

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

ARTÍCULO ORIGINAL



<http://opn.to/a/TnHUz>

Labranza convencional y de conservación en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L) Merrill)

Conventional and Conservation Tillage in Soybean Cropping (Glycine max (L) Merrill)

MSc. Nacib Barboza^I, Dr.C. Pablo Hernández-Alfonso^{II}, Dr.C. Pedro Paneque-Rondón^{III},
MSc. María Victoria Gómez-Águila^{III}, Dr.C. Alexander Miranda-Caballero^{IV}

^I Universidad Politécnica Territorial “José A. Anzoátegui”, El Tigre, Edo. Anzoátegui, Venezuela.

^{II} Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III} Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. México, México.

^{IV} Instituto nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. El objetivo de la investigación fue comparar el costo energético y gastos de explotación de las principales operaciones agrícolas mecanizadas en el cultivo de la soya, haciendo énfasis en las operaciones de labranza/siembra y cuantificar su posible ahorro utilizando el sistema de conservación, con relación al sistema convencional en la mesa de Guanipa del estado Anzoátegui, Venezuela, partiendo de la hipótesis de que es posible reducir el costo energético en más de un 10% en la explotación de la maquinaria agrícola en dichas labores en Los Riecitos, Municipio Freites, Estado Anzoátegui. Fue utilizado en el diseño experimental un análisis de varianza para la determinación de la existencia de diferencias significativas o no entre las medias poblacionales de cada variable y los tratamientos aplicados. Para la determinación de los costos energéticos y de explotación se utilizó el programa “Costos Energéticos y de Explotación (CEE)”. En cada unidad experimental fueron estudiadas densidad aparente, humedad y resistencia del suelo, así como consumo de combustible y costo energético. Se concluye que no existen diferencias significativas en la densidad aparente, humedad, resistencia del suelo. En las profundidades estudiadas las características físico-mecánicas de los suelos de las parcelas ensayadas no interfieren en la aplicación de los tratamientos. El sistema con menos costo energético, gastos de explotación y consumo de combustible en porcentaje fue el de conservación (88,19% y 89,21% respectivamente). La tecnología empleada en el sistema de conservación significó un ahorro de mano de obra, al invertir menos tiempo (4 h·ha⁻¹) de uso de la maquinaria.

Palabras clave: siembra directa, cobertura, operaciones mecanizadas.

ABSTRACT. The objective of the research was to compare the energy cost and operating expenses of the main mechanized agricultural operations in soybean cropping, emphasizing the tillage / sowing operations and quantifying their possible savings using the conservation system, in relation to the conventional system in the plateau of Guanipa, state Anzoátegui, Venezuela, based on the hypothesis that it is possible in Los Riecitos, Municipality Freites, state Anzoátegui, to reduce in these works the energy cost in more than 10% in the exploitation of agricultural machinery. It was used in the experimental design an analysis of variance for the determination if there are or not significant differences between the population means of each variable and the treatments applied. For the determination of energy and exploitation costs was used the program “Energy and Exploitation Costs (CEE)”. In each experimental unit were studied apparent density, humidity and soil resistance and also fuel consumption and energy cost. It is concluded that in the depths studied the physic-mechanical characteristics of the soils of the plots tested do not interfere in the application of the treatments. The system with the lowest energy cost, operating expenses and fuel consumption as a percentage was conservation (88.19% and 89.21% respectively). The technology used in the conservation system meant a saving of labor, by investing less time (4 h·ha⁻¹) of use of the machinery.

Keywords: no-till farming, coverage, mechanized operations.

*Autor para correspondencia: Pedro Paneque Rondón, e-mail: panequerondon1940@gmail.com

Recibido: 13/11/2017.

Aprobado: 31/05/2019.

INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycine max* (L) Merrill) es la oleaginosa que más se cultiva en el mundo desde el punto de vista de la superficie destinada al cultivo y del volumen de su producción. Sin embargo, pese a la gran importancia que este producto representa en el mercado mundial, la producción se concentra principalmente en cuatro países (Estados Unidos, Brasil, Argentina y China) los cuales producen casi el 90% del total mundial (Barrera y Pacheco, 2013).

En Venezuela se consume al año el equivalente a más de un millón de toneladas de grano de soya, tal cantidad es casi totalmente importada en la actualidad, dichas importaciones son realizadas mayoritariamente como torta o harina desgrasada de soya para la elaboración de raciones de alimentos concentrados para animales (Solórzano *et al.*, 2005).

