

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Ingeniería Agronómica



Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza Sativa* L.), cultivar INCA
LP-7, en la UBPC “El Cedro”

Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo

Diplomante: Yurisleidy Ríos Hernández

Tutor: Dr. C. Manuel Díaz Castellanos

Santa Clara, 2016

Agradecimientos

Quisiera dejar constancia de la valiosa ayuda brindada por numerosas personas que de una forma u otra colaboraron con la realización de este trabajo, donde brindaron su tiempo y apoyo para identificar hechos, incluir arreglos, clarificar detalles, dejando para mi gran significación, por eso quisiera expresar mi eterno agradecimiento a:

- ✚ Agradezco a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de esta investigación.
- ✚ A mis padres y esposo por su apoyo y comprensión.
- ✚ A mi tutor Dr.C Manuel Díaz Castellanos por su exigencia, preocupación y ayuda incondicional.
- ✚ A mi compañeros de estudio por ayudarme en cada momento de desesperación.
- ✚ A todos los profesores por el conocimiento transmitido.

*...A todos mis más profundos
agradecimientos...*

Dedicatoria

¡Cuántas ideas, sentimientos, emociones surgidas en la mente y el corazón!, me han de inspirar en una dedicatoria tan especial como esta. Pero que me resulta más fácil de una manera sencilla, expresando lo que emana del corazón, ya que nuestros sentimientos se inclinan hacia nuestras personas amadas; por eso, lo he de dedicar con mucho amor y cariño:

- ✚ A mis queridos padres y hermanos por quererme y guiarme por el camino correcto.
- ✚ Y en especial a mi más paciente y comprensible tutor .C Manuel Díaz Castellanos, cuya tenacidad fue decisiva en todos los momentos en que la necesitaba.

Resumen

La presente investigación se desarrolló en la UBPC “El Cedro”, perteneciente al Complejo Agro-Industrial (CAI) Sur del Jíbaro, municipio La Sierpe, provincia Sancti Spíritus, con el objetivo de evaluar la sostenibilidad de cultivo del arroz en la entidad. Se evaluaron tres dimensiones: ambiental, económica y social, se utilizaron entrevistas, encuestas y observaciones directas, como metodologías para evaluar los indicadores de cada dimensión. En la dimensión ambiental se determinó la eficiencia energética del cultivo utilizando los equivalentes energéticos de entradas y salidas del sistema. En la dimensión económica se determinó el beneficio económico del cultivo y su relación con el mercado. En la dimensión social se evaluó tomándose en cuenta a los trabajadores y su capacitación técnica y ambiental. Los resultados de la evaluación demostraron que de forma general existe sostenibilidad en el manejo del cultivo del arroz en la UBPC, obteniendo los resultados más favorables en la dimensión económica.

Índice	Pág.
1. Introducción.....	1
2. Revisión Bibliográfica.....	4
2.1. Concepto de sostenibilidad.....	4
2.2. Requisitos de sostenibilidad.....	4
2.3. Indicadores de sustentabilidad.....	5
2.4. Generalidades del cultivo del arroz.....	7
2.4.1. Principales características del cultivar en estudio.....	9
2.5. Origen, taxonomía e importancia.....	9
2.6. Aspectos Agrotécnicos.....	10
2.6.1. Preparación de suelos.....	10
2.6.2. Época de siembra.....	10
2.6.3. Siembra.....	11
2.6.4. Marco de siembra.....	11
2.6.5. Fertilización.....	11
2.6.6. Riego.....	12
2.6.7. Ecosistemas.....	12
2.6.8. Cosecha.....	12
3. Materiales y Métodos.....	13
3.1. Dimensiones ambiental.....	14
3.1.1. Eficiencia energética del cultivo.....	14
3.2. Dimensión económica.....	15
3.3. Dimensión social.....	17
4. Resultados y Discusión.....	18
4.1. Dimensión ambiental.....	18
4.1.1. Eficiencia energética.....	19
4.2. Dimensión económica.....	25
4.3. Dimensión social.....	30
5. Conclusiones.....	32
6. Recomendaciones.....	33
7. Bibliografía.....	34

1. Introducción

En los últimos años se ha desarrollado una literatura relativamente amplia sobre el concepto de sostenibilidad. Normalmente se identifica como punto de partida para su definición, el informe de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo “Nuestro futuro común”. La Comisión definió desarrollo sostenible como «el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades» (WCED, 1987).

La sostenibilidad tiene tres pilares básicos: el ambiental, el social y el económico. Para que una actividad sea sostenible ha de ser ambientalmente apta, socialmente aceptable y económicamente viable; no vale con que sea muy sostenible en ciertos aspectos y falle en otros, por muy sólidos que sean uno o dos de los pilares, es necesario el tercero para que podamos hablar de sostenibilidad.

En Cuba, el Diccionario de términos ambientales de Camacho (2010) define:

1. Sostenibilidad. Uso de la biosfera por las generaciones actuales, al tiempo que mantienen sus rendimientos potenciales para las generaciones futuras.
2. Sustentabilidad. Capacidad de un sistema para desarrollarse con los propios recursos, de tal manera que su funcionamiento no dependa de fuentes externas, sin que ello signifique que estas no se consideren.

Según Funes y Monzote (2009), para lograr la sostenibilidad energética de un agroecosistema, es imprescindible tener un conocimiento pleno de cómo fluye la energía a través de los diferentes subsistemas y su interacción. Debido al alto costo de la misma, lograr minimizarla influye decisivamente en la sustentabilidad del sistema productivo en cuestión, para esto nos apoyamos en una serie de indicadores energéticos, siendo la piedra angular el balance energético, de aquí parten todos los análisis derivados de la eficiencia con que se transforma la energía en el agroecosistema. Por lo tanto, el conocimiento y la cuantificación de la eficiencia energética de los sistemas de producción de alimentos deben constituir la piedra angular para el diseño de mejores estrategias de manejo agrícola y toma de decisiones políticas, estos elementos

deben incorporarse como metodología para lograr un uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, tanto biológicas como industrial

El aumento de la producción de arroz mediante una agricultura sostenible y que no perjudique el medio ambiente es un arma esencial en la lucha contra el hambre (FAO, 2004).

Según Tejera (2004), el movimiento de popularización de arroz se potenció a mediado de la pasada década ante el déficit del alimento en el mercado por la falta de recursos en las empresas especializadas. Hoy más de 176 mil personas practican en Cuba esta agricultura, quienes consiguieron el pasado año más de 245 mil toneladas. La provincia de Camagüey constituye un ejemplo del incremento en estas producciones.

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más antiguos, ha formado parte de la alimentación del ser humano durante casi 10 000 años (Acevedo *et al.*, 2006). Ocupa el segundo lugar a nivel mundial después del trigo en superficie cosechada; pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Constituye el alimento básico de cerca del 50 % de la población mundial. Aunque es producido y consumido mayormente en Asia, se siembra con fines comerciales en más de 100 países (FAO, 2006; Jiménez *et al.*, 2009; Franquet y Borrás, 2010).

