



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

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Departamento de Ingeniería Agrícola**

**BALANCE ENERGÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PRODUCIDA MEDIANTE  
TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL**

Ruslan Ferreira Camacho

Santa Clara

2015



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

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Departamento de Ingeniería Agrícola**

**BALANCE ENERGÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PRODUCIDA MEDIANTE  
TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL**

Aspirante: Ruslan Ferreira Camacho.  
Tutor: Dr.C. Omar González Cueto

Santa Clara

2015

## **RESUMEN**

El trabajo consistió en la comparación del gasto energético de la tecnología de producción de caña orgánica desarrollada en la UEB Carlos Baliño, con la tecnología tradicional usada en la UEB George Washington para la producción de caña de azúcar. Para el desarrollo de este estudio se tomaron cuatro parcelas, dos ubicadas en la UEB George Washington y dos en la UEB Carlos Baliño contando en cada una de ellas con una parcela con riego y una de secano, se elaboró la base metodológica de la investigación a partir del cálculo del balance energético y se realizaron encuestas al personal relacionado directamente con la producción. Con este trabajo se ha demostrado que en la producción de caña de azúcar orgánica se elevan los gastos energéticos con respecto a la producción convencional de caña de azúcar, sin haber una respuesta proporcional en el rendimientos del cultivo, afectando indicadores como el egreso de energía, balance energético y eficiencia energética, además se identifican las labores con mayor incidencia en estos resultados.

## TABLA DE CONTENIDOS

Acápite	Contenido	Pág.
	<b>INTRODUCCION</b>	5
	<b>CAPITULO I SITUACION ACTUAL DEL TEMA.</b>	11
1.1	Tecnologías para la producción de caña en Cuba.	12
1.1.1	Producción de caña de azúcar convencional.	12
1.1.2	Producción de caña de azúcar orgánica.	13
1.2	Estado actual de las investigaciones sobre el balance energético en la agricultura	16
1.4	Conclusiones parciales.	28
	<b>CAPITULO II PROGRAMA Y METODOLOGÍA DE LAS INVESTIGACIONES.</b>	29
2.1	Descripción de las tecnologías de producción de caña azúcar.	29
2.2	Programa general de la investigación.	29
2.3	Metodología de las investigaciones experimentales.	31
2.4	Metodología para determinar los gastos energéticos de ambas tecnologías de producción de caña de azúcar.	31
2.5	Metodología para determinar el balance energético.	34
2.6	Descripción de las labores realizadas en cada tratamiento.	35
	<b>CAPITULO III ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS</b>	36
3.1	Principales equipos utilizados en la agricultura cañera cubana	36
3.2	Determinación de los gastos energéticos de ambas tecnologías de producción de caña de azúcar.	37
3.3	Determinación balance energético.	47
3.4	Determinación de la eficiencia energética.	48
3.5	Índice de productividad cultural	49
3.6	Conclusiones parciales.	52
	<b>CONCLUSIONES</b>	54
	<b>RECOMENDACIONES</b>	55
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	56
	<b>ANEXOS</b>	60

# **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

Como resultado de la crisis atravesada por el país en la década de 1990-2000, afectando también al antiguo Ministerio del Azúcar, así como la baja en el precio del azúcar convencional en el mercado internacional, se orientó la diversificación de la producción azucarera. Aprovechando un precio preferencial del azúcar orgánico en el mercado internacional, principalmente en el mercado europeo se comienza la producción de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) orgánica, en el año 2002, en la Empresa Azucarera Carlos Baliño, hoy UEB Atención a Productores Agropecuarios Carlos Baliño de la Empresa Azucarera Villa Clara, perteneciente al Grupo AZCUBA. Para ello fue necesario pasar por un tiempo de transición de tres años produciendo azúcar convencional, pero sin aplicar productos químicos (IOIA, 2000), siempre bajo la supervisión y certificación de los clientes extranjeros las cuales se realizan 2 veces al año.

Durante varios años la UEB Carlos Baliño viene ejecutando un proyecto de producción de caña orgánica que ha permitido además de la producción de caña de azúcar, azúcar y mieles orgánicas, la apertura en un futuro inmediato de otros nuevos renglones orgánicos tales como la ganadería y la producción de frutas y cultivos varios. La producción de caña de azúcar orgánica en grandes extensiones constituye un gran reto para los investigadores, especialistas y técnicos de la región, quienes se han visto en la necesidad de desarrollar tecnologías para el manejo

sostenible de las plantaciones cañeras, que cumplan con las normativas internacionales para este tipo de producción. La tecnología de producción de azúcar orgánico difiere de la producción convencional de azúcar en la tecnología con que se produjo la materia prima, y la no utilización de productos químicos dentro de la industria para la cristalización del grano, limpiezas, etc., así como estándares de calidad superiores para el azúcar orgánico.

La evaluación energética es un proceso de análisis que consiste en la identificación y medición de las cantidades de energía secuestrada, asociada a los productos y equipos que intervienen en la producción de un determinado bien. El análisis incluye las energías asociadas a los procesos que son requeridas para conseguir un producto final. Cada uno de ellos presenta una serie de exigencias, siendo la energía total la suma de los parciales de cada proceso (de las Cuevas, 2004 ).

Los altos gastos energéticos de la caña de azúcar se derivan de los fertilizantes químicos que históricamente han sido grandes consumidores de energía en su fabricación (Soriano, 1982; Pimentel *et al.*, 1983; Mudahar y Hignett, 1985; Paneque *et al.*, 2002) . Necesariamente por consiguiente, la creciente producción de caña de azúcar mediante la tecnología convencional es directamente proporcional al aumento del consumo de combustible fósil (Bony, 1993).

La mecanización de la agricultura ha dado lugar al aumento de las superficies cultivables, contribuyendo al incremento de los rendimientos. La mayoría de los agricultores destinan más recursos a la adquisición de insumos de energía (por ejemplo, combustibles) para la producción agrícola, que en la compra de fertilizantes, semillas o productos agroquímicos (Dros, 2004).

Según el (ONEI, 2011; 2013), en los últimos 4 años han sido introducidos en el país 2 543 tractores de diferentes marcas y potencias, los cuales pertenecen fundamentalmente al Ministerio de la Agricultura y al grupo AZCUBA, lo que sumado a los tractores que existían anteriormente representa un parque considerable.

Los tractores y máquinas agrícolas tienen un alto costo de adquisición y operación en términos monetarios y energéticos. Varias investigaciones han concluido que el costo energético por concepto de combustible y máquinas representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura (Paneque, 1986; FAO, 1990; Fluck, 1992; de las Cuevas, 2004 ). Todo esto es necesario dominarlo en cualquier sistema de producción debido a que la utilización de máquinas y equipos agrícolas, cuando se realiza de manera adecuada presenta ventajas como: mayor rendimiento operacional, facilita el trabajo del hombre, posibilita la expansión del cultivo y atender el cronograma de actividades en tiempo (Ibáñez y Rojas, 1994).

Si se analiza la relación entre el valor energético de la biomasa contenida en la caña de azúcar y la energía necesaria para su cultivo y cosecha, calculada para una agricultura cañera con altos niveles de fertilización, uso de riego y cosecha mecanizada se obtiene una relación de 20 a 1 (López y De Armas, 1980). Esto significa que la energía invertida en la producción de caña representa, cuando más, el 5% del potencial que es capaz de generar, aunque, las fracciones punta (cogollos) más hojas al momento de la cosecha, constituyen un residuo agrícola que se quema o se desaprovecha casi universalmente aumentando esta relación (Suárez y Morín, 2005), quedando un gran por ciento de paja y puntas en el campo, que aunque energéticamente se desaprovechan sirven como cobertura en la producción de caña de azúcar.

El análisis del balance energético de un cultivo, debe tener en cuenta el gasto energético de los insumos utilizados (fertilizantes, herbicidas, etc.) ya que los inorgánicos o de síntesis química son elaborados a partir de altas inversiones de energía fósil, a diferencia de los compuestos orgánicos que usan procesos microbiológicos para su elaboración o se sustentan en ciclos biológicos (Stout, 1984; IFOS, 1991; Mejías, 1991; Restrepo, 2000). Habitualmente, los balances energéticos de la agricultura han sido utilizados como una de los indicadores más relevantes del impacto que la actividad agraria tiene sobre el medio ambiente. El consumo masivo de energías inorgánicas revela no sólo el agotamiento de los recursos no renovables sino que también informa de problemas como el cambio climático o la acidificación (Dutilh y Krame, 2000).

Ya desde la crisis energética de 1973, ha aumentado el interés en el ámbito internacional y la preocupación por el uso más racional de la energía (Jiménez, 1992; Infante y González, 2000), por consiguiente el estudio del balance energético en la agricultura es un tema relativamente joven que aún debe profundizarse más. Para el estudio de estos problemas y con la ayuda de las ciencias de la informática se han diseñado varios software que son muy precisos y cómodos para trabajar.

Una de las dificultades que más influye en el control del consumo energético es la ausencia de normas y normativas de consumo técnicamente fundamentadas y debidamente actualizadas acordes a las condiciones actuales de explotación, lo que incide en la mejor utilización de la maquinaria (Álvares, 2006).

El estudio del balance energético es una herramienta de gran valor para mediar entre las dos tendencias que existen en estos momentos entre los productores pertenecientes a la UEB Carlos Baliño, las cuales toman dos direcciones opuestas.

1- Unos abogan por el cambio de producción de caña de azúcar orgánica a caña de azúcar convencional, debido a que los precios de la caña de azúcar orgánica, hasta la zafra 2013-2014, tenían una diferencia de solo 19,50 CUP por cada tonelada con respecto a la caña de azúcar producida convencionalmente. Sin embargo, se necesita menos fuerza de trabajo para las atenciones culturales de la caña de azúcar producida convencionalmente. A pesar de existir diferencias significativas en la preparación de suelo y el cultivo, los índices de consumo de combustible y otros recursos reglamentados por la dirección del Grupo AZCUBA son iguales para ambas tecnologías. Además existen grandes áreas infestadas de marabú que cuando se alistan buscando un crecimiento de la producción de caña de azúcar orgánica son muy difíciles de atender y en el momento de la cosecha los niveles de materias extrañas son mayores.

2- La otra parte insiste en mantener la agricultura orgánica, basados fundamentalmente en la seguridad de mercado para sus producciones, el efecto beneficioso para el medio ambiente, la ejecución de proyectos de comercio justo y tener el mérito de ser los únicos productores a gran escala de caña de azúcar orgánica, en Cuba.

A partir de estos elementos se realiza la siguiente investigación que presenta como:

### **Problema científico**

¿Cómo se comporta el balance energético en las tecnologías de producción de caña de azúcar orgánica y convencional?

### **Hipótesis**

El conocimiento del balance energético de los sistemas de producción de caña de azúcar orgánico y convencional dará elementos necesarios para proponer la selección y extensión de uno u otro sistema de producción de caña de azúcar.

### **Objetivo general**

Determinar el balance energético de las tecnologías de producción de caña de azúcar orgánica y convencional de las UEB Carlos Baliño y George Washington.

### **Objetivos específicos**

- 1 Caracterizar las tecnologías de producción de caña de azúcar orgánica y convencional establecida en las UEB Carlos Baliño y George Washington.
- 2 Determinar los gastos energéticos de las tecnologías de producción de caña de azúcar orgánica y convencional establecidas en las UEB Carlos Baliño y George Washington
- 3 Determinar el balance energético de las tecnologías de producción de caña de azúcar orgánica y convencional establecida en las UEB Carlos Baliño y George Washington respectivamente.

