivo. 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, subtrópico y regiones templadas, siendo la legumbre más importante en Latino América y parte de África (Pinheiro *et al*., 2007).

La evidencia más antigua del frijol común domesticado en México, se encontró en forma de un fragmento de legumbre recuperado en una excavación en el Valle de Tehuacán. La determinación de la edad de esta muestra indicó una edad aproximada 2,285 años. En este país se han identificado 47 de las 55 especies clasificadas en este género, además de que aquí se han encontrado los verdaderos antepasados silvestres de las cinco especies cultivadas, entre ellas el frijol común (Benavides *et al*., 2010).

2.3. Ubicación taxonómica.

Valladares (2010) sitúa al frijol en la siguiente posición:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

2.4. Características botánicas.

El frijol posee un sistema radical compuesto por una raíz principal, así como por un gran número de raíces secundarias y raicillas. Es de crecimiento rápido, su mayor desarrollo se produce cerca de la superficie del suelo (de 20 a 40 cm de profundidad y de 15 a 30 cm de laterales). Una característica importante es la formación en el sistema radical, de nódulos formados por la simbiosis con la bacteria del género *Rhizobium* y que tiene como función principal la fijación del nitrógeno atmosférico.

El tallo es de una altura variable, según sea de tipo determinado o indeterminado. En las de tipo determinado el tallo termina en una inflorescencia y la planta es de tipo enano (de 20 a 60 cm), mientras que las plantas de tipo trepador o voluble, el tallo es trepador o de guía, no produce inflorescencia en la yema terminal y logra alcanzar una longitud considerable (de 2 a 10 m).

Las hojas son alternas, compuestas por tres foliolos (dos laterales y uno terminal o central). Los foliolos son grandes, ovalados y con extremos acuminado o en forma de punta. El foliolo impar en dependencia de los cultivares puede ser acuminado, bruscamente acuminado y largamente acuminado. El color varía desde el verde normal hasta el verde amarillento, pasando por el verde oscuro al verde violáceo. Posee un nervio central y un sistema de nervaduras ramificadas en toda el área del limbo foliar.

La inflorescencia del frijol se presenta en racimos que pueden ser terminales y axilares. En los cultivares de frijol de tipo indeterminado, todas las inflorescencias son de tipo axilar. El número de flores por inflorescencia es variable, pudiendo llegar hasta treinta. En algunos casos la inflorescencia puede ser en forma de racimo y en otros casos en forma de roseta.

Su fruto es una legumbre conocida comúnmente como vaina; es de forma alargada y puede alcanzar desde 6 hasta 22 cm de largo. Después que se produce la fecundación, el color de la legumbre es verde. Esta coloración la puede mantener hasta la maduración, o también tornarse amarillenta, violácea o jaspeada. La legumbre contiene un número variable de semillas, generalmente varía entre 3 y 9, aunque lo normal es de 5 a 7 semillas por legumbre.

Los granos o semillas son generalmente reniformes, aunque también puede ser oblongos u ovalados. Atendiendo al color, se pueden encontrar granos de color uniforme, como los negros, rojos y blancos. También se pueden encontrar de dos colores con diferentes variantes dentro de dicho grupo, y finalmente hasta de tres colores diferentes. El tegumento o cascara de la semilla tiene un espesor variable que depende de los cultivares y del tipo de frijol (Socorro y Martín, 1998).

2.5. Importancia.

El frijol común es entre las leguminosas de grano alimenticias, la especie más importante por el elevado contenido de nutrientes que posee. Este grano proporciona una fuente esencial de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta de las poblaciones en América, sobre todo en los países en vías de desarrollo (Rodríguez *et al*., 2015).

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33 %, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6,4 a 7,6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5,3 a 8,2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo a evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70 % comparada con una

proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100 %. En relación a la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo del cultivar, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14 -19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico (Ulloa, 2011).

2.6. Producción mundial de frijol común.

La producción mundial de frijol creció a una tasa promedio anual de 1,6 % entre 2003 y 2014, para ubicarse en 25,1 millones de toneladas. Esta tendencia se deriva de un crecimiento promedio anual de 0,5 % en la superficie cosechada y de 1,0 % en el rendimiento promedio, durante el período señalado. Dentro de los países productores Myanmar, India, Brasil, China, Estados Unidos y México aportan en conjunto el 63,0 % de la oferta mundial. Su consumo se realiza principalmente en los países en desarrollo, aunque en muchos de éstos se ha reducido en los años recientes al sustituirlo por otros productos. Actualmente, el consumo per cápita se ubica en un promedio mundial de 2,5 kilogramos por persona por año.

En 2014, el rendimiento promedio mundial de frijol se ubicó en 0,83 t ha^{-1}. Estados Unidos, China, Myanmar, Tanzania y Brasil reportan niveles de productividad superior al promedio mundial, mientras que los de México y la India son inferiores (FIRA, 2016).

El frijol ha sido un elemento tradicionalmente importante en América Latina y en general en una gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva como un alimento básico y barato en la dieta humana. En esta región se producen más de cuatro millones de toneladas de este grano al año y se consume una cifra que oscila entre los 10 kg y 20 kg per cápita (Llanes, 2005).

En América Latina los principales países productores y consumidores de frijol en forma de grano seco son: Brasil (> 5,3 millones de ha) y México (1,8 millones de ha), mientras que en Colombia, Argentina y Nicaragua se siembran entre 150 y 250 000 ha (FAO, 2014).

En la mayoría de los países centroamericanos y caribeños como Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Cuba, República Dominicana y Haití, el frijol constituye uno de los cultivos básicos más importantes, precedido en ocasiones por el maíz. No obstante, a esto, no se satisfacen las necesidades del grano, debido a la baja productividad del cultivo, lo que provoca una pérdida significativa de divisas en los países menos desarrollados. En la región, esta baja productividad está asociada a diversos factores como son el bajo uso de insumos, la falta de asistencia técnica, el mercado y los problemas fitosanitarios (FAO, 2005a).

2.7. Producción de frijol común en Cuba.

En Cuba, dentro de los granos básicos, el frijol se cultiva a nivel nacional variando el área de siembra, los rendimientos y las tecnologías de manejo de una región a otra. A pesar de la importancia alimenticia para la población, la producción total nacional no satisface la demanda, por lo que aún, en los momentos actuales, existe la necesidad de importar miles de toneladas anualmente (Olivera *et al*., 2016).

Las regiones frijoleras más importantes se encuentran en las provincias de Holguín, Pinar del Rio, Villa Clara, Sancti Spíritus y Granma, y diseminado por todo el territorio nacional se encuentran numerosos planes frijoleros de menor magnitud; además los pequeños agricultores dedican a este cultivo parte de sus tierras con propósitos de autoconsumo (ONEI, 2014).

Por su cercanía geográfica las provincias de Villa Clara y Sancti Spíritus conforman una región que se caracteriza por concentrar la mayor capacidad productiva del país. Su producción conjunta (19 069 t) supera la producción de la provincia de Pinar del Río (principal productora de frijol común en el país) con 16 213 t (MINAGRI, 2016a).

2.8. Época de siembra.

El cultivo del frijol de forma general requiere de temperaturas cálidas moderadas y humedad del suelo suficiente pero no excesivo, sobre todo en las fases de germinación, floración y fructificación, no así en las fases de maduración y cosecha que necesita poca humedad en el suelo.

En función de la adaptabilidad de diferentes grupos de cultivares y de acuerdo a sus características propias se subdivide en tres etapas: una llamada de siembra temprana, comprendida de septiembre a octubre y caracterizada por ser lluviosa y comenzar a disminuir la temperatura; otra llamada intermedia, que comprende los meses de noviembre y diciembre donde las lluvias casi desaparecen y las temperaturas continuas bajando; y otra llamada de siembra tardía, localizada en los meses de enero y febrero con muy pocas lluvias y temperaturas aún más bajas (Martínez *et al.,* 2015).

Según Quintero (2007) 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, la mayor incidencia de enfermedades fúngicas del pie de la planta (*Rhizoctonia* y *Sclerotium*) y a la mayor incidencia de tizones bacterianos. En las siembras tardías (enero y febrero) los rendimientos también decrecen producto de la incidencia de la roya (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arthur) y la elevación de la temperatura en la fase reproductiva de la planta, que afecta los procesos de fecundación y retención de las legumbres.

2.9. Atenciones culturales.

Según Quintero (1985) de todas las prácticas agrotécnicas, el manejo adecuado de los cultivares 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 unos cultivares por otros.

2.9.1. Manejo del riego.

Para obtener semilla de calidad hay que disponer de riego sobre todo para el frijol común que es más exigente y su fecha óptima de siembra coincide con los meses más secos. El método más adecuado es aquel que menos humedad relativa cree en el follaje: por goteo (óptimo), por surcos, aspersión. Debiéndose tener en cuenta que para que germine uniformemente, se requiere una humedad bien distribuida en todo el campo para que le llegue a todas las

semillas, cuando más necesario es un suministro de agua según las características del suelo, las posibles lluvias y el clima en general es desde la prefloración hasta el llenado total del grano. Además se debe tener en cuenta que en la etapa de maduración el exceso de humedad puede afectar la calidad de la semilla (ETIAH, 1999).

Según Valladolid *et al*. (1998) se deben 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 legumbres.

2.9.2. Fertilización.

Las plantas leguminosas como el frijol común son capaces de llevar a cabo el proceso de fijación biológica de nitrógeno (FBN), a través de la simbiosis con bacterias del suelo conocidas comúnmente como rizobios (Zaccardelli *et al*., 2013). Este proceso es el encargado de convertir el nitrógeno atmosférico (N_2) en formas asimilables para las plantas y ofrece una alternativa económicamente favorable, agronómicamente viable y ecológicamente sostenible, lo que reduce las aportaciones externas y mejorando los recursos internos (Torres, 2008). Según la FAO (1995) la asociación Rhizobium-leguminosa es la más importante fuente de N, pues se ha reportado que en las leguminosas noduladas, bajo determinadas condiciones ambientales (suelos pobres en este elemento), pueden fijar hasta los 100 kg N_2/ha/año. Sin embargo, el frijol común es considerado una leguminosa pobre en el proceso de fijación simbiótica, teniendo valores en el orden del 40 % del N_2 fijado en la asociación (Bacem *et al*., 2007).

Granda (2017) en Ecuador en plantas de frijol reportó que en casa de cultivo y en campo, las cepas aisladas de *Rhizobium* incrementaron el rendimiento agrícola del frijol común en más de 50 % respecto al control. Las cepas nativas *R. leguminosarum* bv. *viceae* COL6, *R. mesoamericanum* NAM1, *R. tropici* RC2 y *R. etli* PIN1 presentaron los valores más altos en la producción de AIA,

mientras que las cepas *R. leguminosarum* bv. *viciae* Z3 y Q2 tuvieron la capacidad de solubilizar fosfatos.