Este cereal es uno de los de mayor producción a nivel mundial y, junto al trigo, la carne y el pescado, constituyen la base de la alimentación humana; el 75 % de la población mundial lo incluye en su dieta alimenticia diaria y puede superar, en algunos casos, el consumo de otros cereales (Méndez, 2011).

Es el cultivo de grano más importante para el consumo humano en los países tropicales de la región de América Latina y el Caribe, porque proporciona más calorías a la dieta de los habitantes de esa región que el trigo, el maíz, la yuca, la papa y otros alimentos. Brinda a los consumidores de escasos recursos, en particular, más calorías que cualquier otro cultivo de primera necesidad. En esta región de rápido crecimiento urbano, el fuerte atractivo del arroz corresponde a su conveniencia y sus muchas bondades alimenticias (CIAT, 2015).

Aun cuando se obtienen buenos resultados con las tecnologías o metodologías que se utilizan en la producción quedan algunas fisuras que debilitan y hacen inestables las cosechas de arroz (Alemán *et al.*, 2008). Al ser un monocultivo que se maneja en forma intensiva presenta muchos problemas, tanto fitosanitarios como fitotécnicos, es por ello que se deben seguir muy de cerca las áreas dedicadas a este cultivo, con el fin de observar el comportamiento de las diferentes variedades (Guzmán, 2006; Suárez, 2009; Franquet y Borrás, 2010).

Por lo antes señalado nos proponemos la siguiente hipótesis:

La determinación de la sostenibilidad del arroz en la UBPC “El Cedro”, posibilitará mejoras en el manejo del cultivo.

Para darle cumplimiento a la hipótesis se plantea el siguiente objetivo general:

Evaluar la sostenibilidad ambiental, económica y social del arroz, cultivar INCA-Lp7 en la UBPC “El Cedro”.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la sostenibilidad ambiental del arroz, cultivar INCA-Lp7 en la UBPC “El Cedro”.
2. Determinar la eficiencia energética del arroz, en época poco lluviosa en la UBPC “El Cedro”.
3. Evaluar la sostenibilidad económica del arroz, cultivar INCA-Lp7 en época poco lluviosa en la UBPC “El Cedro”.
4. Valorar la sostenibilidad social del arroz, cultivar INCA-Lp7 en la UBPC “El Cedro”.

2. Revisión Bibliográfica

2.1. Concepto de sostenibilidad

En los últimos años se ha desarrollado una literatura relativamente amplia sobre el concepto de sostenibilidad. Normalmente se identifica como punto de partida para su definición, el informe de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo “Nuestro futuro común”. La Comisión definió desarrollo sostenible como «el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades» (WCED, 1987).

2.2. Requisitos de sostenibilidad

La sostenibilidad tiene tres pilares básicos: el ambiental, el social y el económico. Para que una actividad sea sostenible ha de ser ambientalmente sostenible, socialmente sostenible y económicamente sostenible, no vale con que sea muy sostenible en ciertos aspectos y falle en otros, por muy sólidos que sean uno o dos de los pilares es necesario el tercero para que podamos hablar de sostenibilidad (Comisión Europea, 2000).

Respecto a los requisitos de la sostenibilidad económica se ha trabajado mucho, existen multitud de parámetros que miden la viabilidad a corto, medio y largo plazo y son conocidas las condiciones que debe cumplir una actividad para que sea económicamente perdurable en el tiempo. Tanto los indicadores como los requisitos económicos han sido muy criticados, pero en la mayor parte de los casos, cuando se ha puesto en duda su validez, ha sido por no incluir los aspectos sociales y ambientales. No obstante, existen algunos aspectos, puramente económicos, que van a tener un peso importante al valorar la sostenibilidad y que no suelen incluirse en la “contabilidad”, como son los costes ocultos o externalidades y las leyes de rendimientos decrecientes o economía de los costes marginales (Riechmann, 2003).

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

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

Han de favorecerse las tecnologías que aumenten la productividad de los recursos frente a las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos. El cambio tecnológico ha de promover la sustitución de recursos no renovables por renovables en la línea de una “estrategia solar”. El principio de precaución finalmente, para la sostenibilidad social, ha de ser “lo suficientemente productiva como para atender a las necesidades básicas y los deseos razonables de toda la población mundial, que potencie la ocupación del campo y el desarrollo rural, que sea compatible con la preservación de la diversidad cultural, que fomente la equidad social” (Riechmann, 2003).

2.3. Indicadores de sustentabilidad

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

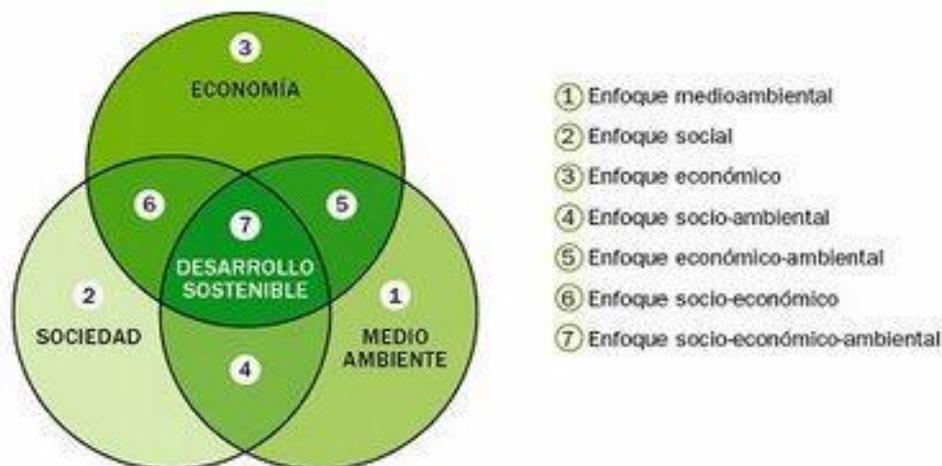


Figura 1. Ejes o dimensiones fundamentales del desarrollo sustentable

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

El análisis de la sustentabilidad a partir de una serie de dimensiones, la ambiental, la social y la económica desarrolladas sobre la base de sus indicadores, conducirá la investigación sobre el tema planteado.

La dimensión ambiental se refiere a la capacidad que tienen los agroecosistemas de ser manejados, conservados y ordenados todos sus componentes; las interacciones, así como la flexibilidad de adaptarse a nuevos niveles de equilibrio. Evaluando los siguientes indicadores rendimiento, dependencia insumos externos e incidencia de organismos nocivos. El indicador rendimiento no es más que la producción obtenida en ese cultivo en un área determinada, la dependencia de insumos externos está relacionada con el uso de maquinarias e insumos y el último está dado por el porcentaje de plagas o enfermedades que atacan al cultivo e inciden en su bajo rendimiento.

La dimensión social comprende los aspectos en los que se ven involucrados los productores con el medio que los rodea, su capacidad de participación en toma de decisiones, capacitación y el conocimiento adquirido o heredado en la

ejecución productiva por lo que se seleccionó los siguientes indicadores: la calidad de vida y la capacitación técnica. La primera se define como la capacidad de satisfacer las necesidades de los trabajadores y sus familias y la segunda como el conocimiento de los productores en relación con dicho cultivo.