La región conocida como la Mesa de Guanipa, comprende una vasta región de los llanos orientales de Venezuela en la cual se han evaluado desde hace varias décadas el cultivo de soya, con la introducción de materiales como variedades comerciales, semicomerciales y líneas experimentales avanzadas provenientes de programas nacionales y foráneos, sembradas por organismos oficiales, empresas privadas y productores; la información proveniente de estas siembras y los estudios edafoclimáticos en relación con el cultivo han señalado varias zonas de la región definidas desde el punto de vista de manejo agronómico y de producción como comprobadas en relación con su adaptación y comportamiento (Caraballo de Silva, 1990).

La producción de oleaginosas es un tema crucial de la dependencia alimentaria. Por lo tanto, apremian esfuerzos dentro del subsector para recuperar y fortalecer las instituciones y cultivos que faciliten la participación tecnológica y beneficien la producción nacional (Solórzano, 1991).

La tecnología brasileña de labranza cero ha surgido como respuesta de los agricultores a sus propios deseos, y a los de la sociedad, de alcanzar el desarrollo económico y aliviar la pobreza en combinación con un manejo sostenible y cada vez más comunitario de los recursos de la nación. Ciertamente esta tecnología es la mejor alternativa actual para alcanzar estas metas en los trópicos húmedos y subhúmedos, pero se requiere un mayor desarrollo en los trópicos áridos y semiaridos, donde el pastoreo y las lluvias irregulares son grandes obstáculos para conservar la cobertura de los suelos (Derpsch, 2003).

El principio básico de la labranza cero es la de intervenir lo menos posible en el suelo, manteniéndolo lo más protegido posible a lo largo todo el año (Dos Reis *et al.*, 2003).

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 (Paneque *et al.*, 2002).

Varias investigaciones han establecidos que el costo energético por concepto de combustible y máquinas representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (Paneque *et al.*, 2002). Es así como Fluck (1981), calculó que un tractor del tipo 75 kW tiene un costo energético aproximado de 1 060 MJ·h⁻¹ del cual el 77% corresponde a combustible.

Por lo anteriormente señalado, se desarrolló esta investigación cuyo objetivo fundamental fue comparar el costo energético y gastos de explotación de las principales operaciones agrícolas mecanizadas en el cultivo de la soya, haciendo énfasis en las operaciones de labranza/siembra y cuantificar su posible ahorro utilizando el sistema de conservación, con relación al sistema convencional en la Mesa de Guanipa del estado de Anzoátegui, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el ciclo Norte Verano 2014-2015 con sistema de riego con pivote central, entre septiembre-enero, en el complejo agroindustrial Los Riecitos, San Tomé, Parroquia Cantaura, Municipio Freites del estado Anzoátegui, Venezuela, el área experimental se caracteriza por un régimen de precipitación media anual de 1100 mm y temperatura media 27°C y 256 msnm, humedad relativa de 77,3% en la época lluviosa y 64,1% en la época seca.

Caracterización de las parcelas y el diseño experimental

Cada parcela experimental ocupó un área de 1000 m², siendo 20 m de ancho y 50 m de longitud, separadas por calles de 4 m de ancho. En sus extremos longitudinales por corredores de 10 m, para las maniobras y estabilización de la velocidad de los conjuntos agrícolas, estudiando en las mismas el comportamiento de la densidad aparente, humedad y resistencia del suelo; consumo de combustible y costo energético de dos sistemas de labranza y siembra para soya.

Caracterización de los suelos

Los suelos de la zona son conocidos como sabanas de Trachypogon y están taxonómicamente clasificados como Ultisoles y Alfisoles, se caracterizan por alto contenido de arena de hasta un 80%, altamente drenados, baja fertilidad, pH ácido que oscila entre 4,5 y 5,5, notablemente con deficiencia de fósforo por su alta fijación. Por lo cual requiere de un alto manejo agronómico para mejor estas limitaciones y elevar su capacidad de uso. Fue realizada la caracterización del suelo, determinándose: humedad, densidad aparente y resistencia a la penetración de 0 a 30 cm (Marcano y Ohep, 1987; Marcano *et al.*, 1994).

Preparación de las muestras de suelo

Para la preparación de las muestras de suelos se utilizaron, machete, estacas, palín, espátula, bolsa plástica, papel aluminio, papel bond, lápiz, bolígrafo, marcador, tirro, regla, cinta métrica y navaja. (Figura 1).