Según Quintero (2000) la respuesta del cultivo del frijol a la fertilización con los elementos mayores Nitrógeno, Fósforo y Potasio, es muy errática y aparentemente contradictoria, pues está en dependencia de un grupo amplio de factores derivados del suelo, la planta, clima, manejo del cultivo, presencia y actividad microbiológica en el suelo. De los tres elementos minerales señalados, es el Nitrógeno el que en mayor cuantía extrae la planta del suelo. Una planta de frijol bien nutrida con este elemento debe contener en sus hojas superiores maduras al momento de la floración más del 3 % de N. De todo el nitrógeno extraído por la planta, el mayor porcentaje es absorbido hasta el momento del llenado del grano y el máximo ritmo de extracción se produce en la etapa de floración. También una buena parte del nitrógeno extraído (13 a 20 kg ha^{-1}) puede reintegrarse al suelo en el follaje desprendido y en los restos de cosecha si son correctamente manejados.

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. Los fertilizantes sólidos más usados en el mundo (nitrato de amonio, sulfato de amonio y urea) son los únicos nitrogenados simples empleados en Cuba (López, 2010).

2.9.3. Control de arvenses.

El frijol común 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 (Cruz *et al*., 1996).

El control de plantas indeseables es uno de los principales problemas que aún no se ha resuelto del todo en las áreas de cultivos, y en particular en la siembra de granos, ya sea por el mal manejo de los métodos de preparación de suelo, uso no adecuado de los herbicidas y la incorrecta selección de rotaciones de cultivos para reducir los niveles de enmalezamiento en el banco de semillas en

el suelo, entre otras causas. Por lo anterior debe dársele especial atención al manejo de aquellas especies dominantes y predominantes que, además de ser competidoras con los cultivos, interfieren como plantas que en un momento determinado son hospederas intermediarias de plagas (Paredes, 2011).

2.9.4. Cosecha.

La cosecha está directamente relacionada con la madurez fisiológica de la planta. Cuando se observa el inicio del cambio de coloración de verde a verde amarillento en hojas y legumbres, la semilla empieza a pigmentarse de color típico del cultivar, alcanza su madurez fisiológica, y su máximo poder germinativo y vigor. Según el cultivar, las semillas de fríjol alcanzan su peso seco máximo 30 - 35 días después de la floración. Informaciones recientes demuestran que las cosechas tardías afectan la germinación y el vigor, y favorecen la contaminación por microorganismos patogénicos. 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 (León, 2013).

2.10. Factores que intervienen en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

2.10.1. Factores climáticos.

La temperatura y la disponibilidad de agua son los principales factores que merman la producción del frijol; ambos están estrechamente ligados y, actualmente su efecto se ha visto recrudecido por el cambio climático (Treviño y Rosas, 2013).

2.10.1.1. Temperatura.

El frijol requiere de temperaturas moderadas (20-28 °C), suficientes (pero no excesivas) lluvias o riegos durante la fase vegetativa y parte de la reproductiva, un período seco durante la fase de maduración y cosecha y que la humedad relativa del aire no sea mayor a 80 - 85 % por varios días consecutivos (Quintero y Gil, 2012).

Según Martínez *et al*. (2015) el cultivo se adapta bien a temperaturas cálidas moderadas preferiblemente en entre 15 °C y 23 °C presentando poca

resistencia a las bajas temperaturas en todas sus fases de desarrollo como puede observarse a continuación:

- Germinación no menos de 8 °C
- Floración no menos de 15 °C
- Fructificación no menos de 18 °C

2.10.1.2. Luz

El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días. Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Ríos y Quirós, 2002).

2.10.2. Edáficos.

Se recomienda que los suelos para el cultivo de frijol sean profundos y fértiles, con no menos de 1,5 % de materia orgánica en la capa arable y de textura franco limoso o franco arcilloso, ya que el buen drenaje y la aireación son fundamentales para un buen rendimiento del cultivo. Se debe evitar sembrar en suelos ácidos, con contenidos altos en manganeso y aluminio, y bajos en elementos menores. El pH óptimo para frijol está comprendido entre 6,5 y 7,5, aunque es tolerante a pH entre 4,5 y 8,2. Los terrenos deben ser preferiblemente ondulados o ligeramente ondulados (León, 2013).

2.11. Principales plagas insectiles.

Según Hohmann y Martínez (2000) los principales insectos-plagas que afectan al frijol son los crisomélidos (*Diabrotica balteata* Leconte y *Cerotoma ruficornis* Olivier), el ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks.), el minador común (*Liriomyza trifolii* Burgess.), el trips de los melones (*Thrips palmi* Karny), el pega – pega de los frijoles (*Hedylepta indicata* L.), y el saltahojas (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore), siendo esta última, según Murguido (1995) la principal plaga de este cultivo, tanto para Latinoamérica como para Cuba. Ross y Moore (1957) explicaron que la importancia de este insecto se debe a su vasta distribución y los daños que pueden ocasionar los adultos y las ninfas, al

succionar la savia por el envés de las hojas, yemas y pecíolos, inyectando una toxina que causa achaparramiento y encrespamiento de las hojas.

También Lardizabal (2013) reporta como una plaga clave en el cultivo del frijol la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius). Esta plaga se ha convertido en los últimos años en una de las plagas de mayor importancia económica del frijol; su mayor peligro radica en la trasmisión de los virus, en especial el mosaico dorado (Bean Golden Yellow Mosaic Virus – BGYMV) y el mosaico amarillo (Bean Yellow Mosaic Virus - BYMV).

Ramos (2016) en investigaciones realizadas en la provincia Villa Clara reportó que las principales especies del complejo de chinches de la familia *Pentatomidae* que incidieron sobre el frijol común fueron *Piezodorus guildinii* (West.), *Euschistus bifibulus* (Pal de Beau.) y *Nezara viridula* (L.); mientras que *Thyanta perditor* (Fabr.) y *Edessa meditabunda* (Fabr.), fueron consideradas como especies secundarias. Las mayores afectaciones se produjeron en el cultivar Chévere, las cuales oscilaron entre 22,9 y 38,2 % para las legumbres y entre 22,1 y 29,5 % para los granos. De igual forma, este cultivar fue más susceptible a la levadura *Eremothecium coryli.*

2.12. Enfermedades.

La producción de frijol se ve notablemente afectada por numerosas enfermedades causadas por bacterias, hongos y virus; estas afectaciones son particularmente importantes en los países centroamericanos y del Caribe, a causa de las características climáticas existentes durante la época del cultivo, las cuales condicionan favorablemente el desarrollo de enfermedades.

Mayea *et al*. (1983) destacaron entre las principales enfermedades del frijol en Cuba al tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith)), Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), la Roya (*Uromyces phaseoli typica*.), Mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.), Tizón ceniciento del tallo (*Macrophomina phaseolina* Tassi. (Goid.)), la Pudrición del tallo (*Rhizoctonia solani*) y la marchitez por Sclerotium (*S. rolfsii*).

Según González (1988) la roya común (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arthur) es considerada como la principal enfermedad del frijol en nuestro país, estando distribuida su incidencia en todo el territorio nacional. Este agente patógeno puede atacar cualquier parte aérea de la planta (hojas, tallo, legumbres),

siendo más prevalente el daño sobre las hojas, tanto en el haz como en el envés. En las hojas forma al principio pequeños puntos blanco-amarillentos levantados, los cuales posteriormente crecen, rompen la epidermis, formando pústulas de 1 - 2 mm de diámetro, mostrando una gran cantidad de polvillo rojizo (esporas). En algunos casos se manifiesta un halo de color amarillento alrededor de la pústula. En las hojas se observan puntos amarillentos que presentan en el centro un punto de color oscuro, que se abre y libera un polvo rojizo o color ladrillo, semejante a la herrumbre. Estos puntos se distribuyen por toda la hoja, en algunos casos presentan borde amarillo. Cuando la planta se acerca a la madurez, los puntos rojizos se vuelven negros. Ataques muy severos pueden causar amarillamiento y caída de hojas (Lardizabal *et al*., 2008).

Díaz (2011) en investigaciones sobre las pudriciones radicales del frijol común destacó que las principales especies que incidieron en el cultivo fueron *Rhizoctonia* spp*., S. rolfsii* y *M. phaseolina,* y su porcentaje estuvo relacionado con el color de las semillas. Los cultivares más afectados fueron los que tenían semillas de testa blanca, a estos le siguieron los rojos y, finalmente los menos afectados fueron los negros.

3. Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la finca “San Ramón”, perteneciente a la Empresa de Semillas Varias ubicada en la carretera de Maleza km 6, en el municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, en el período comprendido de octubre de 2015 a abril de 2016. La siembra se realizó sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al*., 2015) en la época de siembra intermedia y tardía del frijol común (Quintero, 2000).

- Intermedia (noviembre – diciembre)
- Tardía (enero – febrero)

Descripción del experimento.

Se utilizaron los cultivares BAT–304 y Velazco Largo, registrados en la Lista oficial de cultivares comerciales (MINAGRI, 2016b) (Tabla 1), sembrados en un marco de 0,60 m x 0,10 m y 0,50 m x 0,10 m respectivamente. El experimento se realizó en un área que comprende 1 hectárea de dicha finca para cada cultivar.

Tabla 1. Cultivares evaluados.

Cultivares	Color de la testa	Época de siembra
BAT - 304	Negra	Intermedia
Velazco Largo	Roja	Tardía

Dimensiones e indicadores de sostenibilidad.

Para evaluar la sostenibilidad se tomaron en cuenta tres dimensiones: económica, ambiental y social, 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.

3.1. Dimensión económica

En esta dimensión se analizaron cuatro indicadores, que incluyen la ganancia económica, relación con el mercado, costos e ingresos (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad en la dimensión económica.

Indicadores	Valor	Criterio de medida
Ganancia económica	10	Ganancia es superior a los gastos del cultivo y en general.
	5	Ganancia del cultivo no supera los gastos aunque la ganancia general sea favorable.
	1	Gastos superan la ganancia del cultivo.
Relación con el mercado	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 tienen garantía de venta de sus productos en el mercado, o la demanda es baja.
Origen de los ingresos	10	Todos los ingresos provienen de la producción del cultivo, que es la única fuente de empleo de la familia.
	5	Los ingresos provienen en parte de la producción del cultivo y de actividades (jornales) en otros lugares o fincas.
	1	Los ingresos solo dependen del trabajo en otros lugares o fincas.
Mano de obra	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 (2015). El precio de la mano de obra (horas) se obtuvo a partir de la información brindada por el Departamento de economía; y el valor de la producción, a partir de la venta a productores individuales y CCS (Cooperativas de Créditos y Servicios), según la Lista de precios de venta de la Empresa Productora y Comercializadora de Semillas: 30,70 CUP el kg del cultivar BAT – 304, y 31,95 CUP el kg del cultivar Velazco Largo (MINAGRI, 2016c).

Tabla 3. Precios de insumos y mano de obra.