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

Pimentel y Pimentel (2005), destacaron, que al considerar el aporte y la producción de energía en un sistema de producción, se vuelve claro que la eficiencia energética puede ser mejorada de gran manera, cuando se comprende cómo fluye la energía a través del sistema. Además de conservar energía fósil, las prácticas agrícolas sostenibles deben dar prioridad al uso de la energía de fuentes renovables y a la conservación del suelo, agua, y los recursos biológicos. Comprender los flujos y balances de energía, es un elemento básico para lograr la sostenibilidad energética, tanto por razones económicas, como ecológicas y sociales.

2.4. Generalidades del cultivo del arroz

Hoy resulta más importante que nunca sembrar arroz en Cuba según Sánchez y Socorro (2008) siendo a nivel popular una de las actividades de la agricultura que cobra mayor importancia en nuestro país, por los múltiples beneficios que esto reporta a la economía nacional y para la dieta del cubano (Hernández, 2011).

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más antiguos, ha formado parte de la alimentación del ser humano durante casi 10 000 años (Acevedo *et al.*,

2006). Ocupa el segundo lugar a nivel mundial después del trigo en superficie cosechada; pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Constituye el alimento básico de cerca del 50 % de la población mundial. Aunque es producido y consumido mayormente en Asia, se siembra con fines comerciales en más de 100 países (FAO, 2006; Jiménez *et al.*, 2009; Franquet y Borrás, 2010).

Es el cultivo de grano más importante para el consumo humano en los países tropicales de la región de América Latina y el Caribe, porque proporciona más calorías a la dieta de los habitantes de esa región que el trigo, el maíz, la yuca, la papa y otros alimentos. Brinda a los consumidores de escasos recursos, en particular, más calorías que cualquier otro cultivo de primera necesidad. En esta región de rápido crecimiento urbano, el fuerte atractivo del arroz corresponde a su conveniencia y sus muchas bondades alimenticias (CIAT, 2015).

Aun cuando se obtienen buenos resultados con las tecnologías o metodologías que se utilizan en la producción quedan algunas fisuras que debilitan y hacen inestables las cosechas de arroz (Alejandrino *et al.*, 2008). Al ser un monocultivo que se maneja en forma intensiva presenta muchos problemas, tanto fitosanitarios como fitotécnicos, es por ello que se deben seguir muy de cerca las áreas dedicadas a este cultivo, con el fin de observar el comportamiento de las diferentes variedades (Guzmán, 2006; Suárez, 2009; Franquet y Borrás, 2010).

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una poácea anual de gran importancia en la dieta humana como fuente de carbohidratos. Constituye el principal alimento en muchos países asiáticos y en algunos de Sur América; es la especie más cultivada después del trigo, ocupa 151 millones de hectáreas, la producción alcanzada se ha estimado en 562 millones de toneladas métricas y Asia produce el 90 % del total mundial, siendo China el principal productor, seguido de Brasil, en el continente americano. Este cereal es una de las pocas especies alimentarias adaptadas en terrenos inundados, y por su alta capacidad productiva es una importante fuente para el sector agrícola de muchos países (Ospina y Aldana, 2001; Caicedo, 2008).

Más de un tercio de la población mundial depende del arroz y el 85 % de la producción es para consumo humano. Es el cultivo más importante en función de la extensión y superficie cultivada, número de personas que económicamente depende de su cultivo, procesamiento y mercadeo (INIA, 2004; Franquet y Borrás, 2006).

En América Latina se producen alrededor de 16 millones de toneladas métricas de arroz cáscara; sin embargo el consumo supera esta cifra, por lo que en su conjunto se presenta como un importador neto de arroz. En el año 2005 la producción en América Latina y el Caribe fue de 26.4 millones de toneladas en una superficie de 6.8 millones de hectáreas (Martínez y Cuevas, 1986; FAO, 2006).

Según la FAO, la producción mundial en 2011 alcanzó 722 millones de toneladas contra 700 millones en 2010. Las cosechas han mejorado en casi todas las regiones arroceras del mundo gracias a una extensión de las áreas de cultivo, las cuales alcanzarían 164 millones de hectáreas (Villar, 2012). Este incremento se concentra en los principales países productores, especialmente China, India e Indonesia quienes totalizan casi los dos tercios de la producción mundial (FAOSTAT, 2015).

2.4.1. Principales características del cultivar INCA LP-7

Es una planta vigorosa, semienana, tolerante a la salinidad, con ciclo de 140 días aproximadamente y rendimiento de 3.9- 5.1 t ha⁻¹ (González *et al.*, 2002).

2.5. Origen, taxonomía e importancia

Es difícil establecer con exactitud de la época en que se inició el cultivo del arroz. La literatura china menciona este cultivo 3000 años antes de Cristo (AC), cuando se consideraba su siembra como una ceremonia religiosa importante, reservada al emperador. El arroz pudo haberse cultivado en otras épocas y pudo originarse en algún sitio diferente de China. Varios autores aceptan que *O. sativa*. procede del sudeste de Asia, de una región cercana a la parte sur de India, donde las condiciones ambientales son favorables para este cultivo y hay gran cantidad de especies silvestres del género *Oryza* (CIAT, 2010).

El arroz, es una planta monocotiledónea ubicada dentro de la Clase Liliopsida, Orden Poales, Familia Poaceae, Subfamilia Bambusoideae, Tribu Oryzeae, Género *Oryza* y especie *O. sativa* (Acevedo *et al.*, 2006; CIAT, 2010).

Dentro de sus virtudes alimenticias se destaca que es rico en vitaminas y minerales, es bajo en grasa y sal y está libre de colesterol (CIAT, 2005). Aunque, como todos los cereales, tiene un aporte básicamente calórico a la dieta, no debe menospreciarse el componente protéico, cuyo contenido medio es 8.7 % en el arroz cargo (descascarado sin pulir) y 7.8 % en el elaborado (Carreres y León, 1999).

Se estima que en el año 2030 los países deben producir más e incrementar los rendimientos de los cultivos de arroz, para satisfacer las demandas del rápido crecimiento de la población; según Yamazaki (2001) y FAO (2012) enfrentar este desafío se considera una estrategia importante.

2.6. Aspectos Agrotécnicos

2.6.1. Preparación de suelos

En la preparación del suelo es muy importante la nivelación para garantizar el crecimiento parejo de las plantas y mejor control de arvenses. En las siembras en aniego es necesario levantar muros (diques) fuertes y bien compactados para que la fuga de nutrientes y agua sea mínima. La preparación se puede hacer de diferentes formas en dependencia de la época de siembra, en seco, fanguero o seco-fanguero. El número de labores en la preparación no incrementa el rendimiento proporcionalmente, este depende del alisamiento y la nivelación (Martín y Socorro, 1989; IIA, 2001; Alemán *et al.*, 2008).

2.6.2. Época de siembra

Sanzo *et al.* (2008) expresan que la época de siembra del arroz en Cuba abarca desde el mes de noviembre hasta julio y no existe ningún genotipo que presente igual comportamiento a lo largo de dicho periodo, por lo que debemos sembrar en cada momento la variedad que mejor responda a ese ambiente.