# **CAPÍTULO I**

## **SITUACION ACTUAL DEL TEMA**

## **CAPITULO I: SITUACION ACTUAL DEL TEMA**

La sostenibilidad de la agricultura es una necesidad del mundo contemporáneo y se ha convertido en una de las premisas para el bienestar de amplios sectores de la población de los países en desarrollo. También se reconoce que sus dimensiones ecológica, económica y social, se encuentran en conflicto debido a que una compete con la otra y es muy difícil verlas por separado. Por ejemplo, en ocasiones los productores se ven forzados a desarrollar una agricultura orgánica debido a la falta de recursos y no necesariamente por tener una conciencia de los beneficios que representa está a nivel social, ni obtener mejores resultados económicos de esta. En otras oportunidades el productor con mayores condiciones económicas, se decide por la agricultura ecológica para imponer precios superiores a los demás productores en el mercado (Sepúlveda, 1997; Reiche, 1998; Barreto, 2005).

En Cuba se identifican dos tecnologías de producción de caña de azúcar a escala comercial, ellas son la tecnología de producción de caña de azúcar convencional y la tecnología de producción de caña de azúcar orgánica. La tecnología de producción de caña de azúcar convencional es la más generalizada y presenta diferencias con respecto a las zonas donde se aplica, tipos de suelos, grado de mecanización, tipo de cosecha, etc. La tecnología de producción de caña de azúcar orgánica, solo se aplica en la UEB Carlos Baliño en la Provincia de Villa Clara.

## **1.1 Tecnologías para la producción de caña de azúcar en Cuba**

### **1.1.1 Producción de caña de azúcar convencional**

La tecnología actual de producción de caña de azúcar convencional en Cuba tiene su origen en la denominada revolución verde, ocurrida entre 1940 y 1970, cuando el uso intensivo de la energía aumentó asombrosamente la producción de alimentos, lograda con el establecimiento del monocultivo y la aplicación de grandes cantidades de agua, fertilizantes y plaguicidas de origen sintético (Webber, 2012). En Cuba esta es la principal tecnología de producción de caña de azúcar, siendo este el cultivo más extendido en el país, con un total de 361300 ha para el año 2012 (ONEI, 2013) y con perspectivas de seguir incrementando áreas de cultivo.

Dada las posibilidades señaladas anteriormente, esta agroindustria, encierra una importancia estratégica para la economía cubana debido a que aún es una de las fuentes de ingresos de divisas más importantes para el país (Nova, 2006), tanto por la producción de azúcar como de sus derivados.

Para el cultivo de la caña de azúcar se realiza una preparación de suelos tradicional, la cual se basa en realizar un gran número de labores, con un intervalo de aproximadamente 15 días, generalmente cada labor se realiza en sentido perpendicular a la antecesora. Las principales labores que se realizan en la tecnología tradicional de preparación de suelos son, la rotura, primera grada, cruce, segunda grada, recuce, tercera grada y recuce, además en los casos que se requiera se incluyen el desbroce, el subsolado y el alisado o nivelación del terreno. Además de la tecnología tradicional se vienen introduciendo en la agricultura cañera varios métodos de preparación abreviados, ya sea mediante la utilización de

multiarados, la labranza cero o reduciendo labores de la tecnología tradicional (Gutiérrez *et al.*, 2002) las cuales aún no se han generalizado aunque se ha demostrado sus beneficios tanto en la producción, como en la conservación de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar.

A continuación de la preparación de suelos se surca, siembra, resiembra, se le realizan las atenciones culturales a la plantación hasta que el follaje lo permite y en un periodo que oscila entre 12 y 18 meses se cosecha, posterior a la cosecha se le vuelven a realizar las atenciones culturales a la soca y en cosechas posteriores a los retoños, teniendo el campo un promedio de vida de cinco cosechas. En el anexo 1 se muestran las labores realizadas en la UEB George Washington a un bloque de caña nueva de secano, siendo esencialmente las mismas operaciones realizadas que para los bloques de riego, aunque en estos últimos se deben dar alrededor de 23 riegos con normas de 350m<sup>3</sup>/ha, estas labores pueden diferir de las realizadas en el resto del país debido a las condiciones geográficas de cada lugar. Esta tecnología es similar a la descrita por (González, 1993).

### **1.1.2 Producción de caña de azúcar orgánica**

La agricultura ecológica, o su sinónimo orgánica, es un sistema para cultivar una explotación agrícola autónoma basada en la utilización óptima de los recursos naturales, sin emplear productos químicos de síntesis, u organismos genéticamente modificados, ni para abono ni para combatir las plagas, logrando de esta forma obtener alimentos orgánicos a la vez que se conserva la fertilidad de la tierra y se respeta el medio ambiente, todo ello de manera sostenible y equilibrada (Mas *et al.*, 2007), apoyándose en la agricultura conservacionista cuyo principio básico es la menor intervención en el suelo, manteniéndolo lo más protegido posible a lo largo del

año, mediante la rotación de cultivos, abandonando las prácticas de aradura, gradaje y deshierbe mecánico, abonando y plantando las semillas con el mínimo posible de interferencia en el suelo y en la paja de cobertura (de las Cuevas, 2004). Conceptos estos que se adapta completamente a la producción de caña de azúcar orgánica. Teniendo como principales objetivos la obtención de alimentos saludables, de mayor calidad nutritiva, sin la presencia de sustancias de síntesis química, obtenidos mediante procedimientos sustentables. Además, este tipo de agricultura es un sistema global de gestión de la producción, que incrementa y realza la salud de los agroecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo (IIMA-MINAG, 2006; Mas *et al.*, 2007). Esta forma de producción, además de contemplar el aspecto ecológico, incluye en su filosofía el mejoramiento de las condiciones de vida de sus practicantes, de tal forma que su objetivo se apega a lograr la sustentabilidad integral del sistema de producción agrícola, o sea, constituirse como un agrosistema social, ecológico y económicamente sustentable (Scialaba y Hattam, 2003).

Mas *et al.* (2007) proponen como la tecnología más apropiada para la preparación de tierra en la agricultura orgánica el laboreo total sin inversión del prisma utilizando multiarados, el cual consiste en:

Aradura horizontal: Se realiza cuando hay poca población de malezas a demoler. Los órganos se solapan en tierra a una distancia de 800 milímetros entre sí y saetas de 200. También cumple las funciones de descepe de caña.

Mullido: Para esta labor se utiliza la grada, preferentemente de dos mil kilogramos, y su objetivo fundamental es incrementar el fraccionamiento, por lo que se debe trabajar en una posición paralela a los surcos precedentes.

Cruce: Labor destinada a incrementar la profundidad de aradura, controlar malezas, uniformar la superficie del terreno y elevar el grado de mullido.

Alistamiento: Es una labor opcional, que consiste en un pase de grada, para mantener acondicionado el suelo cuando se va a sembrar de inmediato. Se efectúa a poca profundidad, y tiene como objetivo eliminar rebrotes de malezas y mantener el suelo mullido.

Surcado: Se ejecuta sobre el suelo desmenuzado, a la profundidad deseada. Durante esta labor se remata cualquier posible deficiencia de las actividades anteriores en el área de siembra, por su condición de subsolar y surcar a la vez, aunque en realidad esta tecnología no está ampliamente difundida.

Después de preparado el suelo se siembra, se resiembra y se realizan las atenciones culturales prescindiendo de los productos químicos y con un mayor uso de la mecanización y la limpia manual. Posteriormente se cosecha entre 12-18 meses, posterior a la cosecha se le vuelven a realizar las atenciones culturales a la soca y en cosechas posteriores a los retoños, teniendo el campo un promedio de vida de 3 cosechas. En el anexo 2 se muestran las actividades hechas a un bloque de caña de azúcar orgánica de secano en la UEB Carlo Baliño, estas actividades son las mismas que se le realizan a los bloques con riego con la diferencia que en estos últimos se realizan aproximadamente 22 riegos con una norma  $350 \text{ m}^3/\text{ha}$  en dependencia del comportamiento del régimen de lluvias.

El proceso productivo que se aplica en la caña de azúcar orgánica se diferencia en la actualidad del convencional por tener más pases en la preparación de suelos, en los cultivos de deshierbe y limpias manuales y por no utilizarse productos químicos ni

genéticamente modificados, aunque se proponen tecnologías más acorde con la agricultura conservacionista para este tipo de producción aún no se utilizan.

## **1.2 Estado actual de las investigaciones sobre el balance energético en la agricultura**

La agricultura cañera trae consigo un alto consumo de energías relacionadas fundamentalmente con los gastos de combustibles y lubricantes (Paneque, 2005), así como la energía invertida en el trabajo humano y para la fabricación de abonos y fertilizantes entre otros.

La energía barata, principalmente del petróleo, ha permitido crear redes de transportación barata que han mejorado significativamente la distribución de los alimentos. Pero esto implicó un aumento en el gasto de energía en la preparación y conservación de los alimentos.

Cuando los precios de los combustibles fósiles eran bajos y no importaban mucho las emisiones ni la contaminación, el consumo de energía no resultaba preocupante; ahora que los precios han subido y el impacto ambiental sí alarma, se ve la necesidad de mejorar la relación de 10:1. (Webber, 2012)

### **Energía y agricultura**

En los primeros tiempos el hombre utilizaba únicamente sus fuerzas para sobrevivir. Esto significa que utilizaba su propia energía física, en la caza, pesca, recolección de frutas silvestres, confección de sus rudimentarios vestidos y viviendas, etc. Con el crecimiento de la población y el mayor desarrollo de la inteligencia humana, el

hombre comienza a incrementar el rendimiento de su propia energía mediante el uso de utensilios y algunos instrumentos.

El progreso del hombre se ha sustentado sobre dos pilares:

1- El desarrollo de instrumentos para multiplicar el rendimiento del trabajo (herramientas y máquinas).

2- El descubrimiento de nuevas fuentes y formas de energía para sumarlas a la suya y poder mover con ellas complicadas máquinas.

Los combustibles fósiles y los fertilizantes han sido por más de 50 años los ingredientes claves en gran parte de producción y distribución de los alimentos a nivel mundial. La relación alimentos/energía ha sido satisfactoria hasta ahora, pero arriba una nueva era; la producción de alimento está aumentando con ímpetu y requiere más combustibles basados en carbono y fertilizantes basados en nitrógeno, elementos ambos que agravan el calentamiento global, la contaminación de los ríos y océanos y que traen consigo otros males. Al mismo tiempo muchos países luchan para reducir la demanda de energía, especialmente de combustibles fósiles.

Si bien el transporte, las centrales eléctricas y las construcciones reciben mucha atención como objetivos en la política para la reducción del consumo de energía, con frecuencia se soslaya el abastecimiento de alimentos.

En la producción agropecuaria el hombre ha tenido que atender cada vez mayores superficies de cultivo a fin de obtener los alimentos básicos a una población

creciente. Por ello ha tenido que desarrollar procesos y medios de producción donde se requirieran mayores cantidades de energía (Webber, 2012).

La caña de azúcar, es una materia prima con excelentes condiciones para captar, almacenar la energía solar y a partir de ella generar importantes cantidades de electricidad. Por otro lado permite producir azúcar con destino al consumo humano y otros alimentos con destino a la producción animal. Así como también se puede obtener alcohol (etanol), para sustituir parcial o totalmente la gasolina y el diesel empleado en el transporte y maquinaria agrícola y otros usos en la producción industrial y los servicios. Adicionalmente, la caña permite obtener decenas de derivados de alto valor agregado.

Se ha comprobado que las plantaciones de caña actúan como áreas absorbentes, las cuales mediante reacciones químicas absorben el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ , principal causante del efecto invernadero y el aumento de la temperatura en el planeta), del aire y lo expulsan en forma de oxígeno. Se calcula que en un año una hectárea de caña de azúcar puede absorber más de 60 toneladas de dióxido de carbono y producir unas 40 toneladas de oxígeno puro, dando lugar al llamado efecto bosque, que es capaz de crear el equilibrio necesario entre las emisiones de  $\text{CO}_2$  durante el proceso de producción cañera y que finalmente, según los especialistas no sólo compensa, sino que contribuye positivamente al balance, mejorando y conservando el medio ambiente. Son pocas las plantas que tengan las cualidades que tiene la caña de azúcar, tanto comerciales, como de mejoramiento del medio ambiente; casi se puede afirmar que hasta el presente casi no existe otra planta igual (Nova, 2006).