Indicadores	Precios CUP
Trabajo humano (h)	1,64
Combustible (L)	3,00
Fertilizantes	
NPK Fórmula completa (9 – 23 – 16) (kg)	1,60
NPK Fórmula completa (9 – 13 – 17) (kg)	1,25
Plaguicidas	
Dual Gold CE 96 (L)	47,50
Dimetoato CE 40 (L)	25,00
Metamidofos CS 60 (L)	32,00
Mancozeb PH 80 (kg)	11,40
Zineb PH 75 (kg)	15,00
Semillas	
BAT – 304 (kg)	20,20
Velazco Largo (kg)	21,30

3.1.1. Beneficio económico del cultivo.

Se determinó el beneficio económico del cultivo mediante la fórmula:

$B = I – C$

Donde:

B: beneficios

I: ingresos

C: costos

3.2. Dimensión ambiental.

En esta dimensión se analizaron los elementos ambientales que interactuaron en la entidad (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores de sostenibilidad en la dimensión ambiental.

Indicadores	Valor	Criterio de medida
Rendimiento	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.
Dependencia insumos externos	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.
Incidencia de organismos nocivos	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.

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 departamento de Producción de la Empresa Provincial de Semillas Varias. Para asignarle el valor al indicador rendimiento se comparó el rendimiento obtenido en cada cultivar con el rendimiento promedio nacional en el sector estatal durante la campaña del frijol 2015 - 2016.

Para evaluar la incidencia de organismos nocivos se realizaron 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).

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

Época de siembra	Nombre vulgar	Nombre científico	Orden	Familia
Intermedia	Crisomélido común de los frijoles	*Cerotoma ruficornis* Olivier	*Coleoptera*	*Chrysomelidae*
	Crisomélido común	*Diabrotica balteata* Leconte		
	Pega – pega	*Hedylepta indicata* L.	*Lepidoptera*	*Pyralidae*
Tardía	Saltahojas	*Empoasca kraemeri* Ross y Moore	*Hemiptera*	*Cicadellidae*
	Roya	*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arthur	*Uredinales*	*Uredinaceae*

Se determinó la distribución (D) de las plagas mediante la fórmula:

% D = n/N*100

Donde:

n = Total de plantas afectadas

N = Total de plantas muestreadas

Los valores de las variables climáticas: temperatura máxima, media y mínima del aire, humedad relativa media y precipitaciones (acumulados y días con lluvias) durante el período de diciembre de 2015 a abril de 2016, fueron aportados por la Estación Provincial de Meteorología (78343) de Santa Clara.

3.2.1. Carga Tóxica Contaminante.

Se determinó la Carga Tóxica Contaminante a partir de las aplicaciones de plaguicidas y fertilizantes al cultivo según la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV, 2005).

Carga tóxica: Cantidad de plaguicidas químicos y fertilizantes que se aplican durante el ciclo del cultivo por área, expresado en kg i.a ha^{-1}.

CT= D x Na x % i.a

Donde:

CT = Carga Tóxica

D = Dosis (kg ha^{-1})

Na = Número de aplicaciones

% i.a = (kg. i.a de insecticida químico ha^{-1})

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) (Tabla 6).

Tabla 6. Indicadores energéticos.

Indicadores	Aporte energético (Kcal)
Trabajo humano (h)	250
Trabajo animal (h)	1400
Consumo Diésel (L)	9243
Nitrógeno (kg)	12 300
Fósforo (kg)	1975
Potasio (kg)	1200
Herbicida (kg o L)	57 000
Insecticida – Fungicida (kg o L)	44 000
Semillas (kg)	3330 *

*ONUFAO (2006).

La eficiencia energética se determinó mediante la fórmula de Alemán y Brito (2003).

Eficiencia energética = Kcal producidas/Kcal consumidas

3.3. Dimensión social.

La dimensión social se determinó tomándose en cuenta a los trabajadores y sus familias y su compromiso con la comunidad (Tabla 7).

Tabla 7. Indicadores de sostenibilidad en la dimensión social.

Indicador	Valor	Criterio de medida
Calidad de vida	10	Los resultados del cultivo permiten a la familia cubrir alimentación, vestuario, recreación y ahorrar para comprar herramientas y equipo que se debe reponer o mejorar.
	5	Los resultados del cultivo satisfacen solo algunas necesidades básicas, quedando otras sin cubrir.
	1	Los resultados del cultivo no satisfacen del todo las necesidades.
Capacitación técnica y ambiental	10	Los miembros tienen conocimientos básicos agrícolas y del ambiente donde su finca se desarrolla. Se determinan valores y conductas aceptables de educación ambiental.
	5	Los miembros tienen algún conocimiento agrícola y del ambiente donde su finca se desarrolla, pero no suficiente. No poseen valores y conductas aceptables de educación ambiental.
	1	Los miembros no poseen ningún conocimiento agrícola ni del ambiente donde su finca se desarrolla, no detectándose valores y conductas aceptables de educación ambiental.

Para la recopilación de los datos en esta dimensión se consultaron 6 trabajadores de la finca, de los cuales 1 es técnico y 5 son obreros agrícolas, y se determinó cuál era su situación respecto a los indicadores de sostenibilidad en la dimensión social.

4. Resultados y discusión

4.1. Dimensión económica en el cultivar BAT – 304.

La dimensión económica obtuvo un promedio de 8,25 (Tabla 8), lo que muestra que existe sostenibilidad económica en este cultivar.

Tabla 8. Dimensión económica.

Indicadores	Valor
Ganancia económica	10
Relación con el mercado	10
Origen de los ingresos	5
Mano de obra	8
Promedio	8,25

La ganancia económica resultó con un valor de 10. Los beneficios fueron superior a los gastos del cultivo (Tabla 9), que obtuvo un rendimiento de 1,08 t ha^{-1}, alcanzándose una ganancia de $ 30 616,04 por ha.

Tabla 9. Gastos del cultivo.

Indicadores	Gastos CUP
Trabajo humano	629,76
Insumos	
Combustible	216
Fertilizantes	480
Plaguicidas	487
Semillas	727,2
Total	2539,96

Los resultados de este indicador demuestran que existe una adecuada planificación en la dirección de la entidad, pues el beneficio obtenido es muy superior a los gastos del cultivo, por lo que se cumplen en este aspecto todos los objetivos propuestos: disminuir el costo de producción, incrementar la ganancia y elevar la rentabilidad. Estos resultados concuerdan con Masera *et al*. (1999) que consideran que desde el punto de vista económico - financiero, los agroecosistemas sostenibles son aquellos que presentan una producción rentable y estable a lo largo del tiempo, haciendo un uso eficiente de los recursos naturales y económicos, sin desperdicio.

En cuanto al indicador relación con el mercado se obtuvo la máxima puntuación, ya que el producto tiene un mercado garantizado y su demanda es alta, principalmente debido a la elevada calidad de la producción.

El origen de los ingresos obtuvo una puntuación de 5, debido a que estos provienen en parte de la producción del cultivo, pero también de actividades agrícolas que los trabajadores realizan en otras fincas. En la entidad las ganancias solo provienen de actividades agrícolas, que son la única fuente de ingreso, ya que no desarrollan otras actividades. Los resultados obtenidos en este indicador no coinciden con Leal (2007) que considera que los agroecosistemas deben tener el mayor grado de ingresos procedentes de las producciones de los mismos sistemas, esto fomenta a que el modelo de agroeficiencia se incremente, además que el agroecosistema esté encaminado a ser autosuficiente.

El indicador mano de obra resultó con una puntuación de 8, ya que los gastos ocasionados por los trabajadores contratados representan el 24,79 % de los costos totales de producción.

4.1.1. Beneficio económico del cultivo (cultivar BAT – 304).

B = I – C

B = $ 33 156 – $ 2539,96

B = $ 30 616,04

El beneficio económico del cultivo fue de $ 30 616,04.

4.2. Dimensión ambiental en el cultivar BAT – 304.

La dimensión ambiental obtuvo un promedio de 8,3 (Tabla 10), lo que muestra que existe en general sostenibilidad ambiental en el manejo que se realiza en la entidad.

Tabla 10. Dimensión ambiental.

Indicadores	Valor
Rendimiento	10
Dependencia de insumos externos	5
Incidencia de organismos nocivos	10
Promedio	8,3

El indicador rendimiento obtuvo un valor de 10, el rendimiento del cultivo fue de 1,08 t ha^{-1}. Según ONEI (2016) en Cuba, durante el año 2015, en el sector estatal se cosecharon 8 771 ha del cultivo, alcanzándose una producción de 10 526 t y un rendimiento promedio de 1,20 t ha^{-1}, lo que hace que este resultado sea inferior en comparación con el rendimiento promedio nacional, pero representa más del 80 % del rendimiento en este sector.

La menor calificación en la dimensión ambiental estuvo determinada por la dependencia de insumos externos, con un valor de 5. La finca depende de insumos externos, tales como fertilizantes y plaguicidas (Tabla 11), semillas, combustible e implementos agrícolas los cuales le son proporcionados por la Empresa de Semillas Varias para realizar las actividades, y a su vez esta se beneficia con las producciones que provienen de la finca. En este aspecto no se cumple con lo establecido por Rigby *et al*. (2001) que consideran que los agroecosistemas deben poseer un nivel aceptable de dependencia a insumos y recursos externos, para poder controlar las interacciones con el exterior y responder a los cambios, sin poner en riesgo la continuidad de la producción, buscar una división justa y equitativa de los costos y beneficios brindados por el sistema entre las personas o grupos involucrados.

Tabla 11. Listado de fertilizantes y plaguicidas aplicados al cultivo.

Producto	Ingrediente activo	Espectro	Número de aplicaciones	Dosis (L ha^{-1}, t ha^{1}, kg ha^{-1})	Cantidad aplicada (L ha^{-1}, kg ha^{-1})
(NPK) Fórmula completa	(9 - 23 - 16)	Fertilizante	1	0,3 t	27 de N_2O 69 de P_2O_5 48 de K_2O
Dual Gold CE 96	S - metolaclor	Herbicida	1	1,0 L	0,96 L
Dimetoato CE 40	Dimetoato	Insecticida	3	3,0 L	1,2 L
Metamidofos CS 60	Metamidofos	Insecticida	3	4,5 L	2,7 L
Mancozeb PH 80	Mancozeb	Fungicida	3	7,5 kg	6 kg
Zineb PH 75	Zineb	Fungicida	3	9,0 kg	6,75 kg

El uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas provoca un impacto negativo en el medio ambiente, puesto que puede ocasionar el incremento de residuos químicos potencialmente tóxicos al humano y la proliferación de fitopatógenos resistentes. Además, provoca la ruptura del equilibrio biológico que se establece en la naturaleza, contribuyendo así que aumenten las poblaciones de

insectos que anteriormente no constituían plagas y los productores tengan que aumentar sus dosis de aplicación para lograr el control, además de aumentar inversiones para adquirir los mismos. También los insecticidas que se caracterizan por tener un amplio espectro y ser tóxicos actúan de forma muy negativa sobre los insectos benéficos entre los cuales figuran los enemigos naturales y los polinizadores, afectando también a especies silvestres.