2.6.3. Siembra

Según Alemán *et al.* (2008), existen dos tipos de siembra, directa y trasplante, pero cada una es realizada de diferente forma. La primera es cuando la semilla se deposita directamente en el suelo, puede hacerse a chorrillo (con sembradora o manual) o a voleo (por avión o manual). Mientras que la segunda, es cuando se llevan al campo plántulas que crecieron en un semillero y se puede realizar al azar, en hileras y en SICA.

2.6.4. Marco de siembra

La densidad de siembra tiene como objetivo lograr de 300 a 400 espigas por m². Distancias de siembra de 0.30 m x 0.15 m en hileras han dado buenos resultados en Japón. Los agricultores en Cuba que siembran por trasplante siembran a una distancia aproximada de 0.25 m x 0.25 m (Alemán *et al.*, 2008). En las siembras a voleo el consumo de semillas es mayor, para lograr la densidad de siembra óptima se deben garantizar 150 plantas por m², el consumo de semillas es aproximadamente de 25-35 qq/cab (IIA, 2002).

2.6.5. Fertilización

Según refiere Sanzo *et al.* (2008), tradicionalmente el arroz se fertiliza con nitrógeno, fósforo y potasio, aunque puede darse el caso de ser necesario aplicar cinc (Zn), azufre (S), calcio (Ca), hierro (Fe) u otro elemento muy específico.

La cantidad de fertilizantes a aplicar está en dependencia de varios factores como son la época de siembra, el ciclo de la variedad y el tipo de suelo señalan Sánchez y Socorro (2008).

En cuanto a la fertilización el nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas llenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano. También el fósforo influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración, además mejora la calidad del grano. El arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. El potasio aumenta la resistencia al encamado, enfermedades y condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. Las dosis de potasio a aplicar varían entre 80-150 kg de K₂O/ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno (Sánchez y Socorro, 2008; Infoagro, 2012).

2.6.6. Riego

Las necesidades de agua del cultivo de arroz se estiman entre 800 mm y 1 240 mm aproximadamente. Los períodos de mayor demanda de humedad son el establecimiento de las plantas, el macollamiento y desde la diferenciación hasta el llenado del grano. Deficiencias en el riego durante las etapas de establecimiento y macollamiento pueden incidir sobre el número de hijos por planta (Sanzo *et al.*, 2008; Infoagro, 2012).

2.6.7. Ecosistemas

El arroz se cultiva por diferentes métodos, que varían desde secano ya sea mecanizado o manual, hasta la inundación constante en el cual se utiliza en ocasiones la preparación bajo agua o fanguero. También podemos encontrar ecosistemas de secano favorecido, salinidad, riego y cultivo de retoño (Suárez *et al.*, 2012). La producción de arroz de secano está en manos de pequeños productores, mientras que el arroz de riego es cultivado por los grandes productores, esto se debe al monto de inversión (MAG-FOR, 2002).

2.6.8. Cosecha

El momento de efectuar la cosecha puede determinarse al observar los granos maduros en las panículas (espigas); un área puede estar lista para la cosecha cuando unas 4/5 partes de las panículas toman color amarillo-carmelita y los granos en las partes más bajas están en la etapa duro. También puede realizarse la cosecha entre los 28 y 34 días después de la paniculación, cuando se trata de una campaña de seca y entre 34 y 38, para una de primavera (Sanzo *et al.*, 2008).

3. Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en la Unidad básica de producción Cooperativa (UBPC) “El Cedro”, perteneciente al Complejo Agro-Industrial (CAI) del Sur del Jíbaro, municipio La Sierpe, provincia Sancti Spíritus, en el período comprendido desde noviembre de 2015 hasta febrero de 2016. La siembra se realizó sobre un suelo Oscuro Plástico (Hernández *et al.*, 1999).

En el montaje del experimento se utilizó un área que comprendió 18,24 hectáreas pertenecientes a la UBPC “El Cedro”, se utilizó el cultivar de arroz INCA LP-7 encontrándose en la lista oficial de variedades comerciales (MINAGRI, 2015), procedentes de la empresa de semillas de Sancti Spíritus, empleando la siembra directa (a voleo).

Dimensiones y selección de los indicadores de sostenibilidad.

Se tomaron en cuenta tres dimensiones a analizar: ambiental, económica y social, tomando aspectos dentro de cada una de ellas que se interrelacionan. Se seleccionaron indicadores para cada dimensión.

Medición y monitoreo de los indicadores.

Cada indicador se estimó en forma separada y se le asignó un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor moderado o medio, y 10 el valor más favorable) de acuerdo a las características que presentan las dimensiones a observar para cada indicador.

3.1. Dimensión ambiental

En esta dimensión fueron analizados los elementos ambientales que interactúan dentro de la entidad de producción (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensión ambiental. Indicadores de sustentabilidad

Indicador	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.

3.1.1. Eficiencia energética del cultivo

Para la determinación de la eficiencia energética del cultivo se tomaron los equivalentes energéticos de las entradas y salidas del sistema (Funes, 2009) (Tabla 2), a partir de los cuales se calculó la eficiencia energética según Alemán y Brito (2003). Para la salida se tuvo en cuenta el aporte energético del arroz (3610 kcal/kg) según Latham (2002).

Tabla 2. Aporte energético de las entradas al sistema

Directa	Kcal/unidad
Trabajo humano (h)	250 - 544
Combustible Diesel (l)	9243
Gasolina (l)	8150
Fertilizante N (kg)	12300 – 14700
Fertilizante P (kg)	1975 – 3000
Fertilizante K (kg)	17 000
Semilla (kg)	3610
Insecticidas/fungicida (L)	44000
Herbicidas (L)	57000

La eficiencia energética se determinó mediante la fórmula:

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

3.2. Dimensión económica

Para esta dimensión fueron analizados cuatro indicadores, que comprenden la producción, mercado, ingresos y costos, así como la relación existente entre ellos (Tabla 3).

Tabla 3. Dimensión económica. Indicadores de sustentabilidad

Indicadores	Valor	Criterio de medida
Ganancia económica	10	Ganancia es superior a los gastos por cultivo y en general
	5	Ganancia de varios cultivos no supera los gastos aunque la ganancia general sea favorable.
	1	Gastos superan la ganancia en la mayoría de los cultivos.
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 tiene 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 de la finca, que es la única fuente de empleo de la familia.
	5	Los ingresos provienen en parte de la producción de la finca y de actividades (jornales) en otros lugares o fincas.
	1	Los ingresos solo dependen del trabajo en otros lugares o fincas.
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 la determinación de la sostenibilidad económica del cultivo se tuvieron en cuenta los gastos incurridos en combustible, salario, insumos (Tabla 4), así como el valor de la producción, tomado a partir del precio de venta a los secaderos (\$190/46 Kg).

Para el cálculo de la efectividad económica se tuvieron en cuenta los indicadores:

Tabla 4. Indicadores económicos

Indicadores	Unidad	CUP(\$)
Trabajo humano	Jornada	25
	Kg cosechado	1
Combustible	Litro	2
Servicio Riego	m ³ ha ⁻¹	4300
Fertilizantes	t	1500
Herbicidas	L	90
Fungicidas	L	133
Insecticidas	L	23
Semilla	kg	190

Se determinó el beneficio económico del cultivo por medio de la siguiente fórmula: $B = I - C$.

