

DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA MÁQUINA DE PIVOTE CENTRAL MODELO «AGROCAJA» EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

DETERMINATION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE CENTRAL PIVOT MACHINE MODEL «AGROCAJA» IN THE CULTIVATION OF THE SUGAR CANE

Autores: MSc. Iosvany López Sandin

MSc. Fernando Salvador Herrero Bello

Institución: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba.

Correo electrónico: iosvany@unica.cu

RESUMEN

El siguiente trabajo se realizó en el municipio Ciro Redondo de la provincia Ciego de Ávila, la mayor parte de la producción cañera se realiza bajo sistema de riego por máquina de pivote central, específicamente del modelo AGROCAJA. Se determinó la energía consumida por las máquinas de pivote central eléctricas AGROCAJA en el cultivo de la caña de azúcar, que estableció indicadores de consumo energético. Dentro de los resultados se obtuvo la energía consumida por el sistema, que es de 1380148,22 MJ, estableciéndose los indicadores de consumo de energía, consumo de energía por área y por toneladas de caña cosechada, siendo los mismos de 18906,14 MJ/ha y 189,06 MJ/t respectivamente. De las formas de energía que intervienen en el proceso de riego, la de más alto aporte correspondió a la electricidad, con un valor de consumo de 17441,55 MJ/ha, representando el 92,25 % del total consumido, seguida por el consumo energético en la aplicación del fertiriego con 1345,09 MJ/ha.

Palabras clave: Caña de Azúcar, Energía, Costos Energéticos.

ABSTRACT

The following work was carried out in the town of Ciro Redondo Ciego de Avila province, where most of the sugarcane production is under irrigation system center pivot machine specifically AGROCAJA model. The objective is to determine the energy consumed by the electric center pivot machines AGROCAJA in growing sugar cane, in order to establish indicators of energy consumption. Among the results is the energy consumed by the system, is 1380148,22 MJ, established indicators of energy consumption, energy use per area per ton of harvested cane, being the same as 18906, 14 MJ/ha and 189,06 MJ/t respectively. Of the forms of energy involved in the process of irrigation, higher contribution corresponds to the electricity consumption worth of 17441,55 MJ/ha, accounting for 92,25 % of total consumption, followed by consumption energy in the application of fertigation with 1345,09 MJ/ha.

Keywords: Sugarcane, Energy, Energy Costs.

INTRODUCCIÓN

Actualmente es necesario desarrollar metodologías, herramientas y acciones que traten de optimizar el uso de los recursos energéticos; aunque el riego no requiere tanta energía como la industria o la demanda urbana, los costos de la misma constituyen una de las principales limitantes en su aplicación (Mujica, 2010).

La agricultura es un consumidor y productor de energía, as operaciones agrícolas requieren de ésta, de una forma u otra: el trabajo humano, fuerza animal, fertilizante, combustibles y electricidad. Por lo que el sector agrícola constituye un renglón de vital importancia, ya que es la principal, fuente suministradora de los bienes necesarios para satisfacer una de las necesidades de los seres humanos, la alimentación, además de la materia prima para la industria.

Para que la agricultura de riego permanezca y se fortalezca es imprescindible la implementación de sistemas de riego tecnificado, promover la adopción de técnicas que permitan incrementar la eficiencia en la aplicación del agua, energía y su ahorro así como el mejoramiento de suelo, incrementando la capacidad de retención e

infiltración de agua de lluvia al acuífero, mejorar la cobertura de suelo mediante la recuperación de agostaderos garantizando la infiltración natural del agua al acuífero.

En la última década en Cuba y con vistas a elevar el nivel tecnológico del riego en las empresas y otras formas de producción agrícola, las máquinas de pivote central eléctricas sustentan un peso importante dentro de esas producciones y los reportes anuales del Ministerio de la Agricultura siguen mostrando un avance en lo referente a la electrificación y modernización de esta técnica de riego para el sector cañero; pero a la vez se ha incrementado el consumo energético de los sistemas de impulsión para la distribución de agua y la extracción subterránea en la agricultura.

El regadío ha experimentado en las últimas décadas una notable transformación como consecuencia de la aplicación de tecnologías de distribución del agua a presión, mejorando la gestión de unos recursos hídricos cada vez más limitados. No obstante, fruto de esta transformación, el regadío se ha convertido, junto con la maquinaria agrícola, en el principal consumidor de energía dentro del sector agrario, de forma que el coste energético que supone el funcionamiento de los equipos de bombeo durante la campaña de riego puede suponer para el agricultor un 30 - 40% de los costes totales del cultivo.