Se procedió a seleccionar los puntos clave para la toma de muestra dividiendo las parcelas a través de método de diagonales y considerándose cinco demarcaciones claves por parcela, dos en el norte, dos en la parte sur y una en el centro, cada hoyo que se abrió con un diámetro de 30 cm y se tomó muestra de las paredes hasta una profundidad de 20 cm para determinar fertilidad y a esa misma profundidad se utilizó el

método del cilindro (Uhland) en la obtención de muestras de suelos para determinar la densidad aparente y se colocaron en bolsas plásticas con promedio de un kg (1 kg) con su respectiva identificación, se tomaron muestras a 20 cm y 30 cm para determinar la humedad gravimétrica y colocadas en papel aluminio para su respectivo análisis en la estufa

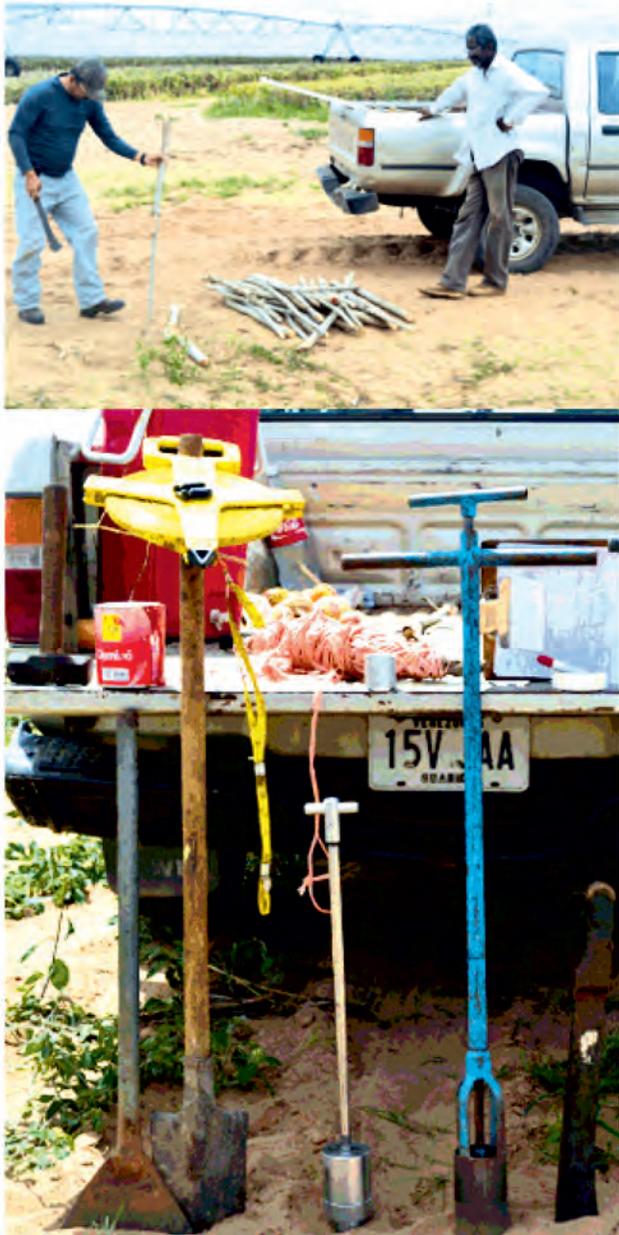


FIGURA 1. Algunos de los materiales e instrumentos utilizados para la preparación de las muestras del suelo (Fotos de los autores).

Determinación de la humedad del suelo

Las muestras se recogieron en papel de aluminio y se llevaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Politécnica Territorial “José A. Anzoátegui (UPTJAA), para ser pesadas en una balanza electrónica con 0,001 g de precisión. Se procedió a pesar todas las muestras y determinar el peso del papel + suelo húmedo y se colocaron para su secado 24 h en una estufa

eléctrica modelo Memmert a 110°C. Luego se dejaron reposar para volver a pesar y conocer los datos del peso del papel de aluminio + suelo seco (NC 67: 2000, 2000). Posteriormente se hicieron las correcciones tomando en cuenta el peso del papel de aluminio, realizándose los cálculos de la humedad a través de la siguiente expresión 1:

$$H = \frac{M_{shum} - M_{sseco}}{M_{sseco}} \quad (1)$$

donde:

M_{shum} y M_{sseco}

y -son las masas de suelo húmedo y seco, respectivamente.