Donde: B. Beneficios I. ingresos C. Costos.

3.3. Dimensión social

Esta dimensión la conforman elementos dentro y fuera de las unidades de producción (Tabla 5), tomándose en cuenta a los trabajadores y familias de estos y, sus relaciones con la comunidad.

Tabla 5. Dimensión social. Indicadores de sustentabilidad

Indicador	Valor	Criterio de medida
Calidad de vida	10	Los resultados de la finca permiten a la familia cubrir alimentación, vestuario, recreación y ahorrar para comprar herramientas y equipo que se debe reponer o mejorar.
	5	Los resultados de la finca satisfacen solo algunas necesidades básicas, quedando otras sin cubrir.
	1	Los resultados de la finca 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.

4. Resultados y Discusión

4.1. Dimensión ambiental

En la dimensión ambiental se obtuvo un promedio general de 8.3 (tabla 6), lo cual refleja que existe sostenibilidad ambiental en el manejo del cultivo del arroz en la UBPC “El Cedro”, el rendimiento obtuvo la máxima calificación ya que se obtuvieron rendimientos por encima de los esperados, sobrecumpliendo el plan de producción con 7.6 t ha^{-1} , como se puede apreciar se obtuvo más del 80% del rendimiento potencial del cultivo, y la unidad tiene áreas con menos del 20% de sus plantas con una presencia tolerable de plagas.

La dependencia de insumos externos tuvo una influencia negativa en la dimensión ambiental, siendo esta la principal deficiencia en el sistema, con una puntuación de 5, ya que la unidad de producción depende de insumos externos, tales como semilla, fertilizantes, productos fitosanitarios, entre otros servicios. Estos productos tienen gran impacto ambiental, ya que un uso excesivo de fertilizantes conlleva al deterioro del ecosistema, principalmente del sustrato, específicamente en los fertilizantes, principalmente el nitrógeno por afectar el manto freático, también son altamente costosos y afectan la salud del ser humano.

Tabla 6. Dimensión ambiental

Indicador	Valor
Rendimientos	10
Incidencias de organismos nocivos	10
Dependencia de insumos externos	5
Promedio	8.3

Resultados similares obtuvo Martínez (2013) en un estudio sobre la sostenibilidad del frijol común en Quemado de Guines, Villa Clara, donde la principal deficiencia estuvo relacionada con la dependencia del cultivo de los

insumos externos (fertilizantes y plaguicidas). Hernández (2016) en un estudio sobre la sostenibilidad del frijol común en Santa Clara, reportó que la menor calificación en la dimensión ambiental estuvo determinada por la dependencia de insumos externos, con un valor de 5. La finca dependió de insumos externos, tales como semillas, fertilizantes, plaguicidas e implementos agrícolas los cuales le son proporcionados por la Empresa de Semillas Varias para realizar las actividades. El uso de fertilizantes y plaguicidas, aunque por más de seis décadas ha sido la principal estrategia para reducir las enfermedades y plagas en plantas, son los que provocan un impacto más negativo en el medio ambiente, puesto que su uso intensivo 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 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.

4.1.1. Eficiencia energética

Monti *et al.* (2013) en Uruguay, destacaron que resulta importante medir la eficiencia energética en el sector agrario ya que no solo es productor de energía sino que es usuario; así, y a partir de numerosos trabajos en el país y en el exterior, la valoración energética muestra valores crecientes de subsidios

energéticos proveniente de fuentes fósiles no renovables, que los vincula directamente a un creciente nivel de contaminación de aguas y suelos y con las pérdidas de servicios ambientales.

Entradas de energía al sistema (Tablas 7, 8, 9,10, 11,)

Como se puede apreciar en la tabla 7 el mayor aporte energético lo constituye el llenaje del campo con 26000 Kcal, seguido la chapea de canal y el fanguero con 10000 Kcal, lo que indica que debemos aprovechar el mayor tiempo posible con el objetivo de aumentar la eficiencia y a su vez disminuir las horas de trabajo derrochadas.

Tabla. 7. Energía suministrada por el trabajo humano

Actividad	Tiempo (horas)	Aporte total (Kcal)
Chapea de canal	40	10000
Drenaje/ muros	8	2000
Llenaje-fanguero	104	26000
Entronque de dique	8	2000
Levante de dique	16	4000
Fanguero	40	10000
Tablón alizador	8	2000
Siembra	8	2000
1-Pase de agua	8	2000
2- Pase de agua	16	4000
Lenteja	8	2000
Fertilización	8	2000
Cosecha	24	6000
Total	296	74000

Tabla 8. Energía suministrada por la maquinaria

Labores	Equipo	Implemento	Consumo diesel (Litros)	Aporte energético (Kcal)
Entronque de dique	TS-6020	Pala de	40	369720
Levante de dique	TS-6020	entronque	54	499122
1-Pase Fangueo	Zetor 12145		154	1423422
2-Pase Fangueo	Zetor 12145	Ruedas fangueadoras	161	1488123
3-Pase Fangueo	Zetor 12145		145	1340235
Tablón	TS-6020	Tablón alizador	153	1414179
Siembra	Avión	-	9.5	77425
Lenteja	Yunz-6M	Ruedas de lentejas	30	282690
Cosecha	M. Cosechadora	-----	480	4436640
Total			1172.3	11048866

Según Martínez *et al.* (2015) 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.

Tabla 9. Energía suministrada por los fertilizantes

Elemento	kg ha ⁻¹	Aporte total (Kcal)
P ₂ O ₅	120	237000
Urea	75	922500
Urea	118	1451400
K ₂ O	68.3	1161100
Urea	83.8	1030740
Urea	92.7	1195560
Total	-	5998300

Tabla 10. Energía suministrada por la semilla

Indicadores	Kg	Aporte (Kcal.)
Semilla	2970.22	10723866

Tabla 11. Energía suministrada por los productos fitosanitarios

Tipo de Pesticida	Producto	Kg o L. consumidos	Aporte energético (Kcal)
Herbicidas	Glifosato	71.95	4101150
	Sal de amina	23.8	1785000
Insecticidas y Acaricidas	Titán	3.54	155760
	Engeo	2.52	110880
Funguicidas	Taspa	6.84	300960
	Silvacor	9.35	411400
Total			6865150

El uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas puede ocasionar el incremento de

residuos químicos potencialmente tóxicos al humano, y la proliferación de insecto y fungorresistencia, considerándose como la principal estrategia para reducir las enfermedades y plagas en plantas, provocando un impacto más negativo en el medio ambiente.

Tabla 12. Total de entradas al sistema

Indicadores	Aporte
Trabajo humano	74000
Maquinaria	10549744
Fertilizantes	5998300
Semilla	10723866
Productos fitosanitarios	6865150
Total	34211060

El mayor consumo energético en el sistema está relacionado con la utilización de la maquinaria representando un 31%, seguido por la semilla, la aplicación de productos fitosanitarios y los fertilizantes (Figura 2).