Según Pérez (2006) el uso intensivo de plaguicidas se encuentra entre las principales causas de brotes de plagas en los sistemas agrícolas modernos. Esta influencia viene dada porque se aplican y fallan en el control del organismo hacia el cual se dirigió la aplicación o porque inducen la creación de nuevas plagas. Los efectos secundarios de un producto crean la necesidad de un segundo producto, haciendo que los productos caigan en el denominado círculo de plaguicidas.

El indicador incidencia de organismos nocivos obtuvo la máxima puntuación, puesto que durante todo el ciclo vegetativo del cultivo solo se encontraron áreas afectadas, que no sobrepasaron el 20 % (Tabla 12). Los principales insectos plagas que afectaron al cultivo fueron los crisomélidos (*D. balteata* y *C. ruficornis*), ambos fueron encontrados a los 24 días de sembrado el cultivo hasta la etapa reproductiva, alimentándose de las hojas. El pega – pega de los frijoles (*H. indicata*), fue encontrado a los 36 días de sembrado. En cuanto a las enfermedades se detectó la roya (*U. phaseoli*) a los 71 días de sembrado el cultivo (maduración de legumbres).

Tabla 12. Incidencia de organismos nocivos.

	Incidencia de insectos plaga (%)	Incidencia de enfermedades (%)
Promedio	13,5	14,3

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^2 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^2 de hoja. El autor también señala que en las primeras cuatro fases fenológicas del cultivo se registraron bajos valores de precipitaciones, lo que favoreció el aumento de las poblaciones de estos insectos plagas.

Ramos *et al*. (2010), explicaron que en una fase fenológica cuando existen diferencias en los valores de temperatura, ocurre un descenso de las poblaciones de los insectos plagas.

Durante el ciclo del cultivo las variables climáticas (Tabla 13) influyeron en las poblaciones de plagas insectiles detectadas. El desarrollo del cultivo transcurrió por un período de precipitaciones moderadas principalmente en el mes de diciembre, pudiendo incidir en el descenso de los niveles de población de *D. balteata* y *C. ruficornis*. En cuanto a las temperaturas se registraron diferencias de 10 C^o entre el día y la noche. Además, se realizaron gran cantidad de aplicaciones fitosanitarias, principalmente de forma preventiva lo que contribuyó a disminuir las poblaciones de plagas.

Tabla 13. Variables climáticas durante el establecimiento del cultivar BAT –304.

Meses	Temperatura ^{0}C			Humedad relativa media (%)	Lluvia (mm)	Días con lluvia
	Máxima	Mínima	Media			
Diciembre	29,0	21,1	24,2	88,0	103	12
Enero	25,4	15,9	20,8	86,3	63,8	11
Febrero	26,4	15,9	20,5	82,0	9,8	6
Total					176,6	29

4.2.1. Carga Tóxica Contaminante (cultivar BAT – 304).

El análisis de la Carga Tóxica Contaminante obtuvo el siguiente resultado:

Cálculo de la carga tóxica de los fertilizantes

CT = 300 kg ha^{-1}

Cálculo de la carga tóxica de los plaguicidas

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

Dual Gold CE 96

CT= 0,96 kg i.a ha^{-1}

Carga tóxica de los insecticidas y fungicidas a partir de tres aplicaciones de cada producto.

Dimetoato CE 40

CT= 1,20 kg i.a ha^{-1}

Metamidofos CS 60

CT= 2,70 kg i.a ha^{-1}

Mancozeb PH 80

CT= 6,0 kg i.a ha^{-1}

Zineb PH 75

CT= 6,75 kg i.a ha^{-1}

Carga Tóxica Total = 317,61 kg i.a ha^{-1}

Este resultado demuestra que en este aspecto la entidad no puede incluirse en la sostenibilidad, debido a que los agricultores realizan aplicaciones excesivas de fertilizantes y plaguicidas, sin tener en cuenta las condiciones de fertilidad del suelo y el estado fitosanitario del cultivo, lo que genera insectoresistencia, así como presencia de residuos indeseables, y degradación general de los recursos, principalmente el suelo. Resultados similares encontraron García *et al*. (2016) en cuanto a la aplicación de plaguicidas en el cultivo del tomate, donde se liberó una carga por agrotóxicos de 13,91 kg i.a ha^{-1}.

Según Martínez *et al*. (2011) el problema ambiental más importante relativo al ciclo del nitrógeno es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales, siendo esto de gran importancia tanto para humanos como para animales. Además, produce un empeoramiento de las propiedades del suelo, provocando dos consecuencias generales: a corto plazo disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación; y a largo plazo infertilidad total y desertificación del territorio.

Los problemas que ha generado el uso indiscriminado de plaguicidas en la producción de alimentos, son críticos: graves intoxicaciones; contaminación del medio ambiente e ingestión de cantidades cada vez mayores de tóxicos a través de los alimentos. Además, su permanencia es una amenaza, ya que, si bien algunos se degradan en cuestión de días o meses, otros tardan años, como los organoclorados, que tienen una elevada estabilidad química que los hace persistentes (López, 1999).

Según Gliessman (2007) un agricultor interesado en producir continuamente en el mismo campo, no debería prestar atención solamente a los objetivos y metas

de su unidad de producción y esperar que con esto puede enfrentarse a los retos de sostenibilidad a largo plazo. Para ello es esencial que las decisiones que se toman ahora, no tengan repercusiones negativas en el futuro de los seres humanos.

4.2.2. Eficiencia energética del cultivo (cultivar BAT – 304).

El análisis de las entradas de energías aportadas al sistema (Tablas 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21) mostró que las principales entradas energéticas resultaron de los insumos (fertilizantes y plaguicidas).

La mayor cantidad de energía aportada dentro del trabajo humano lo constituyó la fertilización y siembra con 16 000 Kcal, realizadas en un total de 64 horas. Esto fue debido principalmente a la gran cantidad de fuerza de trabajo que se requirió para realizar esta labor, con relación a otras actividades, lo que trajo consigo una disminución de la eficiencia energética.

Tabla 14. Energía aportada por el trabajo humano.

Labor	Tiempo (horas)	Aporte energético (Kcal/hora)	Aporte total (Kcal)
Rotura	8	250	2000
Cruce	8		2000
Grada	4		1000
Surque	4		1000
Fertilización y siembra	64		16 000
Aplicación de herbicida	4		1000
Control de arvenses	48		12 000
Riego	30		7500
Fumigación	24		6000
Cosecha	56		14 000
Traslado al almacén	0,50		125
Total	250,5	250	62 625

Tabla 15. Energía aportada por el trabajo animal.

Labor	Implemento	Tiempo (h)	Aporte energético (Kcal/hora)	Aporte total (Kcal)
Rotura	Arado de discos AD 3	8	1400	11 200
Cruce	Arado Nº 1 tiro animal	8		11 200
Grada	Grada de púas	4		5600
Surque	Arado criollo	4		5600
Total		24	1400	33 600

Tabla 16. Energía aportada por traslado al almacén.

Labor	Equipo	Consumo diésel (L)	Aporte energético (Kcal)	Aporte total (Kcal)
Traslado al almacén	Camión	12	9243	110 916
Total				110 916

Tabla 17. Energía aportada por el equipo de riego.

Labor	Equipo	Consumo diésel (L)	Aporte energético (Kcal)	Aporte total (Kcal)
Riego	Turbina Lombardini	60	9243	554 580
Total				554 580

Tabla 18. Energía aportada por los fertilizantes.

Elemento	Proporción	Aporte energético (Kcal/kg)	Aporte total (Kcal)
N_2O	27	12 300	332 100
P_2O_5	69	1975	136 275
K_2O	48	1200	57 600
Total			525 975

Las plantas para su desarrollo vegetativo, floración, fructificación y realizar todas sus funciones vitales requieren nutrientes, entre otros elementos, los que son aportados a través de la fertilización. Esta es una de las labores de mayor intervención en el rendimiento de los cultivos pues se realiza para satisfacer esos requerimientos, 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 afectarse por ningún concepto (Martínez *et al*., 2015).

Tabla 19. Energía aportada por los plaguicidas.

Producto	kg/ha o L/ha consumidos	Aporte energético (Kcal/kg; Kcal/L)	Aporte total (Kcal)
Dual Gold CE 96	1,0 L	57 000	57 000
Dimetoato CE 40	3,0 L	44 000	132 000
Metamidofos CS 60	4,5 L	44 000	198 000
Mancozeb PH 80	7,5 kg	44 000	330 000
Zineb PH 75	9,0 kg	44 000	396 000
Total			1 113 000

Tabla 20. Energía aportada por las semillas.

Dosis (kg/ha)	Aporte energético (Kcal/kg)	Aporte total (Kcal)
36	3330	119 880

Tabla 21. Total de energía aportada al sistema.

Indicadores	Aporte (Kcal)
Trabajo humano	62 625
Trabajo animal	33 600
Traslado al almacén	110 916
Riego	554 580
Insumos	
Fertilizantes	525 975
Plaguicidas	1 113 000
Semillas	119 880
Total	2 520 576

La mayor cantidad de energía aportada al sistema estuvo determinada por los insumos, especialmente los fertilizantes y plaguicidas con un 69,79 %, seguido por el equipo de riego con el 22 % (Figura 1).

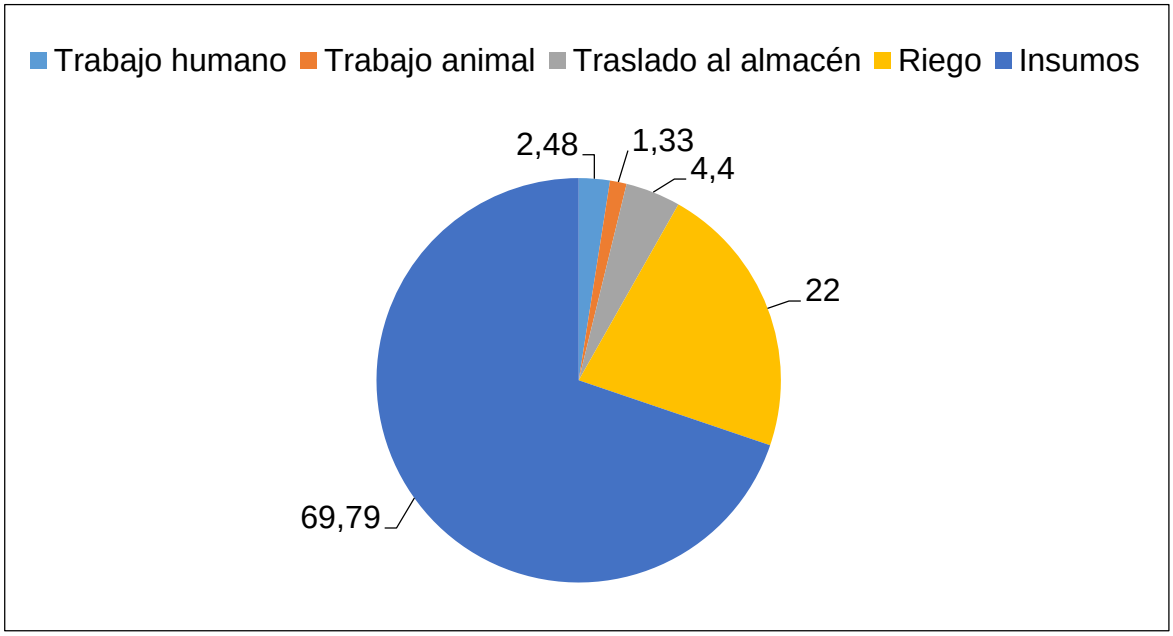

Figura 1. Consumo energético del cultivar BAT - 304 (%).