## **Fundamentos del balance energético**

Dentro de las funciones del balance energético está: evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía de cada país, determinando las principales relaciones económico-energéticas entre los diferentes sectores de la economía nacional, servir de instrumento para la planificación energética, conocer detalladamente la estructura del sector energético nacional, determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos que permitan impulsar cuando sea posible los procesos de sustitución, crear las bases apropiadas que conlleven al mejoramiento y sistematización de la información energética y ser utilizado para permitir la proyección energética y sus perspectivas a corto mediano y largo plazo (SIEN, 2004), siendo la agricultura un sistema energético de gran impacto para la economía del país, por lo que es de interés el estudio de los balances energéticos por cultivos y para cada tecnología a utilizar. .

James (2009) definió el balance energético como un modo de evaluación de las cantidades de energía asociadas a los factores implicados en los procesos de producción de un bien o servicio. Su campo de aplicación es muy amplio y permite buscar estrategias para el uso eficiente de la misma, está directamente vinculado a la actividad económica y al medioambiente.

Comenzó a desarrollarse a comienzos de los años 70 a consecuencia de la crisis energética provocada al elevarse sustancialmente los precios del petróleo y sus derivados. Los países dependientes del mismo comenzaron a tomarse en serio la necesidad de desarrollar sistemas de aprovechamiento energético de otras fuentes,

concretamente de las llamadas energías renovables, así como de reducir la dependencia del crudo que por otro lado es una energía contaminante y no renovable.

El desarrollo de sistemas agrícolas con bajos gastos energéticos comparados con las salidas de producción de alimentos ayudará a reducir las emisiones de carbono a la atmósfera y a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles (Dalgaard, 2000). La implementación de sistemas de producción orgánicos o de conservación posibilitaría la disminución del uso de energía (Pimentel y Pimentel, 1996). Debido a esto y al efecto beneficioso sobre el suelo se ha extendido la agricultura de conservación. Es necesario el estudio de los gastos energéticos de los distintos sistemas de producción agrícola para evaluar la sustentabilidad de estos, así como los factores agroecológicos y de sustentabilidad (Opschoor y Reijnders, 1991; Barnett *et al.*, 1994). La sustentabilidad implica el uso eficiente de las fuentes no renovables de energía y su progresiva sustitución por fuentes renovables de energía (Dalgaard *et al.*, 2001). La agricultura cubana consume el 2.1% del total de los combustibles fósiles utilizados en el país, siendo en el caso específico del combustible diésel el 11.5% (ONEI, 2013), a escala global la agricultura consume el 5% de la energía fósil utilizada (Pinstrup-Andersen, 1999). Hay varios modelos que han sido usados para comparar el uso de energía fósil en diferentes sistemas de producción agrícola. Dalgaard *et al.* (2001) refieren que un problema de los modelos disponibles es su extrema sensibilidad a la selección de la escala y los límites del análisis y la precisión de los datos de energía usados.

Una de los modelos que se utiliza en la actualidad para llevar a cabo el análisis energético es la sugerida en 1974 por la Federación Internacional de Institutos para Estudios Avanzados (IFIAS) donde no se establecen diferencias entre calidades de las distintas fuentes de energía.

El método IFIAS consta de los siguientes pasos:

1. Establecer los límites del proceso objeto de análisis.
2. Identificar los factores involucrados en el proceso.
3. Asignar la energía específica a cada factor.
4. Multiplicar la energía específica por las cantidades requeridas por cada factor.
5. Identificar y cuantificar el producto final. Establecer criterios para asignar el consumo asociado al producto principal y a los subproductos.
6. Relacionar la energía contenida en un producto con la requerida para su obtención o con la producción.

Uno de los inconvenientes de este método es la unificación de criterios para asignar una cantidad de energía a cada factor de producción. La falta de datos que existen al respecto obliga a llevar a cabo estimaciones basadas en los obtenidos en otros países cuyas circunstancias tecnológicas difieren de las nuestras.

Otro de los inconvenientes surge del hecho de no tener en cuenta las diferentes calidades de energía, si es o no renovable, contaminante o limpia, etc. La energía requerida para la obtención de un bien agrícola se relaciona con alguna de las características de dicho bien mediante diferentes magnitudes:

### 1. Relación energética.

La relación energética está definida como la energía que proporciona el bien conseguido con respecto a la energía requerida para su obtención. Es por lo tanto una magnitud adimensional y se utiliza principalmente cuando dicho bien se destina a la generación de energía. Un ejemplo de ello lo tenemos en la producción de biomasa o biocombustibles.

### 2. Ganancia Neta de Energía.

Es una variante de la anterior definida como la diferencia entre la energía proporcionada por un bien y la requerida para su obtención.

### 3. Productividad Energética.

Es la relación entre la cantidad producida de un bien medida en unidades de masa y la energía requerida para su obtención.

Todas estas magnitudes dependen de cada cultivo, clima, lugar, etc., así como de los diferentes procesos considerados. Sirven principalmente para comparar, desde el punto de vista energético, diferentes formas de producción de un bien.

Energía asociada a los factores de producción

Por la forma en la que interviene en un proceso productivo debemos considerar dos tipos de energía, la de utilización directa e indirecta.

#### 1. Energía de uso directo.

Es la que procede principalmente de los productos derivados del petróleo. La reacción de combustión de los mismos con el oxígeno del aire libera una cantidad de calor que puede ser utilizada directamente, caso de los secaderos, o transformada en energía mecánica en los motores de combustión interna. Hoy día el combustible más utilizado es el diésel, ya que su consumo representa más del 80% del empleado en las explotaciones agrícolas. Asimismo, se pueden aprovechar otros combustibles, tales como metanol, etanol, gases derivados del petróleo y los que proceden del aceite de las plantas oleaginosas, los cuales están siendo utilizados en los motores Diésel convenientemente modificados. Se considera también energía de uso directo la procedente de las centrales eléctricas que a su vez puede ser de origen térmico, hidráulico o nuclear.

## 2. Energía de uso indirecto.

La segunda incluye toda la energía requerida para la obtención de todos los factores que intervienen en un proceso productivo. Es, por tanto, la requerida para construir y mantener los equipos mecánicos, infraestructuras y productos fungibles necesarios para la obtención de un bien. Dentro del tema que nos ocupa consideramos las siguientes:

- a) Fabricación y mantenimiento de los equipos mecánicos  
Incluye la energía consumida en la producción de las materias primas y en la fabricación de los equipos.
- b) Fertilizantes.

Los fertilizantes minerales son los factores de producción de mayor demanda energética tanto en su fabricación como en su preparación, envasado y transporte, teniendo un gran peso en el gasto energético de los cultivos, representando entre el 14.4% determinado por Karimi *et al* (2008) para la caña de azúcar y el 45.31% obtenido por Dagistan *et al.*(2009) para el cultivo del algodón.

#### c) Semillas

La energía consumida en la obtención de semillas incluye su producción, selección, limpieza, tratamientos, almacenamiento, ensacado y transporte. Obviamente, la energía asociada a este factor difiere si es adquirida a una empresa productora o si es obtenida en la propia explotación.

#### d) Fitosanitarios

La energía asociada a los productos fitosanitarios es la mayor de la de todos los factores de producción. No obstante, las cantidades utilizadas son tan pequeñas que en términos absolutos la energía imputable a este concepto apenas incide representando el 2.84% (Dagistan *et al.*, 2009).

#### e) Riego

La energía consumida en el riego depende del sistema utilizado, las necesidades hídricas de cada cultivo, altura manométrica y los rendimientos del sistema de impulsión (bomba y motor). En su estimación hay que tener en cuenta los materiales y la infraestructura de la instalación, así como los consumos de energía eléctrica o de combustible, según sea el grupo de bombeo empleado. A modo orientativo, el

consumo energético puede llegar hasta un 63.85% (Karimi *et al.*, 2008). La productividad energética de un cultivo de secano se reduce considerablemente cuando se hace necesaria la aplicación del riego.

### 3. Energía consumida en las operaciones de labranza.

El laboreo se puede definir como la modificación del estado estructural del suelo mediante el trabajo mecánico realizado por las fuerzas que los aperos de labranza aplican al mismo. Dicha modificación tiene como objetivo principal crear un entorno favorable para la germinación y posterior desarrollo de la especie o especies cultivadas. Un segundo objetivo es reducir al máximo la competencia por el espacio, el agua y los nutrientes de otras especies vegetales.

Alcanzar cada uno de estos objetivos exige la aportación de grandes cantidades de energía no renovable. En los sistemas de laboreo convencional buena parte del consumo energético es relacionado a la labor de aradura, tanto con el arado de vertedera como con el de disco. En condiciones óptimas de trabajo, el consumo de combustible oscila entre 0,8 y 1 Lha<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> de profundidad. Estas cantidades pueden incrementarse notablemente si la labor se ejecuta en condiciones muy alejadas de las de tempero. La energía consumida en la preparación del lecho de siembra viene condicionada, fundamentalmente, por el tipo de suelo y por su estado final tras la labor primaria. En la figura 1 se muestra un diagrama del balance de energía en la producción de caña de azúcar.

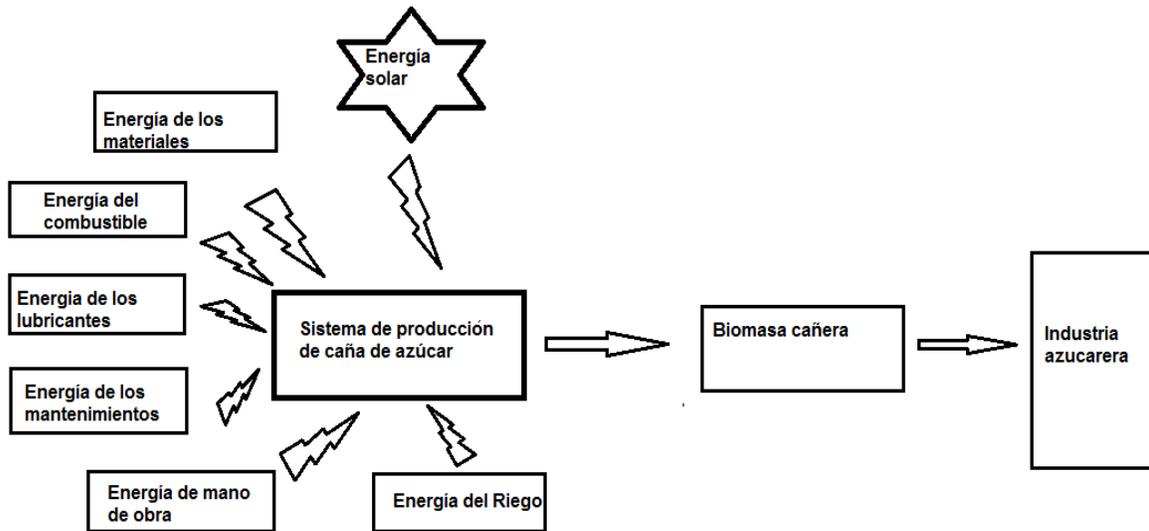


Figura 1 Diagrama del balance energético en la producción de caña de azúcar.