Los sistemas de riego a presión necesitan energía para que los emisores realicen un correcto reparto del agua sobre la superficie a regar. Normalmente esta energía hidráulica hay que suministrársele mediante el correspondiente bombeo (Márquez, 2012).

Conocer los factores que ocasionan un mayor consumo energético en los sistemas de riego es muy importante, para establecer estrategias de ahorro energético durante las campañas de riego (Camacho *et al.*, 2010).

Hernanz (2008) agrega que se debe considerar, por la forma en la que interviene en un proceso productivo, dos tipos de energía la de utilización directa e indirecta.

Chamsing *et al.*, (2006) obtuvieron en el análisis del consumo energético para cinco cultivos (arroz, maíz, caña de azúcar, soja y yuca), en tres regiones de Tailandia, que aproximadamente el 62 y 38% de la energía invertida en las operaciones agrícolas se debió a la energía consumida en materiales y la energía física, respectivamente.

La agricultura puede producir en forma de biomasa mucha de la energía que consume. Actualmente la productividad y rentabilidad de la agricultura dependen en alto grado del consumo de energía proveniente de fuentes no renovables Tabatabaeefar *et al.*, (2009), considerando además la optimización en la aplicación de fertilizantes ya que estos representan del 24-43% del total de insumos energéticos.

La caña de azúcar es un cultivo que permanece en el campo durante los 12 meses del año, por consiguiente, requiere la aplicación complementaria de agua, al menos durante el período seco. La demanda de agua del cultivo varía mucho, según su edad y su estado o fase de desarrollo. El suministro de agua mediante la aplicación del riego, debe ajustarse a los requerimientos hídricos de la planta y a los objetivos perseguidos con el cultivo; una mayor producción de azúcar con el menor costo posible.

El objetivo de esta investigación es evaluar la energía consumida por las máquinas de pivote central eléctricas modelo «AGROCAJA» en el cultivo de la caña de azúcar en las áreas de producción cañera del central «Ciro Redondo», aplicando la metodología establecida, que permita el establecimiento de los indicadores de consumo energético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones se realizaron en áreas de producción cañera pertenecientes al CAI Ciro Redondo en la provincia de Ciego de Ávila, con un área bajo riego por pivote de 2056.6 ha, tomándose los datos de consumo de energía para las 24 máquinas AGROCAJA, con vista a determinar su consumo energético, con el propósito de establecer los indicadores de consumo energéticos (Energía consumida/área y Energía consumida/toneladas de caña producida).

Metodología para establecer los gastos energéticos.

Se utilizó la metodología para establecer los gastos energéticos de ejecución de la operación empleada por De las Cuevas *et al.*, (2004) y Álvarez *et al.*, (2008), basadas en las propuestas Bridges y Smith (1979); Hetz and Barrios (1997) y apoyada por los

antecedentes presentados por ASAE (1993), Fluck (1992), Stout (1990) y Paneque (1986). Esta determina los gastos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada (MJ/h), adicionando la energía invertida en los materiales de construcción incluyendo la fabricación y transporte de pesticidas, fertilizantes, combustible, lubricantes, reparaciones/mantenimiento, y la mano de obra necesaria para operar los equipos.

El estudio se llevó a cabo en áreas regadas por máquinas de pivote central eléctricas del modelo AGROCAJA, con una superficie de 2056.6 ha, todas destinadas a la producción de caña de azúcar, para el experimento se empleó el diseño por bloque a lazar, considerando cada máquina como un bloque, donde se tomaron a lazar en 6 de estas, teniendo en consideración que todas presentan las mismas características técnicas y explotativas (Cultivo, área, normas de aplicación de agua, suelo etc.), en cada una de ellas se midió 6 variables (tratamientos):

Consumo de:

- 1- Electricidad (Elect.)
- 2- Materiales de fabricación y transporte (MFT)
- 3- Mantenimiento y reparación (MR)
- 4- Lubricantes (Lub.)
- 5- Mano de obra (MO)
- 6- Fertilizante (Fert.)