Salidas energéticas del sistema

Producción = 1080 kg = 1,08 t

Aporte energético (kg) = 3330 Kcal/kg

Aporte total = 3 596 400 Kcal

Eficiencia energética = 3 596 400 Kcal/2 520 576 Kcal = 1,42

Este resultado representa que por cada Kcal que consume el cultivo, se producen 1,42 Kcal (1:1,42), por lo que es muy favorable. En la entidad se cumplen todos los requisitos establecidos con el menor gasto energético con la tecnología productiva actual de la empresa. No obstante, es necesario que la empresa adopte medidas para reducir el exceso de insumos, y emplee tecnologías sostenibles que permitan reducir los consumos energéticos y preservar los recursos naturales a medio y largo plazo.

Según Bonel *et al*. (2005) el empleo de tecnologías de fertilización y control de adversidades, sumado al mejoramiento genético de los cultivos conducen al incremento de los rendimientos y por lo tanto la eficiencia de los agrosistemas. De igual manera Iermanó y Sarandón (2015) explicaron que es posible mejorar la eficiencia energética a través de técnicas agroecológicas que permitan la disminución de insumos químicos y el reemplazo de los mismos por procesos ecológicos, como la regulación biótica.

Denoia y Montico (2010) en Argentina, determinaron la mayor eficiencia energética en tomate con un valor de 3,54; seguido del cultivo de papa con 2,69; mientras que la menor eficiencia se reportó en lechuga con 0,25, debido este último resultado al elevado uso de insumos respecto a la cantidad de energía producida por el cultivo.

Castellanos (2013) en un estudio sobre la eficiencia energética en sistemas de producción de arroz determinó que el menor gasto energético en el primer sistema puede explicarse por la utilización de insumos de menor equivalencia energética (mano de obra, menor nivel de mecanización) y la utilización de menores cantidades de insumos, en especial, fertilizantes de síntesis químicas y plaguicidas.

Santoni *et al.* (2015) en investigaciones realizadas sobre la huella energética en agroecosistemas cultivados con vid y ajo, determinaron que los mayores ingresos de energía al sistema en ambos cultivos provienen de la energía directa (principalmente combustibles fósiles), seguido por los fertilizantes, fungicidas y herbicidas que constituyen la energía indirecta. La eficiencia energética en ambos cultivos fue desfavorable, debido a que los manejos convencionales empleados en estos presentan una alta dependencia de combustibles fósiles principalmente de agroquímicos y gasoil. Los autores también señalan la necesidad de optimizar el uso de insumos, en función de mejorar la eficiencia energética, a través del empleo de técnicas agroecológicas, tendiendo a un manejo más sustentable.

4.3. Dimensión social en el cultivar BAT – 304.

La dimensión social obtuvo un promedio de 7,5 (Tabla 22), lo que muestra que existe sostenibilidad social en la entidad.

Tabla 22. Dimensión social.

Indicadores	Valor
Calidad de vida	5
Capacitación técnica y ambiental	10
Promedio	7,5

El indicador calidad de vida obtuvo una puntuación de 5, debido a que, aunque en esta entidad se cumple con el reglamento de pago por resultados a finales

del trabajo, los ingresos procedentes de los resultados del cultivo satisfacen solo algunas necesidades básicas, quedando otras sin cubrir. Los trabajadores requieren de la aplicación de una retribución más eficiente que le permita cubrir sus necesidades económicas en su totalidad.

La capacitación técnica y ambiental obtuvo la máxima puntuación. Aunque los trabajadores de la finca tienen un nivel de escolaridad bajo, pues cuentan con 11 trabajadores, de los cuales solo 1 es técnico y el resto obreros agrícolas, poseen conocimientos básicos agrícolas, y valores y conductas aceptables de educación ambiental, ya que reciben cursos de capacitación por parte de empresa, donde se abordan temas relacionados con la influencia de la agricultura sobre el ambiente. Según Guns (1996) para la necesidad de aplicación de nuevos enfoques en la gestión de las organizaciones agropecuarias, donde se combinen el conocimiento y el aprendizaje como formas de lograr la sostenibilidad en las empresas agropecuarias, garantiza la identificación y aprovechamiento de aquellos elementos que contribuyan a añadir valor a los procesos dentro de este sector y facilitará la adaptación a los nuevos cambios que día a día se llevan a cabo.

Resumen de las dimensiones

El promedio general de las tres dimensiones fue de 8,01 (Tabla 23). Estos resultados demuestran, de forma general, que este cultivar es sostenible en la entidad, pues las tres dimensiones evaluadas se encuentran equilibradas y existe una adecuada organización en la dirección de la entidad, lo que permite tomar medidas para perfeccionar indicadores en los que aún no se obtiene el máximo beneficio, e incrementar los rendimientos agrícolas del cultivo.

Tabla 23. Resumen de las dimensiones.

Dimensión	Valor
Económica	8,25
Ambiental	8,3
Social	7,5
Promedio	8,01

4.4. Dimensión económica en el cultivar Velazco Largo.

La dimensión económica resultó con un promedio de 8,5. La ganancia económica resultó con la máxima puntuación (Tabla 24). El cultivo obtuvo un

rendimiento de 1,14 t ha^{-1}, aportando una ganancia de $ 32 910,28 por ha, lo que demuestra que en este indicador el cultivo es rentable (Tabla 25). En este cultivar se alcanzó una mayor ganancia en relación con el cultivar BAT – 304, debido a que obtuvo un mayor rendimiento, y el precio de venta establecido para los cultivares de testa roja fue superior. Los resultados de este indicador son muy favorables y coinciden con lo establecido por Masera *et al*. (1999), que consideran que los agroecosistemas deben ser robustos para enfrentar choques y dificultades socioeconómicas y ambientales, adaptables a estos cambios, así como capaces de recuperarse de estos, manteniendo su productividad.

Tabla 24. Dimensión económica.

Indicadores	Valor
Ganancia económica	10
Relación con el mercado	10
Origen de los ingresos	5
Mano de obra	9
Promedio	8,5

Tabla 25. Gastos del cultivo.

Indicadores	Gastos CUP
Trabajo humano	734,72
Insumos	
Combustible	252
Fertilizantes	375
Plaguicidas	340,5
Semillas	1810,5
Total	3512,72

El indicador relación con el mercado obtuvo la máxima puntuación, ya que el producto tiene una alta demanda y dispone de un mercado estable debido principalmente por la elevada calidad del producto.

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 también una fuente de ingreso para estos.

El indicador mano de obra obtuvo una puntuación de 9, puesto que los gastos ocasionados por los trabajadores contratados representan el 20,9 % de los costos totales de producción.

4.4.1. Beneficio económico del cultivo (cultivar Velazco Largo).

B = I – C

B = $ 36 423 – $ 3512,72

B = $ 32 910,28

El beneficio económico del cultivo fue de $ 32 910,28.

4.5. Dimensión ambiental en el cultivar Velazco Largo.

Esta dimensión obtuvo un promedio general de 6,6 (Tabla 26).

Tabla 26. Dimensión ambiental.

Indicadores	Valor
Rendimiento	10
Dependencia de insumos externos	5
Incidencia de organismos nocivos	5
Promedio	6,6

El indicador rendimiento obtuvo la máxima puntuación, el rendimiento del cultivo fue de 1,14 t ha^{-1}, siendo este resultado superior al 80 % del rendimiento promedio nacional del cultivo en el sector estatal.

El indicador dependencia de insumos externos resultó con un valor de 5. La finca depende insumos externos, tales como fertilizantes y plaguicidas (Tabla 27), semillas, combustible e implementos agrícolas los cuales le son proporcionados por la Empresa de Semillas Varias. Según la FAO (2005b) la dependencia hacia recursos externos puede significar altos costos al productor y vulnerabilidad de la producción, principalmente porque los productores no pueden controlar los cambios en los precios o en el acceso a los insumos externos a la finca.

Tabla 27. Listado de fertilizantes y plaguicidas aplicados al cultivo.

Producto	Ingrediente activo	Espectro	Número de aplicaciones	Dosis (L ha^{-1}, t ha^{1}, kg ha^{-1})	Cantidad aplicada (L ha^{-1}, kg ha^{-1})
(NPK) Fórmula completa	(9 – 13 – 17)	Fertilizante	1	0,3 t	27 de N_2O
					39 de P_2O_5
					51 de K_2O
Dual Gold CE 96	S - metolaclor	Herbicida	1	1,0 L	0,96 L
Dimetoato CE 40	Dimetoato	Insecticida	2	2,0 L	0,8 L
Metamidofos CS 60	Metamidofos	Insecticida	2	3,0 L	1,8 L
Mancozeb PH 80	Mancozeb	Fungicida	2	5,0 kg	4,0 kg
Zineb PH 75	Zineb	Fungicida	2	6,0 kg	4,5 kg

El indicador incidencia de organismos nocivos resultó con una puntuación de 5, ya que el cultivo presentó entre el 20 y el 45 % de sus plantas con afectaciones (Tabla 28). La principal enfermedad que afectó al cultivo fue la roya (*U. phaseoli*) encontrada a los 48 días de sembrado. En cuanto a los insectos plagas se detectaron el saltahojas del frijol (*E. kraemeri*) y los crisomélidos (*D. balteata* y *C. ruficornis*) a los 30 días de sembrado el cultivo.

Tabla 28. Incidencia de organismos nocivos.

	Incidencia de insectos plaga (%)	Incidencia de enfermedades (%)
Promedio	18,97	32,17

El ciclo del cultivo transcurrió por un período de escasas precipitaciones, lo que favoreció la incidencia de saltahojas. Este resultado coincide con Hernández *et al*. (2013) que observaron que las temperaturas, precipitaciones y fenología del cultivo influyeron en el desarrollo biológico del insecto, apreciando que a medida que descendieron las temperaturas y se registraron precipitaciones poco significativas ocurrió un descenso de los niveles de población de *E. kraemeri*. De igual manera Hernández *et al*. (2009) demostraron que la aparición de brotes coincidió con épocas de bajas precipitaciones.