La solución de problemas en la agricultura mediante la utilización de software de uso específico ha sido ampliamente utilizada. Estos han sido usados para cálculos de la gestión del parque de maquinaria como el CEMAQ (Herrera *et al.*, 2011; Lora *et al.*, 2011), y el ANAEXPLO (IIMA-MINAG, 2006; Sotto *et al.*, 2006), la predicción de tracción (Al-Hamed *et al.*, 1990; Catalán *et al.*, 2008), parámetros de explotación de los tractores (Kumar y Pandey, 2009) y cálculos del costo energético en tractores y máquinas agrícolas (de las Cuevas *et al.*, 2010) entre otros.

La evaluación energética es un proceso de análisis que consiste en la identificación y medida de las cantidades de energía secuestrada, asociada a los productos y equipos que intervienen en la producción de un determinado bien. Los procesos estudian las energías asociadas a estos que se requieren para conseguir un producto

final, cada uno de ellos presenta una serie de exigencias, siendo la energía total la suma de los parciales de cada proceso (Pimentel *et al.*, 1983; Paneque, 2000a; b; de las Cuevas, 2002; Paneque *et al.*, 2002; de las Cuevas, 2004; de las Cuevas *et al.*, 2006; Paneque y Sánchez, 2006; Paneque *et al.*, 2009a; Paneque *et al.*, 2009b; García de la Figal *et al.*, 2012; Hetz y Barrios, 1997). Varias investigaciones han establecido que el gasto energético por concepto de combustible y máquinas representa un alto porcentaje del gasto energético total de producción en la agricultura empresarial (FAO, 1990; Paneque, 2005; Paneque y Soto, 2007; de las Cuevas *et al.*, 2009; de las Cuevas *et al.*, 2011).

## **Conclusiones parciales**

- La tecnología convencional es la principal tecnología de producción de caña de azúcar empleada en Cuba, con un total de 361 300 ha cultivadas en el año 2012 y con perspectivas de seguir incrementando áreas de cultivo bajo este sistema de producción.
- La tecnología orgánica de producción de caña de azúcar es un sistema basado en la utilización óptima de los recursos naturales, sin emplear productos químicos de síntesis, u organismos genéticamente modificados, ni para abono ni para combatir las plagas, logrando de esta forma obtener azúcar orgánica, a la vez que se conserva la fertilidad del suelo y se respeta el medio ambiente, todo ello de manera sostenible y equilibrada
- El balance energético evalúa las cantidades de energía asociadas a los factores implicados en los procesos de producción de un bien o servicio. Permite buscar estrategias para el uso eficiente de los sistemas de producción y está directamente vinculado a la actividad económica y al medioambiental.

**CAPÍTULO II**  
**PROGRAMA Y METODOLOGÍA DE LAS INVESTIGACIONES**

## **CAPITULO II: PROGRAMA Y METODOLOGÍA DE LAS INVESTIGACIONES**

La investigación se realizó en el período comprendido entre las zafras 2012- 2013 y 2013-2014 en áreas de las UEB George Washington y Carlos Baliño de la Empresa Azucarera Villa Clara en el municipio de Santo Domingo, con característica edafoclimáticas similares, regímenes de lluvia de 1200 mm al año aproximadamente, suelos que varían entre fersialíticos y ferralíticos y variedades de caña CP 5243 y Cuba 86-56 las cuales tienen un potencial de rendimiento similar, aunque varían en su fecha de maduración, en el caso de los tratamientos con riego fueron estudiadas parcelas con máquinas de pivote central con las mismas características y tiempos de explotación relativamente cortos, aplicando una norma de riego para ambos casos de 350 m<sup>3</sup>/ha.

### **2.1 Descripción de las tecnologías de producción de caña de azúcar.**

Las tecnologías estudiadas son la tecnología de producción de caña convencional y la tecnología de producción de caña orgánica, desarrolladas bajo las condiciones de la zona objeto de estudio.

- Tecnología de producción de caña de azúcar convencional.
- Tecnología de producción de caña de azúcar orgánica.

### **2.2 Programa general de la investigación.**

El programa de la investigación se muestra en la Tabla 2.1 y comprende las etapas a desarrollar, el objeto de estudio y los aspectos a analizar durante la investigación

para comparar el balance energético en ambas tecnologías de producción de caña de azúcar.

Tabla 2.1 Programa de la investigación

<b>Etapas</b>	<b>Objeto de la investigación</b>	<b>Aspectos a estudiar</b>
1. Determinación de las condiciones naturales de las parcelas.	Parcelas donde se realiza la investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación geográfica de la parcela.</li> <li>- Tipo de suelo.</li> <li>- Rendimiento del cultivo.</li> <li>- Condiciones de la toma de datos.</li> </ul>
2. Investigación sobre los gastos de energía en ambas tecnologías de producción de caña de azúcar.	Gastos energéticos de las tecnologías de producción de caña de azúcar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación de la potencia consumida por las máquinas.</li> <li>- Determinación de la potencia transmitida por el árbol toma de fuerza.</li> <li>- Determinación de la potencia consumida por el conjunto máquina-tractor.</li> <li>- Determinación de los gastos energéticos en ambas tecnologías de producción de caña.</li> </ul>
3. Procesamiento de los datos	Datos obtenidos en el proceso de	Realización de los tratamientos estadísticos

experimentales.	investigación.	necesarios, en el análisis de los resultados.
4. Determinación del balance energético para ambas tecnologías de producción de caña de azúcar.	Balance energético de la producción de caña	- Determinación del balance energético para ambas tecnologías

---

### **2.3 Metodología de las investigaciones experimentales.**

Para el cumplimiento del objetivo planteado se recurrió a los historiales de campo de las parcelas bajo estudio de ambas UEB, así como mediciones de los gastos reales de combustibles, lubricantes y otras fuentes de energía utilizadas en el proceso de producción de caña, los cuales fueron procesados en el software para el cálculo de costos energéticos y de explotación (de las Cuevas *et al.*, 2010). En la Tabla 2.2 se muestran los tratamientos por cada parcela estudiada.

Tabla 2.2 Tratamientos estudiados.

Tratamiento	UEB	Parcela
Tratamiento 1	Carlos Baliño	Orgánica de secano
Tratamiento 2	Carlos Baliño	Orgánica con riego
Tratamiento 3	George Washington	Convencional de secano
Tratamiento 4	George Washington	Convencional con riego

### **2.4 Metodología para determinar los gastos energéticos de ambas tecnologías de producción de caña de azúcar.**

Según el procedimiento seguido por (de las Cuevas, 2004 ), se calculan los siguientes parámetros:

Potencia consumida por la máquina.

$$Nbt = R * v.$$

Potencia transmitida por el árbol toma de fuerza.

$$NATF = [Nv + NP(U * V/104)] * B.$$

Potencia consumida por el conjunto máquina-tractor.

$$NCMT = NBT/\eta + NATF/\eta ATF$$

Gastos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada.

$$EST = ESm + ESc + ESl + ESmr + ESmo.$$

Donde:

*EST*- gastos energéticos de la operación agrícola mecanizada (MJ/h);

*ESm*- energía secuestrada en los materiales (MJ/h);

*ESc*- energía secuestrada en combustible (MJ/h);

*ESl*- energía secuestrada en lubricantes/filtros (MJ/h);

*ESmr*- energía secuestrada en reparaciones y mantenimientos (MJ/h);

*ESmo*- energía secuestrada en mano de obra (MJ/h).

Energía secuestrada en los materiales

$$ESM = Gt * EUt/VUt + Gm * EUm/VUm.$$

*Gt*- masa del tractor (kg);

*Gm*- masa de la máquina (kg);

*EUt*- energía por unidad de masa del tracto (MJ/kg);

*EUm*- energía por unidad de masa de la máquina (MJ/kg);

*VUt*- vida útil del tractor (h);

*VUm*- vida útil de la máquina (h).

Tabla 2.2. Equivalencia energética (de las Cuevas, 2004 ; Castillo *et al.*, 2008).

Insumos	U/M	Equivalencia MJ/unidades	Fuentes
Jornada hombre	(8h)	18,2	(Fluck, 1981)
Petróleo	L	47.8	(Fluck, 1992)
Tractor	kg	109.8	(Fluck, 1992)
Arado	kg	66.8	(Fluck, 1992)
grada	kg	68.0	(Fluck, 1992)
Pulverizador	Kg	62.3	(Fluck, 1992)
Sembradora	kg	70.9	(Fluck, 1992)
N	kg	47,1	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg	15.8	
K <sub>2</sub> O	kg	9.28	
Herbicida Merlin	kg	238.14	
Semilla	kg	15.6	
Tractor Komatsu	h	232,9	
Tractor Jumz 6M	h	142.5	
Tractor Belarus 1221	h	55.1	
Arado ADI-3	h	25.1	
Arado SP-320	h	168.6	
Multiarado	h	24.9	
Grada Ligera	h	51.9	
Grada Mediana	h	187.1	
Grada Pesada	h	403.3	

Tiller Ligero	h	12.7
Grada Múltiple	h	27.5
Surcador SA-3	h	23.9
Abonadora F-350	h	18.0
Cultivador ligero	h	12.6
Cosechadora KTP 2M	h	933.8

---

Energía del combustible utilizado.

$$ESc = ge * NCMT * cM * Ee.$$

$g_e$ - consumo específico de combustible (L/kW\*h);

$c_M$ - nivel de carga del motor;

$E_e$ - energía específica del combustible MJ/L.

Energía secuestrada en lubricantes/filtros

$$ESI = ESc * 5\%.$$

Energía secuestrada en reparaciones y mantenimientos

$$ESmr = ESM * 129\%.$$

Transformación de los gastos energéticos de MJ/h a MJ/ha o MJ/t.

$$ESha = EST / W$$

Donde:

$ESha$ - gastos energéticos totales por unidad de área trabajada (MJ/ha o MJ/t\*Km.)

$W$ - productividad del conjunto máquina tractor (ha/h o t\*Km/h.).

Para conjuntos agrícolas  $W = 0.36 * v * B * Ko^4$ .

## 2.5 Metodología para determinar el balance energético.

Siguiendo la metodología utilizada por Castillo et al. (2008) para la evaluación energética del proceso de producción de la caña de azúcar y para los equipos mecánicos se ha seguido el procedimiento propuesto por (Bowers, 1992).

Ingreso de energía (IE)

$$IE = EST$$

Egreso de energía (EE)

$$EE = \text{biomasa cosechada} * EEB$$

*EEB*- equivalente energético de la biomasa (aplicando el equivalente energético de la Tabla 2.2 *EEB*= 15600 MJ/t cosechada)

Balance de energía

$$BE = EE - IE$$

Eficiencia Energética.

$$Ef E = EE/IE$$

Índice de Productividad Cultural (IPC)

$$IPC = t \text{ caña.ha}^{-1}/MJ.ha^{-1}.$$

## **2.6 Descripción de las labores realizadas en cada tratamiento.**

Se investigaron las actividades realizadas en cada tratamiento, los equipos y productos utilizados, determinándose mediante el uso del software para el cálculo de costos energéticos y de explotación, (de las Cuevas *et al.*, 2010) el gasto energético de cada labor.

## **CAPITULO III**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **3.1 Principales equipos utilizados en la agricultura cañera.**

Tanto para la producción de caña de azúcar convencional como para la producción de caña de azúcar orgánica, en Cuba existe un parque de equipos e implementos similar, existiendo solo algunas diferencias en cuanto a la técnica de recién adquisición por el país, que aún no se ha generalizado.

Dentro de los tractores y cosechadoras utilizados en las UEB Carlos Baliño y George Washington para la agricultura cañera se encuentran, los tractores Jumz 6M, Jumz 6K, MTZ 80, MTZ 82, Belarus 1025, Belarus 1221, Belarus 1523, DT-75, T-150K, 0, Komatsu D-80, Komatsu D-85 y las cosechadoras KTP 2M.