La toma de datos se realiza a través del seguimiento del ciclo del cultivo, la cuantificación de los insumos y la producción del mismo, auxiliándonos por la carta tecnológica del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de analizar los datos obtenidos durante el proceso de riego del cultivo de la caña en las diferentes áreas regadas con máquinas de pivote central modelo «AGROCAJA», podemos aceptar que las variables experimentales dependientes vinculadas al consumo de energía (consumo de energía por hectárea y consumo de

energía por toneladas de caña cosechada) están relacionadas con los factores empleados en el ensayo.

Consumo energético

Los valores del consumo de energía se muestran para la labor de riego, asumiéndose toda la energía invertida desde el proceso de construcción de la máquina hasta la energía consumida en mantenimiento/repación, lubricantes, electricidad, semilla/fertilizantes y en la mano de obra, donde posteriormente se compara el consumo energético por tipo de energía.

Energía invertida en el sistema de riego.

Los resultados del balance energético puede observarse en la Tabla 1, donde de las formas de energía que invierten en el proceso de riego del cultivo de la caña de azúcar, es notable que la energía correspondiente al consumo eléctrico, Gráfico 1, es la de mayor valor, representando el 92,25 % del total consumido, ajustándose a otros estudios realizados. Resalta la importancia de la adecuada planificación de los riegos, tratando en la mayor manera posible que se realicen fuera de los horarios picos establecidos por la Unión Nacional Eléctrica (UNE) como altos consumidores de energía, lo que permite disminuir los consumos de energía por área y toneladas de caña cosechada.

Labor	MFT (MJ/ha)	MR (MJ/ha)	Lub. (MJ/ha)	Elect. (MJ/ha)	Fert. (MJ/ha)	MO (MJ/ha)
Riego	1,72	2,21	79,14	17441,55	1345,09	36,43
Total (MJ/ha)	18906,14					
Área (ha)	73					

Total (MJ)	1380148,22
-------------------	-------------------

Tabla 1. Energía invertida (MJ/ha) en la actividad de riego

En el consumo de energía por concepto de lubricantes, hay que destacar que en esta área de estudio está establecida una norma de uso del producto, sin tener en cuenta las necesidades reales de cada máquina luego de la realización periódica de un chequeo y mantenimiento técnico, el cual aporta un consumo de energía, por lo que debe de ser realizado correctamente y con la mayor eficiente posible (Tabla 1). El consumo energético en la aplicación de fertilizante (Gráfico 1), representa un alto porcentaje del consumo total de insumos energéticos, dado principalmente a las elevadas dosis de consumo que son requeridas para el favorable desarrollo de las plantaciones cañeras.

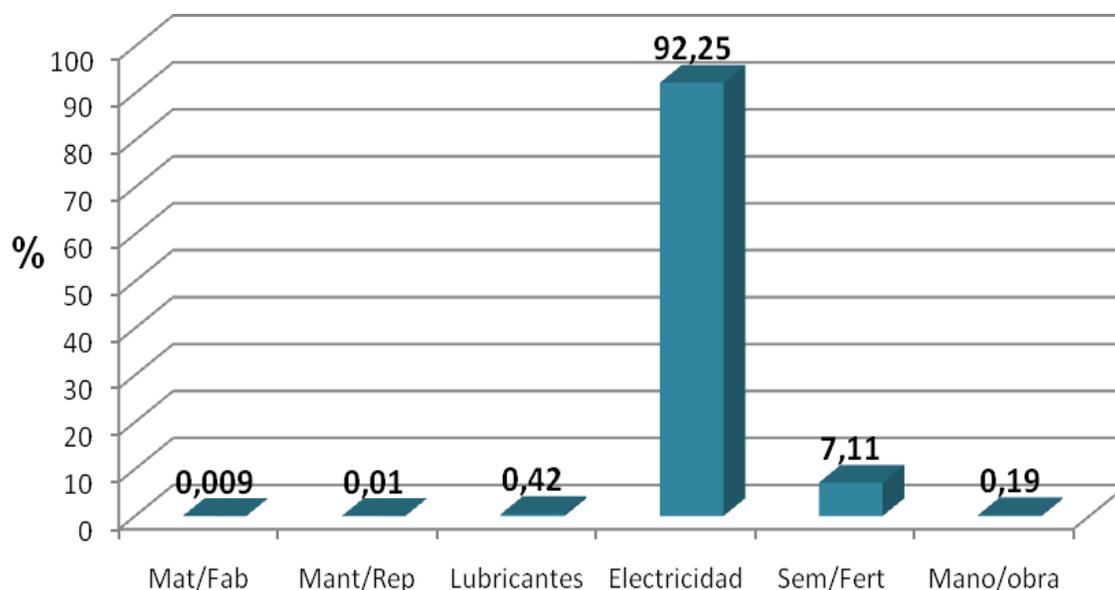


Gráfico 1. Por ciento que representa el consumo de las diferentes formas de energía del proceso de riego.