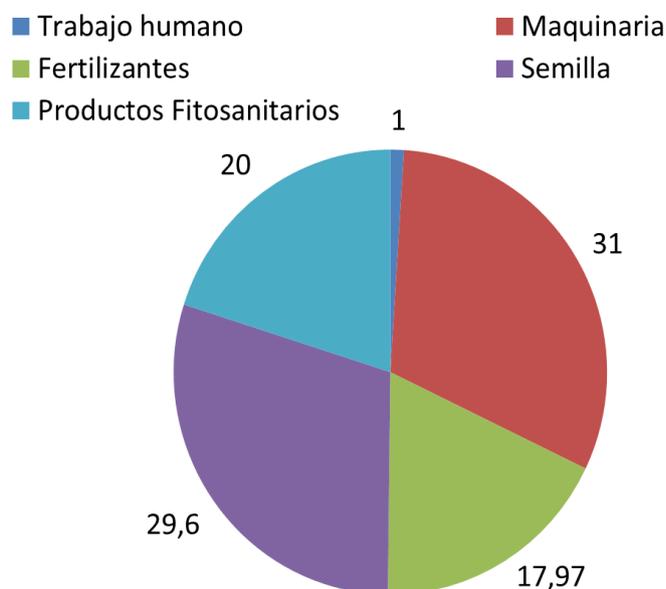


Figura 2. Consumo energético del arroz (porcentaje)

Avellán (2014) destacó que en un análisis de la eficiencia energética de la habichuela, los tratamientos con EcoMic y *Rhizobium* fueron más eficientes

energéticamente, respecto al Control absoluto y al Control estándar (químico). La menor eficiencia del tratamiento con humus estuvo dada por la mayor utilización de energía humana en la aplicación del humus. El control estándar mostró la menor eficiencia energética de todos los tratamientos, causado esto por el alto aporte energético de los fertilizantes químicos utilizados.

Resultados similares obtuvo Martínez (2013), en Cuba, quien determinó que el mayor consumo energético en el sistema convencional de producción de frijol común, estuvo relacionado con la utilización de la maquinaria (64%), seguido por los insumos: fertilizantes y pesticidas.

La maquinaria en el agroecosistema está relacionada con el efecto negativo sobre el suelo, por la compactación que tiene sobre el mismo, además deteriora al medio ambiente mediante la emisión de gases a la atmósfera posibilitando su contaminación. En lo económico constituye un gasto excesivo de dinero que la granja se puede ahorrar y mantener para el empleo de otros insumos como lo constituye el combustible fósil. Debemos destacar que para lograr lo planteado se debe trabajar con mayor eficiencia, para un uso más racional del equipo en la preparación de suelo y cultivo.

Salidas energéticas del sistema.

Producción = 138.6 t

Aporte energético (kg) = 3 610 Kcal/kg

Aporte total = 500346000 Kcal

Eficiencia energética = Kcal producidas/Kcal consumidas

Eficiencia energética = 500346000/34211060

Eficiencia energética = 14.6

Esto significa que por cada Kcal que consume el cultivo se aportan 14.6 (1:14.6) lo que indica la alta eficiencia energética del cultivo en las condiciones de la UBPC.

Pimentel y Pimentel (2005) destacaron, que al considerar el aporte y la producción de energía en un sistema de producción, se vuelve claro que la eficiencia energética puede ser mejorada de gran manera, cuando se comprende cómo fluye la energía a través del sistema. Además de conservar energía fósil, las prácticas agrícolas sostenibles deben dar prioridad al uso de

la energía de fuentes renovables y a la conservación del suelo, agua, y los recursos biológicos. Comprender los flujos y balances de energía, es un elemento básico para lograr la sostenibilidad energética, tanto por razones económicas, como ecológicas y sociales. El conocimiento y la cuantificación de la eficiencia energética de los sistemas de producción de alimentos deberían constituirse en una herramienta fundamental para el diseño de mejores estrategias de manejo agrícola y toma de decisiones políticas (Funes y Monzote, 2009)

Es clave en estos agroecosistemas saber utilizar con eficiencia la energía cultural conllevando esto a la obtención de una mayor eficiencia en la transformación de la energía ecológica en biomasa. En nuestro país debido a la escasez de recursos energéticos fósiles y financieros, la eficiencia energética constituye un elemento imprescindible para la seguridad alimentaria, debido a que disminuye la dependencia de estas producciones a los insumos con altos precios en el mercado internacional, y por lo tanto las hace mucho más sostenibles (Funes-Monzote *et al.*, 2009).

La relación entre el valor energético de la biomasa contenida en caña de azúcar y la energía necesaria para su cultivo y cosecha calculada para una agricultura cañera con altos niveles de fertilización, de riego y cosecha mecanizada se obtiene una relación de 20:1(López y de Armas, 1981).

2.3. Dimensión Económica

En la dimensión económica existe sostenibilidad con un adecuado manejo del cultivo, obteniendo un promedio de 10, lo cual indica que las ganancias son superiores a los gastos en el cultivo, los productos tienen un mercado garantizado con una alta demanda, todos los ingresos provienen de la producción del cultivo del arroz generando los ingresos necesarios para la continuidad productiva. En la utilidad y la relación beneficio – costo del agroecosistema se encontró que el cultivo es rentable con un rendimiento de 7.6 t ha⁻¹, lo que equivale a 138.6 toneladas para 18.24ha.

Tabla 13. Dimensión económica

Indicadores	Valores
-------------	---------

Ganancia económica	10
Relación con el Mercado	10
Origen de los ingresos	10
Mano de obra	10
Promedio	10

Tabla 14. Gastos en salario por trabajo humano

Actividad	Tiempo (horas)	Costo
Entronque de dique	8	744.36
Levante de dique	16	769.28
1- Fangueo	24	5804.88
2- Fangueo	24	5654.4
3- Fangueo	24	5804.88
Tablón alizador	8	543.66
Siembra	8	294.94
Llenaje- fangueo	104	
1-Pase de agua	48	3000
2- Pase de agua	48	
Lenteja	8	263.93
Fertilización	8	305
Cosecha	48	3000
Total	-----	26184.4

Tabla 15. Gastos en la maquinaria

Labores	Equipo	Implemento	Consumo diesel (Litros)	Costo
Entronque de dique	TS-6020		58.36	116.72

Levante de dique	TS-6020	Pala de entronque	55.02	110.04
1-Pase Fangueo	Zetor 12145		209.76	419.52
2-Pase Fangueo	Zetor 12145	Ruedas fangueadoras	218.88	437.76
3- Pase Fangueo	Zetor 12145		196.99	393.98
Tablón	TS-6020	Tablónalizador	153	306
Siembra	Avión	-	9.5	19
Lenteja	Yunz-6M	Ruedas de lentejas	30	60
Cosecha	M. Cosechadora	-----	480	960
Total			692.3	2823.02

Tabla 16. Gastos en fertilizantes

Elemento	Kg ha ⁻¹	Costos (CUP)
Fósforo	120	1428.19
Urea	75	735.98
Urea	118	1098.04
Potasio	68.3	943.19
Urea	83.8	1039.68
Urea	92.7	953.95
Total	-	6190.03

Tabla 17. Gastos en semilla

Indicadores	Kg	Costos (CUP)
-------------	----	--------------

Semilla	2936.64	20100.48
---------	---------	----------

Las semillas de calidad es el punto de partida para obtener el éxito esperado de una buena cosecha, debe ser pura, sana, limpia, homogénea, representativa de la variedad que queremos sembrar, con germinación no inferior a 85 %. Una semilla recién cosechada puede tener latencia, y por tanto, tener bajo por ciento de germinación, por ello no se recomienda usar este tipo de semilla (Socorro, 2008).