El parque de implementos para la formación de agregados con los tractores antes mencionados fundamentalmente empleado en la agricultura cañera son los arados AT-90, A-10000, Ferrus 5, Ferrus 7, ADI-4, ADI-3, AR 3, las gradas de 6800 kg, 4500kg, 1500 kg y 965 kg y el subsolador SP-280; los multiarados más utilizados son el C-101, MAU-250, M-160 y M-700; dentro de los surcadores están el sencillo de un órgano, los surcadores doble y triple, y se están haciendo estudios para los surcadores de base ancha, los cultivadores más utilizados son los Cultivadores

FC-10(FC-8), S-240, Grada Múltiple (SACA BP-2- 206 multidisco), Diqueadora, Bayamo 81, Cultivador fertilizador F-350. Además se utilizan también con bastante frecuencia la Chapeadora CH-60, Asperjadoras integrales, esparcidoras de abono orgánico y carretas tanto para la cosecha como para la siembra

En el anexo 3 se relacionan los principales agregados formados con el parque de equipos e implementos utilizados en la producción de caña en el país, así como los índices de consumo de combustible por cada labor realizada.

### **3.2 Determinación de los gastos energéticos de ambas tecnologías de producción de caña de azúcar.**

En las Tablas 3.2; 3.3; 3.4 y 3.5 se muestran las labores realizadas en cada tratamiento, los equipos e implementos utilizados y el gasto energético para cada labor realizada.

Tabla 3.2 Actividades realizadas en tratamiento 1. Producción de caña de azúcar orgánica de secano.

Actividad	Equipo	Implemento	Gasto energético (MJ/ ha)
Rotura	Belarus 1523	FD5	1329.66
Grada	Belarus 1523	Grada 4500 Kg	671.90
Cruce	Belarus 1523	FD5	1076.70
Grada	Belarus 1523	Grada 4500 Kg	671.90
Recruce	Belarus 1523	FD5	1076.70

Grada	MTZ 80	965 kg	742.76
Surque	MTZ 80	Surcador doble	475.88
Limpia de surco	MTZ 80	C 101	453.59
Fertilización	JUMZ 6M	F-350	415.92
Siembra	MTZ 80	Carreta	1999.82
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
Aplicación Enerplan	MTZ 80	Asperj. Integral	201.83
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Limpia Manual		Guataca	114.00
Aplicación Enerplan	MTZ 80	Asperj. Integral	201.83
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Cultivo	Alto despeje	FC-10	377.48
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206	377.48
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206	377.48
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206	377.48
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206	377.48
Cosecha	KTP		1506.13
Total			18048.26

Tabla 3.3 Actividades realizadas en tratamiento 2. Producción de caña de azúcar orgánica con riego.

Actividad	Equipo	Implemento	Gasto energético (MJ/ ha)
Rotura	Belarus 1523	FD5	1329.66
Grada	Belarus 1523	Grada 4500 Kg	671.90
Cruce	Belarus 1523	FD5	1076.70
Grada	Belarus 1523	Grada 4500 Kg	671.90
Recruce	Belarus 1523	FD5	1076.70
Grada	MTZ 80	965 kg	742.76
Surque	MTZ 80	Surcador doble	475.88
Limpia de surco	MTZ 80	C 101	453.59
Fertilización	JUMZ 6M	F-350	415.92
Siembra	MTZ 80	Carreta	1999.82
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer	381.22
		Asperjadora	
Aplicación Enerplan	MTZ 80	Integral	201.83
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22

Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Limpia Manual		Guataca	114.00
Aplicación Enerplan	MTZ 80	Asper Integral	201.83
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	Alto despeje	FC-10	377.48
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo	Alto despeje	FC-10	377.48
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206	443.77
Limpia Manual		Guataca	114.00
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206	443.77
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cosecha	KTP		1945.42
Total			21454.53

Tabla 3.4 Actividades realizadas en tratamiento 3. Producción de caña de azúcar convencional de secano.

Actividad	Equipo	Implemento	Gasto energético (MJ/ ha)
Rotura	Belarus 1221	Arado A-10000	1315.37
Grada	Belarus 1221	Grada 4500 Kg	660.00
Cruce	Belarus 1221	Arado A-10000	1150.46
Grada	Belarus 1221	Grada 4500 Kg	660
Surque	MTZ 80	Surcador doble	475.88
Limpia de surco	MTZ 80	C 101	453.59
Fertilización	MTZ 80	F-350	4210.96
Siembra	MTZ 80	Carreta	1999.82
Aplicación de Merlín	MTZ 80	Asperjadora	237.00
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Limpia Manual		Guataca	114.00
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Aplicación de Esterol	MTZ 80	Asperjadora	351.52
Cultivo con alto despeje	Jumz	Saca BP-206	443.77
Aplic. Gesapax+Diuron	MTZ 80	Asperjadora	758.06
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Cosecha	KTP		1697.82
Total			16340.53

Tabla 3.5 Actividades realizadas en tratamiento 4. Producción de caña de azúcar convencional con riego.

Actividad	Equipo	Implemento	Gasto energético (MJ/ ha)
Rotura	Belarus 1221	Arado A-10000	1315.37
Grada	Belarus 1221	Grada 4500 Kg	660.00
Cruce	Belarus 1221	Arado A-10000	1150.46
Grada	Belarus 1221	Grada 4500 Kg	660
Surque	MTZ 80	Surcador doble	475.88
Limpia de surco	MTZ 80	C 101	453.59
Fertilización	MTZ 80	F-350	4210.96
Siembra	MTZ 80	Carreta	1999.82
Aplicación de merlín	MTZ 80	Asperjadora	237.00
Cultivo	MTZ 80	FC-10	381.22
Limpia Manual		Guataca	114.00
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Aplicación de Esterol	MTZ 80	Asperjadora	351.52
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Cultivo con alto despeje	Jumz	Saca BP-206	443.77
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Aplic. Gesapax+Diuron	MTZ 80	Asperjadora	758.06
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Desorillo	MTZ 80	ADI-3	477.02
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central		136.08

Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Desorillo	MTZ 80      ADI-3	477.02
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Riego de agua	Maq Pivot Central	136.08
Cosecha	KTP	2122.27
Total		19894.54

Tabla 3.6 Gastos de energía por parámetros.

Tratamientos	Gasto energético (MJ/ ha)	Energía utilizada en riego (MJ/ha)	Energía secuestrada por unidad de área (MJ/ha)					Insumos
			ESM	ESc	ESI	ESmr	ESmo	
1	18048.26	0.0	1472.31	13857.14	692.86	1899.27	193.67	168.14
2	21454.53	2449.44	1461.29	13707.31	685.37	1885.07	193.35	168.14
3	16340.53	0.0	1032.87	9163.64	458.18	1332.41	156.42	3363.36
4	19894.54	3129.84	1024.62	9165.33	458.27	1321.76	156.17	3363.36

En la Tabla 3.6 se reflejan los gastos de energía de por cada parámetro en MJ/ha determinados para cada tratamiento observándose el gran peso que tiene el uso de los combustibles, que como muestra la Figura 2 representa el porcentaje del uso del combustible en el total de los gastos energéticos para los cuatro tratamientos estudiados, en el caso del tratamiento 1 representa el 76.8% del total de los costos energéticos, en el tratamiento 2 el uso del combustible es el 63.9% del total de los costos energéticos, en el tratamiento 3 representa el 56.1% y en el tratamiento 4 es el 46.1%; valores estos que se encuentran dentro del rango o inferiores a los obtenidos por Hetz y Barrios (1996) del 77 a 81% del gasto energético total y el 60,07% obtenido por de las Cuevas *et al.* (2011), siendo más elevados en los tratamientos 1 y 2 debido fundamentalmente a que estos tienen un mayor número de labores de preparación de suelos y de cultivos de deshierbe. En el caso del gasto energético en los insumos se aprecia un contraste considerable entre los tratamientos convencionales (3 y 4) que se presentan entre el 16.9 y 20.6% del gasto total de energía y los tratamientos orgánicos (1 y 2) que solo alcanzan entre 0.8 y 0.9% del gasto total de energía, debido a que en la producción de caña de azúcar orgánica solo se utilizan productos como el Enerplan y el sulfato de potasio (siempre que este certificado como orgánico) en dosis muy bajas. Para los tratamientos 2 y 4 el riego represento el 11.4 y 15.7% respectivamente siendo inferior a otros trabajos realizados por Karimi *et al.*(2008) con 63.85% y 22.37% obtenido por Dagistan *et al.*(2009)

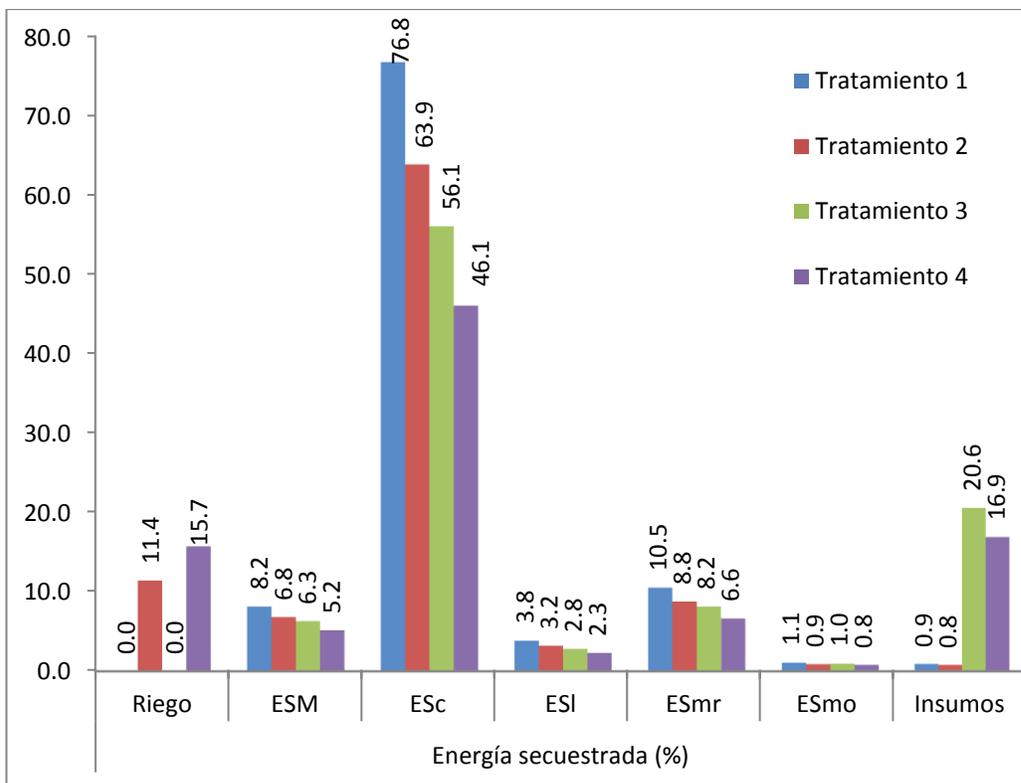


Figura 2. Energía secuestrada por unidad de área (%).

La Figura 3 muestra un resumen de los gastos energéticos de cada parcela estudiada, apreciándose mayores gastos de energía en el tratamiento 2 con 21454.53 MJ/ha, superando al tratamiento 4 en 1559.99 MJ/ha, en el caso de las parcelas con riego; en los tratamientos de secano, en el tratamiento 1 el gasto energético fue superior al tratamiento 3 en 1707.73 MJ/ha, la diferencia máxima estuvo entre los tratamientos 2 y 3 con 5113.73 MJ/ha, por lo que en ambos casos el gasto energético fue superior en la producción orgánica de caña de azúcar con respecto a la producción convencional, dando un resultado contrario al obtenido por Dalgaard et al (2001) para otros cultivos en Dinamarca donde el gasto energético de la producción convencional fue más alto. Dentro de los factores que mayor incidencia

tuvieron en estos resultados se encuentran; la preparación de suelos, ya que en la agricultura orgánica desarrollada en la UEB Carlos Baliño se realizan más labores con el objetivo de tener un mejor lecho de siembra y un mayor control de la germinación de la maleza; otros factores son la limpia manual y el cultivo debido a que en la producción de caña de azúcar orgánica se necesitan más labores de limpia y cultivo que en la agricultura convencional para el control de la maleza. Estas prácticas en la UEB Carlos Baliño además de incidir negativamente en los gastos energéticos de la producción orgánica de caña de azúcar, también se oponen a lo planteado por de las Cuevas (2004) acerca de la agricultura conservacionista, por lo que podemos afirmar que se practica una agricultura orgánica desde el punto de vista que no se aplican productos químicos, pero de la óptica de agricultura conservacionista no cumple con los parámetros establecidos pudiendo en un futuro ser perjudicial para el ecosistema, fundamentalmente para el suelo.