Resistencia a la penetración

Para determinar la resistencia a la penetración del suelo del área experimental se utilizó un penetrómetro dinámico de cono, que consta de una masa de impacto de 2,3 kg y distancia de caída libre de 0,6 m. Las lecturas del número de golpes por profundidad a intervalos de 5 cm se registraron en los mismos puntos de muestreo anteriores, siendo la máxima profundidad explorada dependiente de las particularidades del suelo del punto en cuestión (Fontanetto y Keller, 1998). Los valores obtenidos fueron traducidas a valores de RP mediante la formulación de Scala (1956) citado por Stout (1990), como se describe en la expresión 2.

$$RP = \frac{M}{(M + m)} \frac{Mgh}{Ax} + (M + m) \frac{g}{A} \quad (2)$$

donde:

A- área de la base del cono;

g- aceleración de la gravedad;

h –altura de caída;

M-masa de impacto;

m-masa del penetrómetro sin considerar M;

x-distancia de penetración.

Determinación de la densidad aparente del suelo

Para determinar la densidad aparente del suelo se utilizó el método de cilindro Uhland utilizando cinco cilindros por parcelas para extraer las muestras del suelo, a cada cilindro se le midió la longitud y el diámetro interior, utilizando un pie de rey (Vernier). Para determinar el volumen, las muestras se tomaron en los 10 puntos elegidos, colocadas en papel de aluminio, pesadas y llevadas a una estufa a 110 °C por 24 horas, para así determinar el peso del suelo. El procedimiento para la toma de muestra se calculó por la ecuación 3.

$$D_a = \frac{M_{ss}}{V_c} \quad (3)$$

donde:

D_a -densidad aparente del suelo, g/cm³;

M_{ss} -masa de suelo seco, g;

V_c -volumen del cilindro, cm³.

Determinación de los rendimientos del cultivo por cada tratamiento

Para el caso del rendimiento se realizó el muestreo por plantas pesándose el total de semillas obtenido en cada una de las cinco muestras de los tratamientos denominados: Sistema Convencional (SC) y Sistema de Conservación (SDC).

Caracterización de las máquinas

Fue utilizado como fuente energética en las pruebas experimentales un tractor Massey Ferguson, modelo 680 4x4, 6 000 kg, y 292 4x2 TDA con potencia máxima de 48 kW (65 cv) en el motor a 2 000 rpm y masa de 3 150 kg.

Los implementos y máquinas utilizados en la conducción del experimento fueron los siguientes:

- Rastra (Grada) Rota Agro de 36 discos, 18 dentados al frente y 18 de bordes lisos en la parte trasera y 1 800 kg de masa.
- Pulverizador de barra, Jacto de 2000 L de capacidad y 850 kg de masa y ancho de trabajo de 14 m.
- Sembradora Vence Tudo SA 14600 A, de 6 líneas para granos con masa de 1 300 kg.
- Trompo Vicon para aplicación de fertilizante granulado y masa de 130 kg.
- Cosechadora Massey Ferguson, modelo 5680 con masa de 8 060 kg.

Costos energéticos y de explotación en los conjuntos agrícolas

Para la determinación de los costos energéticos y de explotación se estudiaron los trabajos de varios especialistas, entre ellos los de Paneque *et al.* (2002); Fluck (1981); Frisby y Summers (1979); Collins *et al.* (1981); Summers *et al.* (1986) y Hetz (1998) y se utilizaron diferentes metodologías, estando entre los autores (Burhan *et al.*, 2004; Meul *et al.*, 2007 y Fumagalli *et al.*, 2011; Moham-madhossein *et al.*, 2012). Se utilizó el programa de computación "Costos Energéticos y de Explotación (CEE)" el cual es un sistema automatizado elaborado en el CEMA, Universidad Agraria de La Habana, por De las Cuevas *et al.* (2009), este sistema permitió el análisis de los datos primarios de las observaciones, así como la determinación de los costos mencionados anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del área experimental

El área experimental está ubicada en el complejo agroindustrial Los Riecos, San Tomé, Parroquia Cantaura, Municipio Freites del Estado Anzoátegui, Venezuela. Se utilizó el Pivote 4 ubicado en los 8° 58'00" de latitud norte y los 64° 31'60" de longitud oeste. Según consta en el informe oficial emitido por el INIA de Anzoátegui sobre el análisis de suelo, la textura del mismo es arenoso, con un 88% de arena, 8% de limo y 4% de arcilla (MAT, 2012).