Tabla 18. Gasto en la actividad de riego

Actividad	m ³ ha ⁻¹	Costo \$/cab	Costo total (CUP)
Riego	16542	4300	5844.41

En la UBPC “El Cedro” se utilizó el riego por circulación libre, necesitando 16542 m³ ha⁻¹, lo que equivale a \$5844.41 para 18.24 ha.

Tabla 19. Gastos por los productos fitosanitarios

Tipo de Producto	Litros consumidos	Costo
Pesticida		
Herbicidas		
	Glifosato	71.36
		337.44
	Sal de amina	23.8
		220.70
Insecticidas y Acaricidas		
	Titán	3.54
		32.28
	Engeo	2.52
		29.91
Funguicidas		
	Taspa	6.84
		228
	Silvacor	9.35
		228
Total		1076.33

En la unidad de producción se hace necesario el pago de servicios que garantizan el éxito en la producción, como se muestran en la tabla 20. Para ello se efectúa el pago a otras unidades que garantizan el servicio, entre ellos podemos citar el servicio de agua y el servicio de aviación.

Tabla 20. Gastos por servicios

Servicios	Costo (CUP)
Servicio de agua	372.00
Servicio de aviación	530.00
Pista/aspersión	543.66
Pista/fertilización	733.94
Total	2179.6

Tabla 21. Total de gastos en el cultivo.

Indicadores	Costo (CUP)
Trabajo humano	26184.40
Maquinaria	2823.02
Fertilizantes	6190.03
Semilla	20100.48
Riego	5844.41
Productos fitosanitarios	1076.33
Servicios	2179.60
Total	64398.27

$$B = I - C$$

$$B = 391711.32 - 64398.27$$

$$B = 327313.05 \text{ CUP}$$

Los ingresos aportados por el cultivo a la UBPC generaron exitosos beneficios económicos. Los resultados del indicador ingresos coinciden con lo planteado por Leal (2007), quien expresa 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 está encaminado a ser sustentable.

4.3. Dimensión Social

En la dimensión social se logra la máxima puntuación ya que la calidad de vida de los trabajadores es buena, permitiendo cubrir sus necesidades relacionándose con los beneficios que se obtienen de los ingresos provenientes de la producción (Tabla 22). En cuanto a la capacitación técnica se debe realizar énfasis en el tema de conservación del suelo, los trabajadores poseen conocimientos básicos agrícolas y posee valores y conductas aceptables de educación ambiental, además se realizan actividades de capacitación técnica y ambiental, lo que contribuye a incrementar los rendimientos y la protección del agroecosistema en cada labor que se realiza.

Tabla 22. Dimensión Social

Indicadores	Valor
Calidad de vida	10
Capacitación técnica	8
Promedio	9

Según Milían y Díaz (2008), 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.

De forma general el cultivo promedió un valor de 9.1 (Tabla 14).

Tabla 23. Resumen de las tres dimensiones

Dimensión	Valor
Ambiental	8.3
Económica	10
Social	9
Promedio	9.1

De forma general después de evaluar las tres dimensiones podemos decir que la UBPC “El Cedro” es sostenible, ya que para que una actividad sea sostenible ha de ser ambientalmente sostenible, socialmente sostenible y económicamente sostenible, no vale con que sea muy sostenible en ciertos aspectos y falle en otros. Dicha UBPC obtuvo resultados favorables, los ingresos satisfacen las necesidades del proceso productivo y la de los trabajadores.

Tener conocimiento de la sostenibilidad energética de un agroecosistema tiene gran importancia porque se conoce como fluye y se transforma la energía en un sistema de producción y su interacción. De esta forma se hace un uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, constituyendo una estrategia para el manejo agrícola y la toma de decisiones.

5. Conclusiones.

1. El cultivo del arroz en la UBPC “El Cedro” es ambientalmente sostenible teniendo una incidencia negativa la dependencia de insumos externos.
2. El cultivo del arroz fue eficiente energéticamente en la UBPC con un valor de 14.62
3. La evaluación de la sostenibilidad económica del arroz promedió el valor más alto, indicando ganancias, mercado seguro, ingresos altos y pago de la mano de obra adecuado.
4. El cultivo del arroz en la UBPC “El Cedro” es socialmente sostenible; los trabajadores poseen conocimientos básicos agrícolas y valores y conductas aceptables de educación ambiental.

6. Recomendaciones

1. Aplicar técnicas agroecológicas para la reducción de la dependencia de insumos externos.
2. Determinar la sostenibilidad del cultivo del arroz en otra época de siembra.

7. Bibliografía

- Alemán, R., y Brito, J. 2003. Balance energético en dos sistemas de producción de maíz en las condiciones de Cuba. Centro Agrícola, No. 3, año 30, págs. 84-87.
- Acevedo, M. A.; Castrillo, W. A.; Belmonte, U. C. 2006. Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Trop.* 56(2): 151-170.
- Alemán, R.; Gil, V.; Quintero, E.; Saucedo, O.; Álvarez, U.; García, J.C.; Chacón, A.; Barreda, A.; Guzmán, L. 2008. Producción de granos en condiciones de sostenibilidad. CIAP. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. 50 p. Biblioteca ACTAF, La Habana.
- Avellán J. 2014. Efecto de la fertilización orgánica y biológica en la habichuela china [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis*]. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Agricultura Sostenible. Mención Fitotecnia. UCLV.
- Bie, S.; Baldascini, A.; Tschirley, B. 2001. El contexto de los indicadores en la FAO. En „Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural“ , Boletín de Tierras y Aguas de la FAO nº 5.
- Caicedo, Y. J. 2008. Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (*Oryza sativa* L./ *Oryza latifolia* L.) comparadas con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento # 8 de Zacarías, municipio de Buenaventura. Trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar al título de Agrónomo del Trópico Húmedo. Universidad del Pacífico.
- Camacho A. & Ariosa L. 2010. Diccionario de términos ambientales. Centro Félix Varela. Publicaciones Acuario. La Habana. Cuba.
- Cárdenas, I., Guzón, A., Hernández, R., 2009. Programa desarrollo agrario municipal.
- Carreres, P.; León, F. 1999. Aportes del cultivo del arroz a la alimentación humana. 12 p.
- CIAT. 2015. Guía de estudio, Morfología de la planta de arroz. Cali, Colombia. Abril. 16 p.