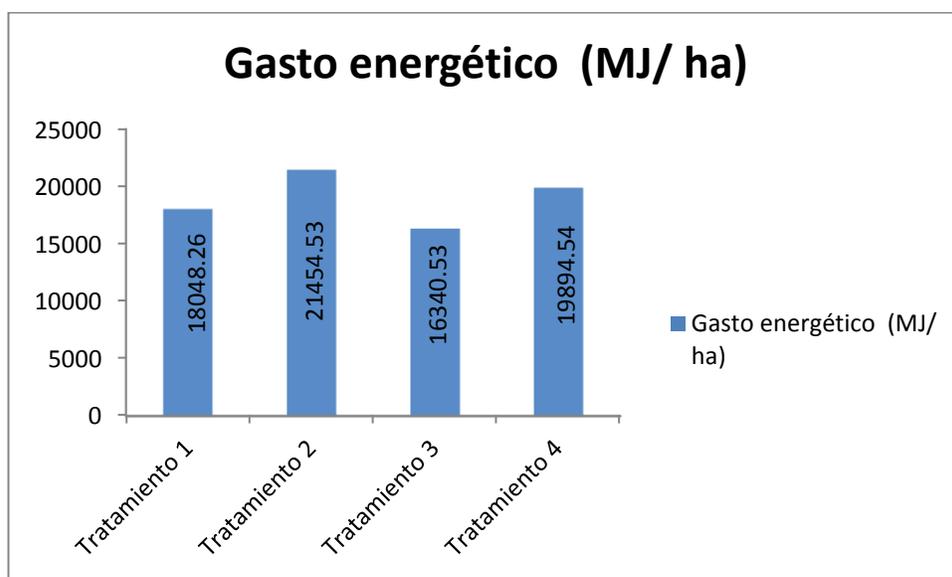


Figura 3. Gastos energeticos de cada parcela de producción de caña de azúcar

### 3.3 Determinación balance energético.

Para la determinación del egreso de energía se utilizaron los rendimientos de cada bloque estudiado Tabla 3.7, ya que estos son determinantes para los análisis a realizar, al depender directamente el egreso de energía de la producción de la biomasa, y el coeficiente energético de la biomasa de la caña de azúcar.

Tabla 3.7 Rendimientos agrícolas por bloques

UEB	Tecnología de producción	Tratamiento	Rendimiento Agrícola (t/ ha)
Carlos Baliño	Orgánica	1	64.1
Carlos Baliño	Orgánica	2	83.3
George Washington	Convencional	3	72.3
George Washington	Convencional	4	90.0

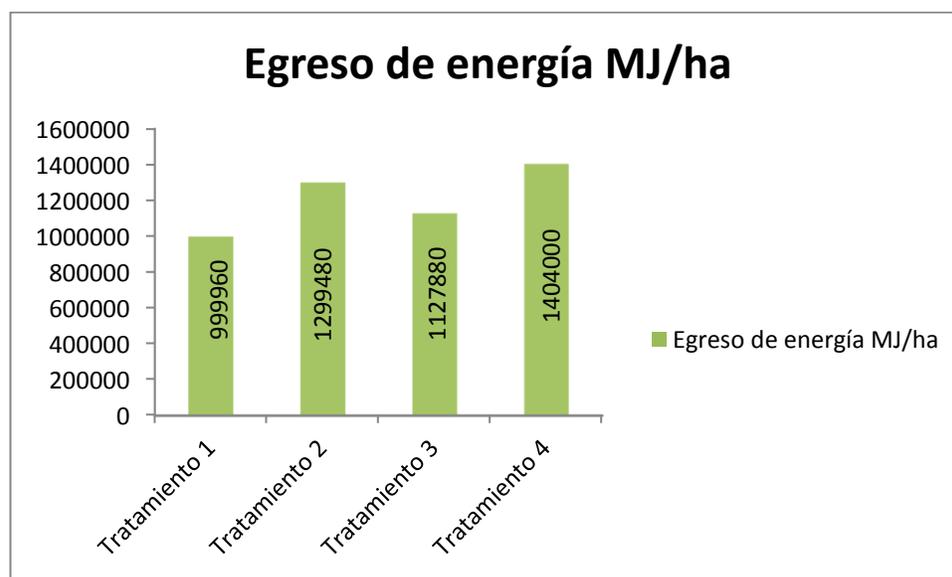


Figura 4. Egreso de energía.

Como se puede apreciar en la Figura 4. el egreso de energía fue mucho mayor en el tratamiento 4 con un total de 1404000 MJ/ha, superando al tratamiento 2 en 104520

MJ/ha, a tratamiento 3 en 276120 MJ/ha y al tratamiento 1 en 404040 MJ/ha, en el caso de los tratamientos de secano el tratamiento 3 con 1127880 MJ/ha fue superior al tratamiento 1 en 127920 MJ/ha, siendo mayor el egreso de energía en la producción de caña convencional con riego con respecto a los demás. Como consecuencias de estas diferencias en el egreso de energía y como se demuestra en la Figura 5 el balance energético tiene un comportamiento más favorable para la producción de caña convencional al obtener un valor de 1384105.46 MJ/ha, superando a los tratamientos 2, 3 y 1 en 106079.99 MJ/ha, 272565.99 MJ/ha, y 402193.72 MJ/ha respectivamente, siendo el menos favorable el tratamiento 1 con 981911.74MJ/ha.

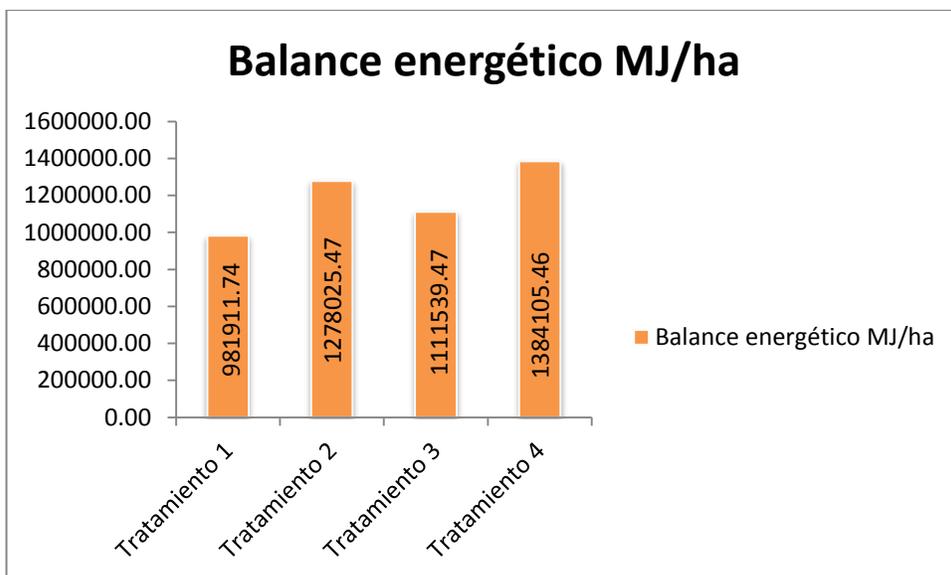


Figura 5. Comportamiento del balance energético.

### 3.4 Determinación de la eficiencia energética.

En la Figura 6 se muestran los resultados de la eficiencia energética para cada tratamiento de producción de caña de azúcar, en el tratamiento 1 por cada MJ empleado en la producción de caña de azúcar hasta la cosecha se obtienen 55.40

MJ, siendo este el más bajo de todos los tratamientos, para el tratamiento 2 se obtienen 60.57 MJ, en el tratamiento 3 se obtienen 69.02 MJ y en el tratamiento 4 se obtienen 70.61, dando como resultado que es energéticamente más factible la producción de caña de azúcar convencional al tener mayor eficiencia tanto áreas de riego como de secano, superando incluso el secano convencional a las áreas bajo riego de la producción orgánica, contrario a lo obtenido a lo obtenido por Dalgaard et al (2001) para otros cultivos.

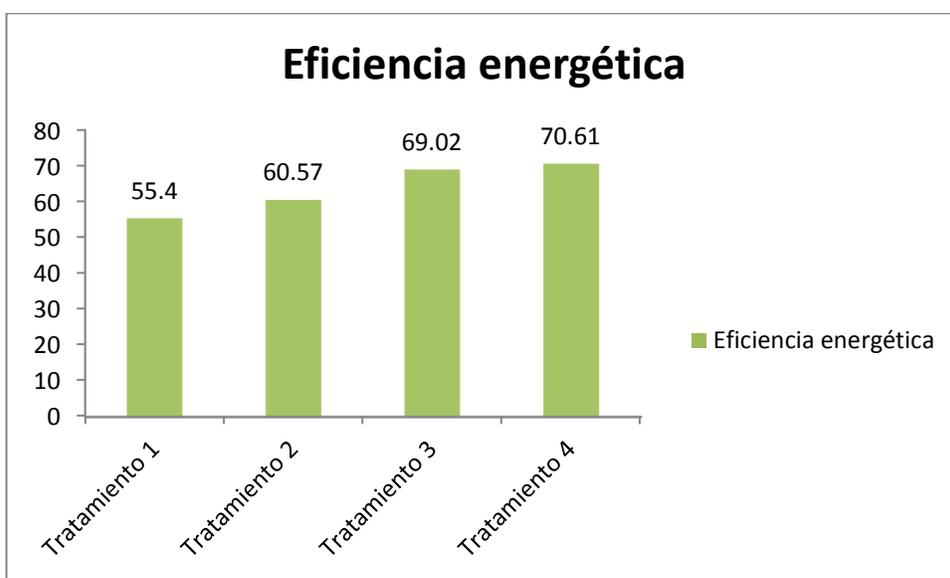


Figura 6. Eficiencia energética para cada variante de producción de caña.

### 3.5 Índice de Productividad Cultural.

El índice de productividad o sea las toneladas obtenidas por cada unidad de energía invertida se aprecian en la figura 7 obteniéndose los siguientes resultados, en el tratamiento 1 con 0.0036 t/MJ, en el tratamiento 2 con 0.0039 t/MJ, en el tratamiento 3 con 0.0044 t/MJ y en el tratamiento 4 con 0.0045 t/MJ, siendo mucho más productivos los tratamientos de producción de caña de azúcar convencional, tanto de secano como con riego, tendencia esta que se pudiera revertir practicando

realmente una agricultura orgánica y conservacionista, donde se disminuyan las operaciones mecánicas sobre el suelo, se realicen rotaciones de cultivo, arropes y siembras de base ancha para lograr incrementar los rendimientos y cierres más rápidos del cultivo.