El valor medio del rendimiento agrícola del cultivo de la caña de azúcar bajo sistemas de riego por máquinas de pivote central AGROCAJA, es de 100 t/ha, valor por encima de los rendimientos obtenido con otros sistemas de riego, como por ejemplo el

sistema de riego tradicional (Riego por gravedad). La productividad energética del cultivo teniendo en cuenta solamente la energía consumida en la actividad de riego es de 189,06 MJ/t de caña cosechada.

En la Tabla 2, se pueden observar los principales costos en que incurre el sistema de riego, con un costo total de 485,72 \$/ha, desglosado en costos de amortización, electricidad, salario y agua, donde el costo por concepto de amortización del sistema, es el de mayor aporte, seguido por costo eléctrico, representando entre ambos 60,99 % del total, dado al alto costo inicial que tiene el sistema y que podrá disminuir con el incremento de los años de explotación. El costo del agua, es bien representativo, y dada la primada importancia de este recurso, es necesario disminuir en la medida de lo posible su consumo.

Parámetros	Costo (\$/ha)	Porcentaje del total (%)
Amortización	158,12	32,5
Costo de Salario	91,1	18,76
Costo de Electricidad	138,37	28,49
Costo de Agua	98,13	20,25
Total	485,72	100

Tabla 2. Costos por hectáreas en el sistema de riego

CONCLUSIONES

El consumo de energía total en el proceso de riego con máquinas de pivote central eléctricas modelo «AGROCAJA» es de 1380148,22 MJ, estableciéndose los indicadores de consumo de energía, consumo de energía por área y por toneladas de caña cosechada, con valores de 18906,14 MJ/ha y 189,06 MJ/t respectivamente.

De las formas de energía que intervienen en el proceso de riego de la caña de azúcar, regada por máquina de pivote central modelo «AGROCAJA», la de más alto aporte corresponde a la electricidad con un consumo de 17441,55 MJ/ha, seguida por la aplicación del fertiriego con 1345,09 MJ/ha. El costo total en el proceso de riego de la caña de azúcar con máquina de pivote central modelo «AGROCAJA», es de 485,72 \$/ha, destacando el costos en amortización del sistema y en electricidad con un valores de 158,12 \$/ha y 138,37 \$/ha respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- AGUA Y ENERGÍA. CAMBIO CLIMÁTICO: *Uso Eficiente de Agua y Energía en la Agricultura de Riego*, El Barzón, México, 2014. Disponible en <http://elbarzon.mx/agua-yenergia/>. Visitado el 28 de marzo del 2014.
- CAMACHO, P.E.; RODRÍGUEZ, A.; MONTESINOS, P. Y CARRILLO, T.: *Ahorro de Energía en el Riego, Catedrático de Hidráulica y Riegos, ETSIAM*, Universidad de Córdoba, España, 2010.
- CHAMSING, A. Y COL.: «Energy Consumption Analysis for Selected Crops in Different Regions of Thailand», *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript, EE 06 013*, Vol. VIII, November, 2006.
- DE LAS CUEVAS MILÁN, H.R., ET AL.: «La labranza conservacionista y sus gastos energéticos». Disponible en <http://revistas.mes.edu.cu:9900/eduniv/03-RevistasCientificas/Rev.Ciencias-Tecnicas-Agropecuarias/2004/2/11104207.pdf>. Visitado el 4 de diciembre del 2012.
- HERNANZ, J.L.: *Eficiencia energética en Agricultura de Conservación en zonas semiáridas*, p.14, Universidad Politécnica de Madrid, Dpto. Ingeniería Forestal, España, 2008.

MÁRQUEZ FONSECA, L.: *Ahorrar combustible (I)*". Disponible en <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinámicas/secciones/artículos>.

Visitado el 10 de enero del 2012.

MUJICA, A.: *Ingeniería de riego (apuntes de un libro)*, Universidad Ciego de Ávila, Cuba, 2010.

TABATABACEFAR, A. Y ET AL.: «Comparison of energy of tillage Systems in wheat production», en *Energy*, Vol. 34, pp. 41-45, 2009.