- CIAT. 2010. Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina [CD-ROM] Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 487 p. ISBN 978-958-694-103-7.
- CIAT. 2015. Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. 513 p.
- Comisión Europea. 2000. Hacia un perfil de la sostenibilidad local. Indicadores comunes europeos. Informe técnico de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.
- Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrados. ACTAF, La Habana.
- FAO. 2004. El cultivo del arroz. En sitio web: <http://www.ric.fao.org>. [Consultado el 20 de octubre 2015].
- FAO. 2006. Seguimiento del mercado del arroz. Roma, IT, FAO. En sitio web: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ag068s/ag068s00.pdf>. [Consultado el 12 de noviembre 2015].
- FAO. 2012. Seguimiento del Mercado del arroz. En sitio web: <http://www.fao.org/docre> [Consultado el 8 de febrero de 2016].
- FAOSTAT. 2015. Base de datos de producción. En sitio web: www.faostat.org [Consultado el 22 de febrero 2016].
- Franquet, J. M.; Borrás, C. 2010. Economía del Arroz: Variedades y mejora. Universidad de Málaga. Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales. ISBN-10:84-689-7762-4. En sitio web: www.eumed.net/libros [Consultado el 30 de marzo de 2016].
- Franquet, J. M; Borrás, C. 2006. Economía del arroz: variedades y mejora. En sitio web: www.eumed.net/libros [Consultado el 12 de enero 2016].
- Funes, F. 2009. Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. La Habana. Cuba. 176 págs.
- Funes-Monzote, F.R., 2009. Eficiencia Energética en Sistemas Agropecuarios. Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrados. ACTAF, La Habana. p. 23.
- Galván, Y. (2006). MESMIS Interactivo. Grupo Gira.
- Gliessman, S. 2007. Agroecología: Promoviendo una transición hacia la sustentabilidad, pp. 1-11.

- Guzmán, L. 2006. Aspectos relacionados con el manejo de áreas arroceras. *Cultivos Tropicales*, vol. 27, no. 2, p. 68. Habana. p. 23.
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D.; Rivero, R.; Camacho, E.; Ruiz, J. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR. Pp 37-38.
- Hernández, E. 2011. Se incrementa en Amancio producción de arroz popular. En sitio web: <http://www.radiomaboas.cu/index.php/noticias-amancio/cultura/7-noticias/amancio/497-se-incrementa-en-amancio-produccion-arroz-popular>. [Consultado el 5 de noviembre de 2015].
- Hernández M. 2016. Sostenibilidad del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad BAT-304 en la finca "San Ramón". Trabajo de curso. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
- IIA. 2001. El cultivo del arroz. En sitio web: www.iaa.org [Consultado el 15 de octubre 2015].
- IIA. 2002. Manual Arrocerero Segunda Edición. La Habana, Pp 6-79.
- InfoAgro. 2012. El cultivo del arroz. En sitio web: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm> [Consultado el 15 de enero de 2015].
- INIA. 2004. Producción de arroz, implicaciones en el mercado internacional. Suplemento informativo. 5 p.
- Jiménez, Odáliz; Silva, R.; Cruz, J. 2009. Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio Santa Rosalía Estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Unell. Cienc. Tec.*, vol. 27, p. 32-41.
- Latham M. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Colección FAO. Alimentación y nutrición. No. 29. Roma. 2002. 531 p.
- Leal, J. 2007. Desarrollo sostenible en la empresa agrícola. Definiciones e indicadores. 14 pp.
- MAG-FOR. 2002. Ministerio de agricultura y ganadería. Fuente dirección estadística. La prensa. Suplemento negocios.
- Martín, D.; Socorro, M. 1989. Granos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. pp. 190-318.
- Martínez, C. P.; Cuevas, F. 1986. Perspectivas del arroz en América Latina e México. In: Programa Cooperativo Centro Americano para la mejora de cultivos alimentares PCCMCA. Reunión Anual (32,1986, San Salvador, El Salvador).

- Memorias: Mesa de arroz Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro de tecnología agrícola, San Salvador, Sv. P. A9 1-15.
- Martínez V. 2013. Sostenibilidad del frijol INIVIT Puntiblanco en época intermedia. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. UCLV.
- Martínez, E; Espinosa, J; González, T; Paz, O; González, C; Rovira, S. (2015). Tecnología Agroecológica para el cultivo del frijol. Fertilización. P. 7,14, 21.
- Méndez, P. 2011. Arroz: ¿estabilidad o nueva alza de los precios mundiales? Informativo mensual del mercado mundial del arroz, (84) Febrero 2011. Infoarroz, Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD). En sitio web: <http://www.infoarroz.org.pdf> [Consultado el 15 de septiembre de 2015].
- Milián, A. 2008. Conocimiento, aprendizaje y sostenibilidad. La sostenibilidad institucional. p. 30.
- Monti M., López A., Fernández C. 2013. Eficiencia energética y sostenibilidad ambiental en el agro santafesino; un estudio de casos a nivel de establecimientos. VI Jornada de la Asociación Uruguaya de Economía Ecológica. Salta. [Consultado el 26 de noviembre de 2015].
- Ospina, J.; Aldana, H. 2001. Enciclopedia agropecuaria. Producción Agrícola. Tomo 1. Terranova.
- Pérez, N. 2006. Manejo ecológico de plagas. Uso intensivo de plaguicidas. Editorial Félix Valera. p 52 – 53.
- Pimentel D. y M. Pimentel .2005. La energía en la agricultura. Una visión integral. Leisa. Revista de Agroecología. 21(1):5 a 7. Perú.
- Riechmann, J. 2003. Cuidar la Tierra. Políticas agrarias y alimentarias para entrar en el siglo XXI. Ed Icaria. Madrid, pp. 1-3.
- Sánchez, S. y Socorro, M. 2008. Tecnología del cultivo del arroz en pequeña escala. Biblioteca Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Primera edición.
- Sanzo, R.; Pérez, R.; Meneses, P.; Saborit, R.; García, J.; Rodríguez, R.; Meneses, R.; Jiménez, R. 2008. "ABC" Técnico del Arroz Popular. Instituto de Investigaciones del Arroz. Estación Territorial de Investigaciones del Arroz "Sur del Jíbaro", Sancti Spiritus. Segunda edición revisada y ampliada.
- Socorro, M. y Martín, D. 1989. Granos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. pp. 190-318.

- Suárez, E. 2009. Manual para el uso de variedades y producción de semillas en el arroz popular. Instituto de Investigaciones del Arroz.
- Suárez, E.; Puldón, Violeta; Hernández, Ana; Cruz, F.; Tanaka, T. 2012. Características y manejo de variedades comerciales de arroz. 47 p.
- Tejera, L. 2004. Rebasan producciones en popularización del arroz .AIN Camagüey. Corresponsalía Camagüey. Cuba.
- Toledo, V. 2007. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable. Porto Alegre. 12- 14 p.
- Villar, L. 2012. Incrementos de las zonas arroceras en América Latina y el Caribe. p. 8-10.
- WCED (World Comisión on Environment and Development). 1987. Our Common Future. Oxford University Press, p. 43.
- Yamazaki, C. 2001. Morphoagronomic evaluation of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). International Rice Commission. Newsletter. No. 32.