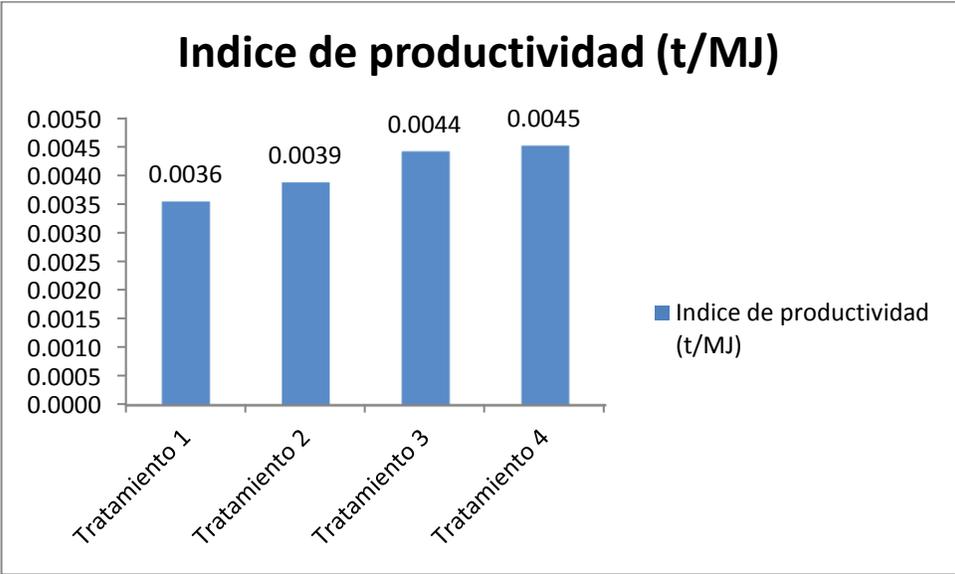


Figura. 7 Índice de productividad

Teniendo en cuenta el precio establecido por AZCUBA para ambas producciones de caña de azúcar hasta la zafra 2013-2014, de 105.00 CUP/t para la caña de azúcar convencional y 125.00 CUP/t para la caña de azúcar orgánica, se obtiene que el mejor índice económico es el del tratamiento 2 con 0.4853 CUP/MJ, siguiéndole el tratamiento 4 con 0.4750 CUP/MJ, el tratamiento 3 con 0.4646 CUP/MJ y el de menor índice económico es el del tratamiento 1 con un 0.4439 CUP/MJ como se muestra en la Figura 8, demostrando el índice económico de la producción de caña de azúcar por cada tratamiento al existir pequeñas diferencias en el dinero obtenido con respecto al costo energético de las producciones tanto orgánica como convencional.

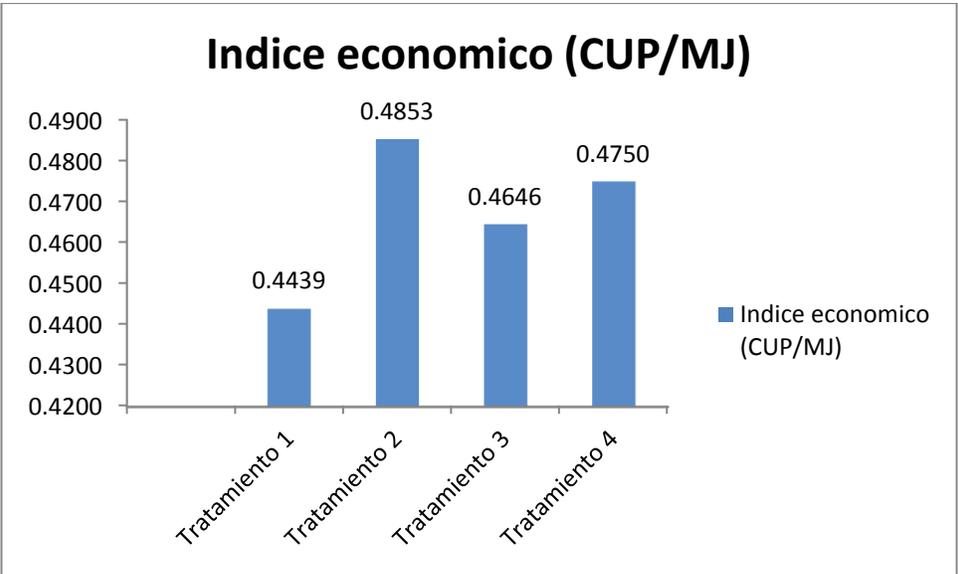


Figura 8. Índice económico

## Conclusiones parciales

- Tanto para la producción de caña de azúcar convencional como para la producción de caña de azúcar orgánica, se utiliza un parque de equipos e implementos similar, así como los índices de consumo de combustibles y lubricantes, existiendo solo algunas diferencias en cuanto a la técnica de recién adquisición por el país.
- Los costos energéticos son superiores en los tratamientos de producción de caña de azúcar orgánica, con respecto a los convencionales, siendo el uso del combustible el parámetro que más influye en los costos energéticos con valores entre el 46 y el 76.8%.
- El balance energético tiene un comportamiento más favorable para los tratamientos de producción de caña de azúcar convencional al compararlos con los tratamientos de producción de caña de azúcar orgánica, debido a que el egreso de energía en la producción convencional es mayor que en la producción de caña orgánica.
- Desde el punto de vista energético es más factible la producción de caña de azúcar convencional debido a que la eficiencia energética para la producción de caña orgánica, tanto para áreas de riego como de secano tuvo valores inferiores a los de la producción convencional de caña de azúcar. La eficiencia energética del tratamiento de producción de caña de azúcar orgánico se ve afectado por un mayor número de labores de preparación de suelos y de cultivo.

- Teniendo en cuenta el precio establecido por AZCUBA, económicamente son similares los resultados económicos por unidad de energía invertida en el proceso con un rango que oscila entre 0.4439 CUP/MJ y 0.4853 CUP/MJ para todos los tratamientos, siendo el más factible el tratamiento de producción de caña orgánica con riego.
- Las áreas bajo riego tienen mejores resultados en cuanto a egreso de energía, balance energético, índice de productividad e índice económico con respecto a los tratamientos de secano para cada tecnología de producción de caña de azúcar.

## **CONCLUSIONES**

## **CONCLUSIONES.**

En la producción de caña orgánica se elevan los gastos energéticos sin una respuesta proporcional en los rendimientos agrícolas, por lo que se ve afectado el egreso de energía y con ello el balance energético y la eficiencia energética cuando se compara con la producción de caña convencional, debido a la incorrecta implementación de la agricultura orgánica y conservacionista, teniéndose como principales actividades que afectan estos indicadores los siguientes:

- Preparación de suelo: en la producción orgánica se realiza una mayor cantidad de labores de preparación de suelo lograr un mejor lecho de siembra y romper el ciclo vegetativo de las malezas.
- Cultivo: se realizan más cultivos en la producción orgánica de caña de azúcar para el control de las plantas indeseables, lo que trae como consecuencias un aumento en los costos energéticos y una disminución en los rendimientos, debido a que el exceso de pases y en ocasiones mala regulación de los implementos afectan la estructura del suelo y los plantones de caña.
- Limpia manual: al no utilizarse herbicidas es imprescindible un mayor número de limpiezas manuales y además con una productividad por hombre más baja que en la caña convencional.

## **RECOMENDACIONES**

## **RECOMENDACIONES.**

- 1- Desarrollar investigaciones que tengan en cuenta los aspectos económico, social y medioambiental del empleo de ambas tecnologías de producción de caña de azúcar, para decidir qué sistema extender en la UEB Carlos Baliño.
- 2- Desarrollar investigaciones que permitan determinar la tecnología de preparación de suelos óptima a aplicar en la producción de caña de azúcar orgánica en las condiciones de la UEB Carlos Baliño.
- 3- Desarrollar investigaciones que permitan determinar la tecnología optima de cultivo o control de malezas a aplicar en la producción de caña de azúcar orgánica en las condiciones de la UEB Carlos Baliño.
- 4- Desarrollar investigaciones para determinar el punto de equilibrio a partir del cual el rendimiento agrícola logrado en el sistema de producción de caña orgánica permite un balance de energía que haga más rentable la producción de azúcar orgánica.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AI-HAMED, S. A.; R. D. GRISSO; F. M. ZOZ y K. VON BARGEN: TRACTOR PERFORMANCE SPREADSHEET FOR RADIAL TIRES. Proceedings of the International Winter Meeting, 1990, pp., Chicago. ASAE, 1990.
- ÁLVARES, L.: "Costo energetico de las operaciones de siembra mas comunes en Cuba", *IIMA*: 2006.
- BARNETT, V.; S. LANDAU y S. J. WELHAM: "Measuring sustainability", *Environ, Ecol. Stat.* 1: 21–36, 1994.
- BARRETO, B.: *Caracterización de la gestión agraria sostenible de la empresa azucarera Ifraín Alfonso a través de un grupo de indicadores.*, **Tesis presentada en opción al grado de Master**, 2005.
- BONY, S.: "Is agriculture using more and more energy? A French case study.", *Agricultural Systems*, 43:: 51-56., 1993.
- CASTILLO, N.; D. M. DÍAZ ABREU y J. GONZÁLEZ: *Evaluación del impacto de cuatro tecnologías de labranza sobre los rendimientos agrícolas y energéticos de la caña de azúcar (spp. Híbrido), en la empresa azucarera Majibacoa*, Centro Universitario V. I. Lenin, LasTunas, 2008.
- CATALÁN, H.; P. LINARES y V. MÉNDEZ: "Tractor PT: A traction prediction software for agricultural tractors", *Computers and Electronics in Agriculture*, 60: 289-295, 2008.
- DAGISTAN, E.; H. AKCAOZ; B. DEMIRTAS y Y. YILMAZ: "Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey", *African Journal of Agricultural*, 4: 599-604, 2009.
- DALGAARD, T.: "Agricultural Data for Life Cycle Assessments. Report 2.00.01", *Farm types — how can they be used to structure, model and generalise farm data?*, pp pp. 98–114, Eds. Weidema, B. P.andMeeusen, M. J. G. E., The Hague, The Netherlands,2000.
- DALGAARD, T.; N. HALBERG y J. R. PORTER: "A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87: 51-65, 2001.
- DE LAS CUEVAS, H. R.: "El asperjado mecanizado y sus gastos energéticos en plantaciones cítricas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(2): 25-30, 2002.
- DE LAS CUEVAS, H. R.: "La labranza conservacionista y sus gastos energéticos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(2): 37-42, 2004.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ y M. DÍAZ: "Costo energético del sistema mecanizado de distribución de materia orgánica", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(2): 50-55, 2006.