Otro aspecto que pudo haber influido en la alta incidencia de saltahojas en esta época fue la utilización de un cultivar de testa roja, lo que coincide con Murguido (1995) que demostró que los cultivares que presentan el color de testa negra muestran mayor tolerancia al ataque de *E. kraemeri*. Este resultado coincide con Hernández (2010) que en investigaciones realizadas sobre frijol

común reportó que la época de mayor incidencia de saltahojas fue la tardía, mostrando una mayor incidencia de adultos por planta los cultivares de testa roja y blanca.

Ramos (2008) en un estudio realizado en el cultivo del frijol común en la época tardía demostró que este cicadélido manifestó la menor preferencia por los cultivares de granos de testa negra, mientras que Velazco Largo de testa roja y BAT-482 de testa blanca fueron las más preferidas, lo que provocó que sus componentes del rendimiento quedaran por debajo del resto de los cultivares.

La alta incidencia de la roya fue favorecida por las condiciones ambientales existentes en esta época (Tabla 29), principalmente la humedad relativa y temperatura, que fueron idóneas para la incidencia de la enfermedad. Según Martínez *et al.* (2007) la enfermedad se presenta en cultivares sembrados en fechas tardías. Cuevas (2009) detectó niveles aceptables de resistencia a la roya en la mayoría de los cultivares de testa roja y jaspeada, a diferencia de los cultivares de testa negra que resultaron, en su mayoría susceptibles a la infección por *U. phaseoli.*

Por otro lado, Quintero *et al*. (2004) señalaron que la aparición de la enfermedad en nuestro medio se produce en los meses de noviembre a febrero, siendo los meses de diciembre a enero el período de mayor incidencia, donde el desarrollo de este agente patógeno es favorecido por temperaturas moderadamente frescas, desde 14 a 27 °C con humedad relativa alta, que dan lugar a períodos prolongados de rocío (más de 10 horas) en la superficie de la hoja.

Tabla 29. Variables climáticas durante el establecimiento del cultivar Velazco Largo.

Meses	Temperatura ^{0}C			Humedad relativa media (%)	Lluvia (mm)	Días con lluvia
	Máxima	Mínima	Media			
Febrero	26,4	15,9	20,5	82,0	9,8	6
Marzo	29,8	19,07	23,7	74,03	29,6	7
Abril	31,02	18,4	24,3	73,3	21,5	5
Total					60,9	18

4.5.1. Carga Tóxica Contaminante (cultivar Velazco Largo).

El análisis de la Carga Tóxica Contaminante obtuvo el resultado:

Cálculo de la carga tóxica de los fertilizantes

CT = 300 kg ha^{-1}

Cálculo de la carga tóxica de los plaguicidas

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

Dual Gold CE 96

CT= 0,96 kg i.a ha^{-1}

Carga tóxica de los insecticidas y fungicidas a partir de dos aplicaciones de cada producto.

Dimetoato CE 40

CT= 0,8 kg i.a ha^{-1}

Metamidofos CS 60

CT= 1,8 kg i.a ha^{-1}

Mancozeb PH 80

CT= 4, 00 kg i.a ha^{-1}

Zineb PH 75

CT= 4,5 kg i.a ha^{-1}

Carga Tóxica Total = 312,06 kg i.a ha^{-1}

En este aspecto este cultivar tampoco puede incluirse en la sostenibilidad, los agricultores continúan realizando gran cantidad de aplicaciones fitosanitarias que provocan un impacto negativo al ambiente. Además, no se tiene en cuenta la capacidad del agroecosistema para mantener la calidad y cantidad de los recursos naturales a medio y largo plazo, conciliando la productividad agrícola con la reducción de los impactos al medio ambiente y atendiendo a las necesidades sociales y económicas.

Según Sagardoy (1993) en la agricultura se utilizan elevadas aplicaciones de fertilizantes minerales, especialmente los nitrogenados, que son los principales responsables del contenido de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, el cual puede llegar a ser tóxico en determinados niveles.

Altos niveles de nitratos en el suelo pueden conducir a niveles relativamente altos de nitratos en el agua de consumo, lo cual afecta en gran medida a la salud humana. El consumo de agua con nitratos produce metahemoglobinemia, una enfermedad mortal para los lactantes (Spalding y Exner, 1993).

Yepis *et al*. (1999) en investigaciones realizadas en el cultivo del tomate en Manacas demostraron que las dosis excesivas de 180 kg N ha^{-1} originaron una acumulación de nitrógeno como nitrato (gran contaminante), siendo este

resultado alarmante. Los autores también detectaron que los pozos situados muy próximos a las áreas dedicadas a este cultivo, mostraron incrementos de estas formas nitrogenadas desde 20 mg de NO_2 por litro de agua en 1987 hasta 56 mg en 1995, lo cual correspondió a un valor prohibitivo para el consumo humano y animal.

4.5.2. Eficiencia energética del cultivo (cultivar Velazco Largo).

El análisis de las entradas de energías aportadas al sistema (Tablas 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37) arrojó que las principales entradas energéticas resultaron de los insumos (fertilizantes y plaguicidas). El mayor aporte energético dentro del trabajo humano lo constituyó el control mecánico de arvenses con 24 000 Kcal, dadas en un total de 96 horas.

Tabla 30. Energía aportada por el trabajo humano.

Labor	Tiempo (horas)	Aporte energético (Kcal/hora)	Aporte total (Kcal)
Rotura	8	250	2000
Cruce	8		2000
Grada	4		1000
Surque	4		1000
Fertilización y siembra	64		16 000
Aplicación de herbicida	4		1000
Control de arvenses	96		24 000
Riego	36		9000
Fumigación	16		4000
Cosecha	64		16 000
Traslado al almacén	0,50		125
Total	304,5	250	76 125

Tabla 31. Energía aportada por el trabajo animal.

Labor	Implemento	Tiempo (h)	Aporte energético (Kcal/hora)	Aporte total (Kcal)
Rotura	Arado de discos AD 3	8	1400	11 200
Cruce	Arado Nº 1 tiro animal	8		11 200
Grada	Grada de púas	4		5600
Surque	Arado criollo	4		5600
Total		24	1400	33 600

Tabla 32. Energía aportada por el traslado al almacén.

Labor	Equipo	Consumo diésel (L)	Aporte energético (Kcal)	Aporte total (Kcal)
Traslado al almacén	Camión	12	9243	110 916
Total				110 916

Tabla 33. Energía aportada por el equipo de riego.

Labor	Equipo	Consumo diésel (L)	Aporte energético (Kcal)	Aporte total (Kcal)
Riego	Turbina Lombardini	72	9243	665 496
Total				665 496

Tabla 34. Energía aportada por los fertilizantes.

Elemento	Proporción	Aporte energético (Kcal/kg)	Aporte total (Kcal)
N_2O	27	12 300	332 100
P_2O_5	39	1975	77 025
K_2O	51	1200	61 200
Total			470 325

Tabla 35. Energía aportada por los plaguicidas.

Producto	kg/ha o L/ha consumidos	Aporte energético (Kcal/kg; Kcal/l)	Aporte total (Kcal)
Dual Gold CE 96	1,0 L	57 000	57 000
Dimetoato CE 40	2,0 L	44 000	88 000
Metamidofos CS 60	3,0 L	44 000	132 000
Mancozeb PH 80	5 kg	44 000	220 000
Zineb PH 75	6 kg	44 000	264 000
Total			761 000

Tabla 36. Energía aportada por las semillas.

Dosis (kg/ha)	Aporte energético (Kcal/kg)	Aporte total (Kcal)
85	3330	283 050

Tabla 37. Total de energía aportada al sistema.

Indicadores	Aporte (Kcal)
Trabajo humano	76 125
Trabajo animal	33 600
Traslado al almacén	110 916
Riego	665 496
Insumos	
Fertilizantes	470 325
Plaguicidas	761 000
Semillas	283 050
Total	2 400 512

El mayor aporte energético en el sistema estuvo determinado por los insumos, especialmente los fertilizantes y plaguicidas con un 63,09 %, seguido por el equipo de riego con el 27,72 % (Figura 2).

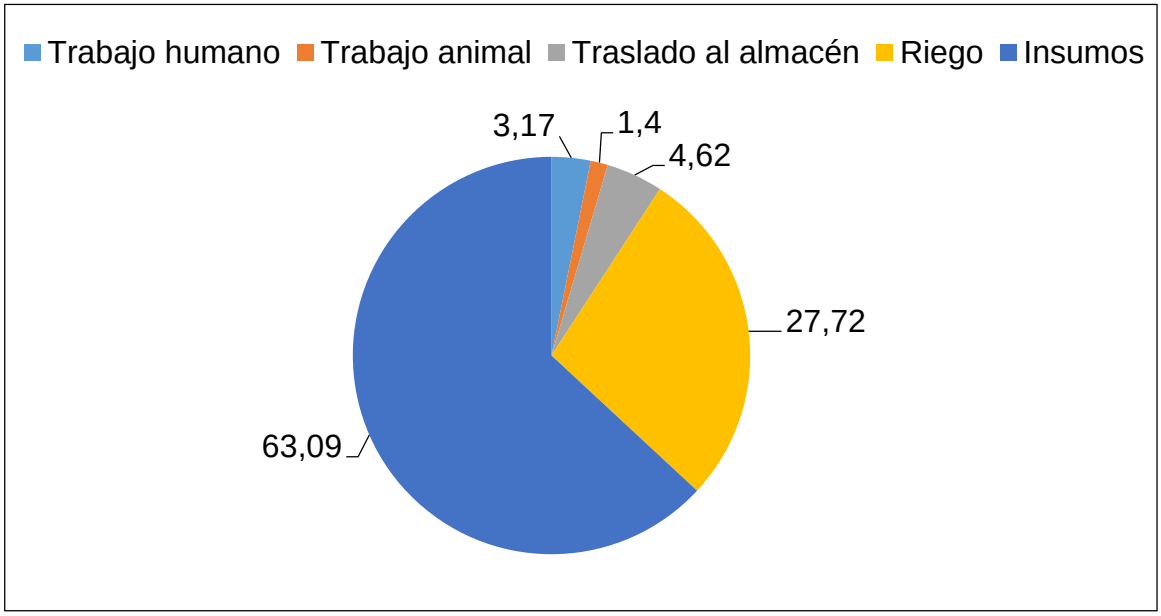

Figura 2. Consumo energético del cultivar Velazco Largo (%).

Salidas energéticas del sistema

Producción = 1140 kg = 1,14 t

Aporte energético (kg) = 3330 Kcal/kg

Aporte total = 3 796 200 Kcal
Eficiencia energética = 3 796 200 Kcal/2 400 512 Kcal = 1,58

Este resultado significa que por cada Kcal que consume el cultivo se produce 1,58 Kcal (1: 1,58), por lo que el cultivo es eficientemente energético ya que la cantidad de energía aportada logra restituir por completo la cantidad de energía consumida. Denoia y Montico (2010) afirmaron que el equilibrio en el uso de la energía es necesario para el cumplimiento de los objetivos de producción, ya que su empleo deficitario limita la obtención de una producción adecuada y por otro lado, el exceso incide negativamente sobre la eficiencia.
Leyva *et al*. (2012) en investigaciones realizadas en el cultivar Velazco Largo encontraron que la producción obtenida bajo labranza cero fue energética y económicamente más eficiente que la convencional, pues contribuyó a disminuir los gastos energéticos y el costo de producción. De igual manera Guevara *et al*. (2015) demostraron que de tres sistemas de producción de maíz: policultivo maíz intercalado con frijol, producción de maíz criollo y producción de maíz mejorado, los dos primeros tuvieron una eficiencia energética superior a 1,0, lo cual indica factibilidad en comparación con el sistema de producción de maíz mejorado, el cual requirió mayor cantidad de energía que la producida por el cultivo. Al respecto, Funes *et al*. (2011) encontraron que los sistemas menos diversificados fueron los menos productivos, por lo tanto, aunque la producción de un cultivo sea menor, la diversificación del sistema lo hace más eficientes energéticamente.

4.6. Dimensión social en el cultivar Velazco Largo.
La dimensión social obtuvo un promedio general de 7,5 (Tabla 38).

Tabla 38. Dimensión social.

Indicadores	Valor
Calidad de vida	5
Capacitación técnica y ambiental	10
Promedio	7,5

El indicador calidad de vida obtuvo una puntuación de 5. Aunque en la entidad se cumple con el reglamento de pago por resultados a finales del trabajo lo que

facilita que todo trabajador tenga una vinculación directa con las utilidades de la unidad a partir del incremento de los ingresos y la reducción de los gastos planificados, los trabajadores solo logran satisfacer algunas necesidades básicas quedando otras sin cubrir.

La capacitación técnica y ambiental obtuvo la máxima puntuación, pues los trabajadores mantienen una conducta consecuente con el medio ambiente, en aras de hacer mejor uso de los recursos, teniendo una actitud favorable en cuanto al mantenimiento del equilibrio ambiental y la conservación de la diversidad biológica.

Resumen de las dimensiones

El promedio general de las tres dimensiones fue de 7,5 (Tabla 39). Los resultados mostraron que, de forma general, el sistema de producción del frijol común en este cultivar es sostenible. Las dimensiones evaluadas presentaron diferentes perfiles de sostenibilidad, mostrando deficiencias en indicadores como: el origen de los ingresos en la dimensión económica; la incidencia de organismos nocivos y dependencia de insumos externos en la dimensión ambiental, y la calidad de vida en la dimensión social.

Tabla 39. Resumen de las dimensiones.

Dimensión	Valor
Económica	8,5
Ambiental	6,6
Social	7,5
Promedio	7,5

Resumen de los cultivares evaluados

Después de evaluar la sostenibilidad en los cultivares BAT – 304 y Velazco Largo, se demostró que en general son sostenibles, siendo las principales deficiencias en ambos cultivares el origen de los ingresos en la dimensión económica, la dependencia de insumos externos en la dimensión ambiental y la calidad de vida en la dimensión social (Tabla 40).

Tabla 40. Resumen de los indicadores de sostenibilidad en los cultivares evaluados.

Dimensión	Indicadores	Cultivares	
		BAT - 304	Velazco Largo
Económica	Ganancia económica	10	10
	Relación con el mercado	10	10
	Origen de los ingresos	5	5
	Mano de obra	8	9
	Promedio	8,25	8,5
Ambiental	Rendimiento	10	10
	Dependencia de insumos externos	5	5
	Incidencia de organismos nocivos	10	5
	Promedio	8,3	6,6
Social	Calidad de vida	5	5
	Capacitación técnica y ambiental	10	10
	Promedio	7,5	7,5
Promedio general		8,01	7,5

Los resultados obtenidos en esta investigación son de gran utilidad para la entidad, ya que permitieron diagnosticar la situación actual de la finca, sus principales deficiencias, y tomar medidas para obtener mejores resultados en el manejo del cultivo, a partir de la utilización de técnicas agroecológicas como la aplicación de materia orgánica, abonos verdes, uso de biofertilizantes y medios biológicos para el control de plagas, lo cual garantizará una reducción considerable de productos químicos sintéticos aplicados al agroecosistema.

5. Conclusiones

Después de analizados nuestros resultados arribamos a las siguientes conclusiones:

1. Los cultivares BAT – 304 y Velazco Largo fueron sostenibles económicamente, con una incidencia negativa del indicador origen de los ingresos.
2. En la dimensión ambiental existió sostenibilidad en general, mostrando deficiencias el indicador dependencia de insumos externos, en ambos cultivares.
3. Los cultivares BAT – 304 y Velazco Largo fueron eficientes energéticamente.
4. Los cultivares BAT – 304 y Velazco Largo fueron sostenibles socialmente, correspondiendo el valor más bajo al indicador calidad de vida.

6. Recomendaciones

1. La entidad debe disminuir la dependencia de insumos externos y hacer un uso más racional de los productos químicos aplicados al cultivo.
2. Continuar los estudios de sostenibilidad utilizando estos cultivares en otras épocas de siembra.

7. Referencias bibliográficas

1. 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.
2. Bacem, M.; Aouani, M.E.; Mhamdi, R. (2007). Nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficiency. Soil Biol Biochem 39: 1744–1750
3. Barrios, J.G. (2010). Sostenibilidad económica y social como prioridad para la sustentabilidad ambiental. Disponible en: http://www.gestiopolis.com/sostenibilidad-economica-social-prioridad-sustentabilidad-ambiental/ (Consultado el 22 de abril de 2016).
4. Bascur, G. (2001). Leguminosas de grano, leguminosas de consumo humano. pp. 627- 647. In Agenda del Salitre. 11° ed. SOQUIMICH Comercial, Santiago, Chile.
5. Benavides, A.; Hernández, R.; Ramírez, H.; Sandoval, A. (2010). Tratado de Botánica Económica Moderna. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo. México. p. 51.
6. Blair, M.W.; Herrera, A.L.; Sandoval, T.A.; Caldas, G.V.; Filleppi, M.; Sparvoli, F. (2012). Inheritance of seed phytate and phosphorous levels in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and association with newly- mapped candidate genes. Molecular Breeding, 30: 1265-1277.
7. Bonel, B.; Montico, S.; Di Leo, N.; Denoia, J.; Vilche, M. (2005). Análisis energético de las unidades de tierra en una cuenca rural. Revista de la FAVE - Ciencias Agrarias. Santa Fe, Argentina. 4 (1-2): 37-47.
8. Camacho, A. y Ariosa, L. (2000). Diccionario de términos ambientales. Centro Félix Varela. Publicaciones Acuario. La Habana. Cuba.
9. Castellanos, E. (2013). Eficiencia energética en sistema de producción de arroz de purificación. Scientia Agroalimentaria. Tolima, Colombia. ISSN: 2339-4684. Vol. 1 (2013) 33-38.
10. Cruz, R.; Ampong-Nyarko, K.; Labrada, R.; Merayo, A. (1996). Manejo de malezas en leguminosas: frijol, soya y caupí. Manejo de malezas en países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, Roma, Italia.
11. Cuevas, A. (2009). Respuesta de cultivares comerciales de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a la infección natural por *Uromyces phaseoli* (Pers)

Wint. var. *typica* Arth. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

12. Denoia, J. y Montico, S. (2010). Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fe, Argentina). Ciencia, Docencia y Tecnología. Ciencias Exactas y Naturales, AÑO XXI. N° 41: 145-157.
13. Díaz, M. (2011). Incidencia de *Rhizoctonia* spp., *Sclerotium rolfsii* y *Macrophomina phaseolina* en frijol común en Villa Clara. Bases para el manejo integrado. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
14. Dirección General de Sanidad Vegetal. (2005). Manual de funciones y procedimientos del Sistema Nacional de Protección de Plantas. La Habana.
15. ETIAH (Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de Holguín). (1999). Producción de semilla de frijol de alta calidad. p. 13.
16. FAO. (1995). Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp: 10-35.
17. FAO. (2005a). La aplicación de plaguicidas sin la debida seguridad provoca daños a la salud y al medio ambiente. Comunicados de prensa 97/20. Roma.
18. FAO. (2005b). “Gender and Farming Systems: Lessons from Nicaragua”. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Disponible en http://www.fao.org/ (Consultado el 10 de febrero de 2018).
19. FAO (2014) Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAOSTAT) Agriculture Data. Disponible en: http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QC/E (Consultado el 10 de febrero de 2018).
20. Fernández, L. (2005). Indicadores de Sostenibilidad y Medio Ambiente: Métodos y Escala. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. p. 240.
21. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). (2016). Panorama agroalimentario Frijol. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. p. 3.

22. Funes, F. (2009). Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. La Habana. Cuba. 176 págs.
23. Funes, M. F.; Suárez, J.; Blanco, D.; Reyes, F.; Cepero, L.; Rivero, J. L.; Rodríguez, E.; Savran, V.; del Valle, Y.; Cala, M.; Vigil, M.; Sotolongo, J. A.; Boillat, S.; Sánchez, J. E. (2011). Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. Pastos y Forrajes. 34(4):445-462.
24. Gaceta Oficial de precios. (2015). Resolución Nº. 236. Ministerio de Finanzas y Precios. Cuba.
25. García, D.; Sueiro, L.; García, B.; Licea, L. (2016). Evaluación de la carga toxica liberada al ambiente en un agroecosistema de la provincia Granma. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, Granma, Cuba.
26. Gliessman, S. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. 14 p.
27. González, M. (1988). Enfermedades fungosas del frijol en Cuba. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana. Cuba. 152 p.
28. Granda, K. (2017). Bioenoculante a base de cepas nativas de *Rhizobium* spp. para la producción sostenible de *Phaseolus vulgaris* L, cultivar Mantequilla, en Loja Ecuador. Tesis para aspirar al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
29. Guevara, F.; Rodríguez, L.; Hernández, M.; Fonseca, M.; Pinto, R.; Reyes, L. (2015). Eficiencia energética y económica del cultivo de maíz en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura”, Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 6 Núm. 8, 12 de noviembre - 31 de diciembre. p. 1929-1941.
30. Guns, B. (1996). Aprendizaje organizacional. Cómo ganar y mantener la competitividad. Ed. Prentice Hall.
31. 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, 2015. pp. 54-55.
32. Hernández, Á.; Figueroa, D.; Moisés, L.; García, J. (2009). Anacafé-CEDICAFÉ. Fluctuación poblacional de los cicadélidos “Saltahojas” del café y su importancia. Revista El cafetal, Vol. 3 junio – agosto. Guatemala.