- DE LAS CUEVAS, H. R.: 2004 Labranza conservacionista y sus gastos energéticos. *Revista Ciencia Técnica Agropecuaria*. . Universidad Agraria de La Habana. La Habana. Cuba.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; M. DÍAZ y P. PANEQUE: "Software para el cálculo de indicadores energéticos, de explotación y económicos del sistema de distribución de humus de lombriz", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2): 65-70, 2010.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE y M. DÍAZ: "Costo energético del rodillo de cuchillas CEMA 1400 para cobertura vegetal", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3): 53-56, 2011.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE y M. I. HERRERA: "Costos energéticos de un conjunto tractor-máquina de siembra directa", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 8-12, 2009.
- DROS, J. M.: 2004. Managing the soy boom: Two scenarios of soy production expansion in South America. *AID Environment*. Amsterdam, The Netherlands.
- DUTILH, C. y K. KRAME: "Energy consumption in the food chain. Comparing alternative options in food production and consumption", 29-2: 98-101, 2000.
- FAO: *Energy consumption and input output relation in field operations*., Rome, Italy, 1990.
- FLUCK, R., *Net energy sequestered in agricultural labor*. , Transaction of the ASAE (USA) 24(6): , 1449-1455., 1981.
- FLUCK, R.: 1992. Energy for farm production. . *Energy for World agriculture*. New York, NY, USA: Elsevier.
- GARCÍA DE LA FIGAL, A.; Y. VALDÉS y J. VARGAS: "Evaluación de los gastos de explotación, económicos y energéticos en la labor de cultivo del frijol, tomate y papa comparando el tractor YUMZ-6M con yunta de bueyes", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 62-68, 2012.
- GONZÁLEZ, R.: *Explotación del parque de maquinarias*, Ed. Empresa nacional de producción del Ministerio de Educación Superior, 1993.
- GUTIÉRREZ, A.; F. DÍAZ; L. VIDAL; I. RODRÍGUEZ; J. PACHECO y P. CAIRO: *Tecnología integral para la producción de caña de azúcar en suelos arcillosos pesados de la costa norte de Villa Clara y similares*., ETICA Villa Clara-Cienfuegos, 2002.
- HERRERA, M. I.; A. TOLEDO y M. P. GARCÍA: "Elementos de gestión en el uso del parque de tractores.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*., 20(1): 20-24, 2011.
- HETZ, E. y A. BARRIOS: *Costo energético de las operaciones agrícolas mas comunes en Chile*, Chillan, Chile, Universidad de Concepción 1996.
- HETZ, E. y A. BARRIOS: *Reducción del costo energético de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile*., Ed. Agro-Ciencia 3(1) : ed, Chile., 1997.
- IBÁÑEZ, M. y E. ROJAS: *Costo de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola*., Chile., 1994.
- IFOS: 1991. The energy and economics of fertilizers. Gainesville:.. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences
- IIMA-MINAG: *Maquinaria agrícola, programación y control de su explotación*, Ed. MINAG, La Habana, 2006.
- INFANTE, J. y M. GONZÁLEZ: Agricultura y decrecimiento. Un análisis del ciclo de vida del sistema agroalimentario Español. En, pp. Laboratorio de Historia de los agrosistemas, Universidad Pablo de Olavide, 2000.

- IOIA, *International Organic Inspection Manual*, Broadus, Montana, Asociacion de Inspectores Organicos Independientes, 2000.
- JAMES, M.: *Fossil energy use in conventional and low-external input cropping systems*, **Tesis para optar por el grado de Master**, Iowa State University, Iowa, 2009.
- JIMÉNEZ, R.: "Panorama sistematico de la problematica sobre el ahorro de energía", *Centro Agropecuario*, Programa de investigacion en alimentos: 1992.
- KARIMI, M.; A. P. RAJABI; A. TABATABAEFAR y A. BORGHEI: "Energy Analysis of Sugarcane Production in Plant Farms.A Case Study in Debel Khazai Agro-industry in Iran", *IDOSI Publications*: 2008.
- KUMAR, R. y K. P. PANDEY: "A program in Visual Basic for predicting haulage and field performance of 2W Dtractors.", *Computers and Electronics in Agriculture.*, 67: 18-26, 2009.
- LÓPEZ, P. y C. DE ARMAS: *La potencialidad de la caña como recurso energético renovable.*, **ONUUDI-OLADE.**, La Habana. Cuba., 1980.
- LORA, D.; P. D. SOTTO; M. FERNÁNDEZ; M. FUENTES y M. WONG: "Impacto de la aplicación de un software para la programación y control de los medios mecanizados en una unidad productora del municipio Güira de Melena", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 78-83, 2011.
- MAS, R.; H. PÉREZ; N. ARZOLA; M. VIDAL; L. BENÍTEZ y R. VILLEGAS: *Tecnologías para la producción de caña de azucar organica.*, Villa Clara, *ETICA Villa Clara - Cienfuegos - Santic Spíritus*, (Instructivo Técnico), 2007.
- MEJÍAS, M.: *Agriculturas para la vida: Movimientos alternativos frente a la agricultura química.*, Ed. LED-CEPROID-Corporación para la Educación Especial." Mi Nuevo Mundo "., Cali, Colombia: , 1991.
- MUDAHAR, M. y T. HIGNETT: *Energy efficiency in nitrogen fertilizer production.*, Ed. Energy in Agriculture 4, 1985.
- NOVA, A., *La produccion de alimentos, la bioenergía y las exportaciones de la agroindustria cañera, una decision estrategica para la economía cubana*, Habana, C. d. e. d. l. e. c. d. l. U. d. l., La Habana, 2006.
- ONEI, *Anuario estadistico de Cuba de 2011*, Republica de Cuba, 2011.
- , *Anuario estadístico de Cuba de 2013*, República de Cuba, 2013.
- OPSCHOOR, H. y L. REIJNDERS: 1991. Towards sustainable development of indicators. *Search of Indicators of Sustainable Development*. Dordrecht, The Netherlands.
- PANEQUE, P.: *Investigación para la definición de los parámetros de trabajo optimo de los tractores para la mecanización de las labores en plantaciones en desarrollo y producción de cítricos en Cuba.*, 145 p. pp., Cuba., 1986.
- PANEQUE, P.: "Gastos energéticos de las operaciones agrícolas mecanizadas en plantaciones cítricas de Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 9(3 y 4): 2000a.
- PANEQUE, P.: "Gastos energéticos en la poda mecanizada de las plantaciones cítricas de Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 9(2): 23-28, 2000b.
- PANEQUE, P.: "Costo energético de tres sistemas de labranza en el cultivo de maíz", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 23-27, 2005.
- PANEQUE, P.; H. C. FERNÁNDEZ y A. DONIZETTE: "Comparacion de cuatro sistemas de labranza/siembra con relacion a su costo energético", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(2): 1-6 2002.

- PANEQUE, P.; A. MIRANDA; N. ABRAHAM y M. SUÁREZ: "Determinación de los costos energéticos y de explotación del sistema de cultivo del arroz en seco", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 7-10, 2009a.
- PANEQUE, P.; A. MIRANDA; M. SUÁREZ y N. ABRAHAM: "Costos energéticos y de explotación del cultivo del arroz en fangueo directo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2): 7-11, 2009b.
- PANEQUE, P. y Y. SÁNCHEZ: "Costo energético de la cosecha mecanizada del arroz en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(1): 19-23, 2006.
- PANEQUE, P. y D. SOTO: "Costo energético de las labores de preparación de suelo en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4): 17-21, 2007.
- PIMENTEL, D.; G. BERARDI y S. FAST: *Energy efficiency of farming systems: Organic and conventional Agriculture.*, Ed. Agriculture Ecosystem & Environment 9:, 1983.
- PIMENTEL, D. y M. PIMENTEL: *Food, Energy and Society*, 1996.
- PINSTRUP-ANDERSEN, P.: "UNEP Industry and Environment", *Towards Ecologically Sustainable World Food Production*, pp Ed. Programme, U. N. E., Paris, 1999.
- REICHE, C., *Conceptos y marco general sobre indicadores de sostenibilidad.*, Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible., p 20., 1998.
- RESTREPO, J.: *Material didáctico del X curso-taller latinoamericano sobre agricultura orgánica con énfasis en la preparación de biofertilizantes y caldos minerales para el café, frutales y hortalizas.*, San José de Costa Rica:, UNED-CEDECO. Fundación AMBIO., 2000.
- SCIALABA, N. y C. HATTAM: *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria.*, Ed. FAO, Roma, 2003.
- SEPÚLVEDA, S.: *Desarrollo sostenible microregional.*, 1997.
- SIEN, *Metodología para la elaboración de los balances de energía.*, Comunidad Europea, 2004.
- SORIANO: *Energy-based Analysis of Alternative Production Systems in Irrigated Lowland Rice.*, Ed. University of the Philippines Los Banos, MS Thesis, 1982.
- SOTTO, P. D.; M. BRISUELA y D. LORA: "Aplicabilidad del software ANAEXPLO para la realización del balance en las unidades agrarias de servicio de maquinaria", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(2): 33-36, 2006.
- STOUT, B.: *Energy use and management in agriculture.*, Ed. Breton Publisher, 1984.
- SUÁREZ, R. y R. MORÍN, *Caña de azúcar y sostenibilidad: Enfoques y experiencias cubanas.*, Ministerio del Azúcar-MINAZ Oficina Nacional de Normalización. Desarrollo Alternativo, AC. DESAL, 2005.
- WEBBER, M.: "Mas alimentos con menos energía", *Scientific American*, enero: 74-79, 2012.

# **ANEXOS**

## Anexos

**Anexo 1** Labores realizadas en la producción de caña de azúcar convencional en la UEB George Washington.

---

Actividad	Equipo	Implemento
Rotura	Belarus 1221	Arado A-10000
Grada	Belarus 1221	Grada 4500 Kg
Cruce	Belarus 1221	Arado A-10000
Grada	Belarus 1221	Grada 4500 Kg
Surque	MTZ 80	C 100
Limpia de surco	MTZ 80	C 101
Fertilización	MTZ 80	F-350
Siembra	MTZ 80	Carreta
Aplicación de preemergente	MTZ 80	Asperjadora
Resiembra	MTZ 80	
Cultivo	MTZ 80	FC-10
Limpia Manual		Guataca
Desorillo	MTZ 80	ADI-3
Aplicación de herb. Hormonal	MTZ 80	Asperjadora
Cultivo con alto despeje	Jumz	Saca BP-206
Herbicida precierre	MTZ 80	Asperjadora
Desorillo	MTZ 80	ADI-3
Desorillo	MTZ 80	ADI-3

---

## Anexo 2 Actividades realizadas en la producción de caña de azúcar orgánica.

Actividad	Equipo	Implemento
Rotura	Belarus 1025	Arado A-10000
Grada	Belarus 1025	Grada 4500 Kg
Cruce	Belarus 1025	Arado A-10000
Grada	Belarus 1025	Grada 4500 Kg
Recruce	Belarus 1025	Arado A-10000
Grada	MTZ 80	grada 2200 kg
Limpia de surco	MTZ 80	C 101
Fertilizacion	MTZ 80	F-350
Siembra	MTZ 80	Carreta
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer
Limpia Manual		Guataca
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer
Desorillo	MTZ 80	ADI-3
Cultivo	MTZ 80	FC-10 con Raquer
Aplicación Enerplan	MTZ 80	Asperj.Integral
Limpia Manual		Guataca
Cultivo	MTZ 80	FC-10
Cultivo	MTZ 80	FC-10
Cultivo	MTZ 80	FC-10
Desorillo	MTZ 80	ADI-3
Cultivo	MTZ 80	FC-10
Limpia Manual		
Aplicación Enerplan	MTZ 80	Asperj.Integral
Cultivo	MTZ 80	FC-10
Cultivo	MTZ 80	FC-10
Cultivo	Alto despeje	FC-10
Limpia Manual		Guataca
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206
Limpia Manual		Guataca
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206
Cultivo	Alto despeje	Saca BP-206

**Anexo 3** Principales agregados en la producción de caña de azúcar.

Tractor	Agregados	Implemento	Labor	Índice de consumo de comb. L/ha
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		ADI-3, AR-3	Rotura.	24
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		Grada 965 kg	2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> grada	10
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		Surcador doble	Surcar	10
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		FC-10	Cultivo	6.9
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		Grada Múltiple	Cultivo	6.9
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		F-350	Fertilización	6.9
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		NH-60	Chapea	8
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		IPTU	Aplicación M.O.	6
Jumz 6K, MTZ 80 y MTZ 82		Carreta	Siembra	5
DT-75, Belarus, CASE, N.H.		Arado 5-7 discos	Rotura.	24
DT-75, Belarus, CASE, N.H.		Arado 5-7 discos	Cruce y recruce	19
DT-75, Belarus, CASE, N.H.		Grada 4500, 1500 kg	1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> grada	15
DT-75, Belarus, CASE, N.H.		Tiller.	1 <sup>er</sup> y 2 <sup>do</sup> mullido	15
DT-75, Belarus, CASE, N.H.		Multiarados	Cultivo	9.8
DT-75, Belarus, CASE, N.H.		Multiarados	Surque	10
Komatsu D-80		Grada 6800 kg	Rotura	22
Komatsu D-80		SP-280	Subsolado	24