33. 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.
34. Hernández, H.P.; Gómez, S.; Ramos, Y.; Pérez, E.; Espinosa, R. (2013). Identificación y fluctuación poblacional de *Empoasca* en cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. en Villa Clara, Cuba. Revista Centro Agrícola, 40(2): 67-70; abril-junio, 2013.
35. Hohmann, C. y Martínez, S. (2000). Feijão, Tecnologia de Producão. En: Pragas e Seu Controle. IAPAR. Paraná. Brasil. 81 p.
36. Iermanó, M.J. y Sarandón, S. J. (2015). Rol de la agrobiodiversidad en sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril en la Región Pampeana, Argentina. Su importancia para la sustentabilidad de los agroecosistemas. Revista Brasileira de Agroecología.
37. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LPSV). (2005). Resumen ampliado de Metodologías de Señalización y Pronóstico Fitosanitario.
38. Lardizábal, R.; Arias, S. y Segura, R. (2008). Producción de frijol. Manual de producción. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
39. Lardizábal, R. Arial, S. y Segura, R. (2013). Producción de frijol. Manual de producción de frijol. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
40. Leal, J. (2007). Desarrollo sostenible en la empresa agrícola. Definiciones e indicadores. 14 pp.
41. León, A. (2013). Gerencia Regional de Agricultura. Agencia Agraria Trujillo. Boletín Informativo “La voz agraria”. Cultivo del frijol. Año VIII N° 06. Trujillo – Perú.
42. Leyva, H.; Leyva, L.; Peña, L.; Laguna, D. (2012). Efectos de dos sistemas de labranzas en los rendimientos agrícolas del cultivo del fríjol, cultivar Velazco largo en la UBPC “Playuela”. Trabajo aceptado al Simposio de Agronomía Agrocentro 2012. Universidad Vladimir I. Lenín. Las Tunas. Cuba.

43. Lin, L-Z.; Harnly, J. M.; Pastor-Corrales, M.S.; Luthria, D. L. (2008). The polyphenol profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Chemistry. 107: 399–410.
44. Llanes, R. (2005). Caracterización morfoagronómica y fisiológica del Banco de Germoplasma de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del CIAP. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara. 68p.
45. López, L. (1999). Plaguicidas: uso excesivo, peligroso. Medio ambiente: dispersión y permanencia. Disponible en: http://www.gaceta.udg.mx/Hemeroteca/paginas/127/12–127.pdf (Consultado el 12 de febrero de 2018).
46. 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.
47. Machado, R. (2015). Incidencia de *Diabrotica balteata* (Leconte) y *Cerotoma ruficornis* (Olivier) asociados a *Phaseolus vulgaris* (L). Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
48. Martínez, E.; Barrios, G.; Rovesti, L.; Santos, L. (2007). Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. La Habana. Cuba; 526 p.
49. Martínez, F.; Ojeda, D.; Hernández, A.; Martínez, J.; De la O, G. (2011). El exceso de nitratos: un problema actual en la agricultura. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.
50. Martínez, E.; Espinosa, J.; González, T.; Paz, O.; González, C.; Rovira, S. (2015). Tecnología Agroecológica para el cultivo del frijol. Dirección Provincial de Sanidad Vegetal. Villa Clara. Cuba.
51. Masera, O.; Astier, M.; López - Ridaura, S. (1999). Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, México. 109 p.
52. Mayea, S., Herrera I. L. y Andreu, C. M. (1983). Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba Edit. Pueblo y Educación. 425 p.

53. Mederos, Y. (2013). Indicadores de la calidad en la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.27:55-62.
54. Méndez, A. (2007). Aspectos bioetológicos de *Diabrotica balteata* Leconte (*Coleoptera*: *Chrysomelidae*) en el cultivo del frijol en la zona norte de la provincia de Las Tunas. Fitosanidad. 2007; 11(4):13-18.
55. Milián, A. y Díaz, G. (2008). Conocimiento, aprendizaje y sostenibilidad. Una experiencia a partir del Movimiento de Agricultura Urbana en Villa Clara, Cuba. Revista Agricultura Orgánica. ISSN: 1028 – 2130. Vol. 1 (2008) 30 – 32.
56. Miller, T. (2008). Ciencia Ambiental, Desarrollo Sostenible. Un enfoque integral Innovación Educativa. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179420818010 (Consultado el 22 de abril de 2016).
57. MINAGRI. (2007). Lineamientos para los Subprogramas de la Agricultura Urbana para 2008-2010 y Sistema Evaluativo.121p.
58. MINAGRI. (2015). Informe del diagnóstico de la cadena del frijol en la región central. Cuba 93p.
59. MINAGRI. (2016a). Cadena de valor del frijol común en Cuba. Estudio de su situación en siete municipios de las provincias de Sancti Spíritus y Villa Clara.
60. MINAGRI. (2016b). Lista oficial de cultivares comerciales. Dirección de certificación de semillas. Ciudad Habana. 16 p.
61. MINAGRI. (2016c). Lista de precios de venta. Empresa Productora y Comercializadora de Semillas. Resolución Nº 7 de 2016.
62. Murguido, C. A. (1995). Biología, Ecología y lucha contra el saltahojas *Empoasca kraemeri* Ross y Moore (Homóptera: *Cicadellidae*) en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis presentada en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INISAV. Ciudad de La Habana. 98 p.
63. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI). (2014). Anuario estadístico de Cuba. Oficina Nacional de Estadísticas. Cuba.
64. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (2016). Capítulo 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. En: Anuario Estadístico de Cuba 2015. Edición 2016.

65. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (2017). Capítulo 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. En: Anuario Estadístico de Cuba 2016. Edición 2017.
66. Olalla, M. (2003). Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica. Resumen del Proyecto de Fin de Carrera de la Licenciatura de Ciencias Ambientales, Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Nayarit junio 2003).
67. Olivera, A. V.; Morales, A. G.; Batista, F. S.; Alfonso, A. I.; Rodríguez, J. M.; Montero, M. E. (2016). Comportamiento agroproductivo de diferentes cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la finca «Las María» del municipio Primero de enero. Ciego de Ávila, Cuba. Universidad & Ciencia, 5(2), 52-78.
68. ONUFAO. (2006). Crear y manejar un huerto escolar. Un Manual para profesores, padres y comunidades. 198 p.
69. Pacheco, Y. (2006). Indicadores de sostenibilidad en una unidad de producción familiar influida por la metodología Campesino a Campesino en el municipio Santa Clara, pp. 1-97.
70. Paredes, E. (2011). Manejo agronómico de malezas. Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura suburbana, Inisav - Inifat, 1: 173-201, 279, La Habana, 2011.
71. Pérez, N. (2006). Manejo ecológico de plagas. Uso intensivo de plaguicidas. Editorial Félix Varela. p. 52 – 53.
72. Pinheiro, C.; Baeta, J.P.; Pereira, A.M.; Dominguez, 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, pp. 125-126.
73. 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. 40p.
74. Quintero, E. (2000). Manejo agrotécnico del frijol en Cuba. Monografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara. 39p.

75. Quintero, E.; Gil, V.; Guzmán, L.; Castillo, S. (2004). Banco de germoplasma de frijol del CIAP: fuente de resistencia a la roya. Centro Agrícola. 31 (3-4):10-12.
76. Quintero, E. (2007). Manejo de la diversidad varietal en la conducción fitotecnia del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Agrícola 26(3):27-32.
77. Quintero, E. y Gil, V. (2012). Instrucciones básicas para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cuba. Proyecto "Recursos Fitogenéticos de Granos". Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
78. Quiroga, R. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile. p 9.
79. Ramos, Y. (2008). *Empoasca kraemeri* Ross y Moore sobre el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en un suelo Ferralítico Rojo Típico. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 54 pp.
80. Ramos, Y.; Gómez, J.; Pérez, E.; Cabrera, D.; Hernández, H.; González, M. (2010). Comportamiento de *Aphis craccivora* Koch. (*Hemiptera*: *Aphididae*) sobre el frijol común en época de siembra intermedia. Revista Centro Agrícola 37(1): 57-59.
81. Ramos, Y. (2016). Comportamiento de los pentatómidos asociados a agroecosistemas de *Phaseolus vulgaris* L. Bases para su manejo integrado. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
82. Rigby, D. y Cáceres, D. (2001). Organic farming and the sustainability of agricultural systems. Agricultural Systems 68: 21-40.
83. Ríos, MJ. y Quirós, DJ. (2002). El Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y cultivares. Boletín Técnico. FENALCE. Bogotá. 193 pp.
84. Rodríguez, M. O.; Faure, B.; Ortiz, R.; Miranda, S.; Lamz, A. (2015). Respuesta a bacteriosis común (*Xanthomonas axonopodis* p.v *phaseoli*) en los cultivares comerciales de frijol común de Cuba, en condiciones de campo. Afectación de los rendimientos por efecto de la inoculación. Cultivos Tropicales, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 92-99).

85. Romero, A.; Doval, M.; Sturla, A.; Judis, A. (2013). Propiedades antioxidantes de compuestos polifenólicos presentes en extractos hidroalcohólicos de soja fermentada. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.
86. Ross, H. H. y Moore, T. E. (1957). New species in the *Empoasca fabae* complex (*Hemiptera*: *Cicadellidae*). Ann. Ent. Soc. Am. (50): 118 – 122.
87. Sagardoy, J. A. (1993). Una visión global de la contaminación del agua por la agricultura. En: Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Informe sobre temas hídricos. FAO. Roma. Italia. p. 50-52.
88. 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.
89. 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: pp. 393-414.
90. Seralgedin, I. (1993): "Cómo lograr un desarrollo sostenible", Finanzas y desarrollo, vol. 30. núm. 4, pp. 6-10, diciembre.
91. Socorro Q., M. y Martín F., D. (1998). Granos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, p. 5 – 9.
92. Spalding, R.F. y Exner, M.E. (1993). “Occurrence of Nitrate in Groundwater. A Review”, J. Environ. Qual., 22, 1993, pp. 392-402.
93. Torres, R. (2008). Phytostimultor y effect of Rhizobium and Plant Growth Promoting Rhizobacteria in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Interaction. PhD. Katholieke Universite it Leuven. ISBN 978 - 90 - 8826 - 058 - 2.
94. Treviño, C. y Rosas, R. (2013). Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana. El frijol común: factores que merman su producción. Vol XXVI Número 1. Disponible en: https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol26num1/index.html (Consultado el 10 de febrero de 2018).

95. Ulloa, J.; Rosas, P.; Ramírez, J.; Ulloa, B. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Propiedades alimentarias del frijol. Universidad Autónoma de Nayarit. México.
96. Valladares, C.A. (2010) Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. En: Serie Lecturas Obligatorias: Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico. Departamento de producción vegetal.
97. Valladolid, Á.; Pantaleón, J.; Castillo, O.; Aquino, J.; (1998). Curso producción de menestras de exportación (Para agricultores), Chiclayo – Perú.
98. WCED (World Commission on Environment and Development). (1987). Our Common Future. Oxford University Press, p. 43.
99. Yepis, O.; Fundora, O.; Pereira, C.; Crespo, T. (1999). La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del tomate. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas e ISP "Félix Varela". Scientia gerundensis, 24: 5-12.
100. Zaccardelli, M.; Pentangelo, A.; Tripodi, P. (2013). Characterization of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ecotype "Fagiolo occhio nero di Oliveto Citra" using agronomic, biochemical and molecular approaches. Pakistan journal of biological sciences: PJBS, 2013, vol. 16, p. 901-910.