Humedad

La variable estudiada se midió para cada tratamiento a dos profundidades diferentes, hasta 20 cm y de 20 a 30 cm,

obteniéndose por parcela 5 muestras por profundidad.

Para el tratamiento sistema convencional (SC) se obtuvo que la humedad media hasta 20 cm de profundidad fue de 2,52% en un rango que va desde 1,16 a 3,88% con un coeficiente de variación de 43,42%. En el caso del sistema de conservación (SDC) se obtuvo una media de 4,26% en un rango que va desde 0,8 hasta 13,69% siendo más variable el sistema de conservación, con un coeficiente de variación de 125,61%, debido principalmente a que en el sistema de conservación el rastreo o cobertura de paja protege al suelo contra los rayos solares y el calentamiento del día, manteniendo el porcentaje de humedad más elevado en este sistema.

Densidad aparente

El análisis estadístico para los dos tratamientos en los sistemas de siembra convencional y de conservación, indica que el valor medio de la densidad aparente de la parcela en la cual se le aplicó el tratamiento 1 es de 1,48 g/cm³ y en la que se aplicó el tratamiento 2 se obtuvo un valor medio de 1,53 g/cm³. Los resultados del análisis de varianza permiten determinar que la densidad aparente (Da), no afectó el comportamiento de los dos sistemas de siembra, ya que se demuestra que no hay diferencia estadísticamente significativa, según el P- valor de 0,73 que es superior a 0,05. Por lo tanto, se puede afirmar que la selección de las dos parcelas en estudio garantiza homogeneidad respecto a la variable estudiada.

Resistencia a la penetración

El análisis estadístico de los resultados que se realizó para determinar la existencia de diferencias significativas entre las medias de la RP medida en los 5 intervalos de profundidades para cada tratamiento se obtuvieron un total de 25 observaciones por parcela o tratamiento.

Al comparar los resultados de la resistencia a la penetración a los 10 cm, el valor medio expresado en MPa en el tratamiento siembra directa o sistema de conservación SDC10 (1,488) supera al valor medio de la resistencia a la penetración en la siembra convencional SC10 (1,22) en 0,268 MPa; de igual manera tanto el valor mínimo (1,15) como el máximo (1,99) son superiores a los de SC10 (0,14) y (1,66) y el coeficiente de variación con SDC10 22,59% es menor que 55,05% correspondiente a SC10.

Para las siguientes profundidades 15, 20, 25, los valores de la media RP para siembra convencional siempre superan los valores de la siembra directa hasta 25 cm, ya que en la profundidad final de 30 cm descienden los valores de ambos tratamientos pero la de SC30 cae de (4,18) a (3,50) es decir 0,68 MPa, mientras que el SDC30 se reduce de (4,078 a 3,742) es decir 0,335 MPa.

En cuanto a los valores máximo y mínimo se incrementan con la profundidad en ambos tratamientos hasta la profundidad de 30 cm en donde se registran los valores extremos 0,14 y 4,85 MPa.

Para la profundidad de 30 cm, al igual que a los 10 cm la media SDC supera a la SC, en este caso SDC30 (3,742) supera al tratamiento de SC30 (3,50) en 0,336 MPa aun cuando los

valores máximos y mínimos para cada tratamiento fueron iguales en valor (0,14 y 4,85).

Análisis del rendimiento obtenido por cada tratamiento

Para el caso del rendimiento se realizó el muestreo por plantas pesándose el total de semillas obtenido en cada una de las 5 muestras de cada tratamiento SC y SDC. El resultado se observa en la Tabla 1. De igual forma también se aprecia el comportamiento de los valores mínimos y máximos de esos rendimientos por plantas, siendo ligeramente inferior el valor mínimo del rendimiento en el tratamiento SDC con respecto al SC.

Según la Tabla 2 se puede concluir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos obtenidos con el tratamiento SC y SDC cuyos valores medios son 16,76 y 17,04 g por plantas respectivamente.

TABLA 1. Resumen Estadístico del Rendimiento, g

Tratamientos	SC	SDC	Total
Frecuencia	5	5	10
Media g	16,76	17,04	16,9
Varianza	0,533	0,60	0,52
Desviación típica	0,73	0,77	0,72
Mínimo g	16	15,8	15,8
Máximo g	17,8	17,8	17,8
Coef. de variación%	4,36	4,58	4,30

TABLA 2. Análisis de varianza para el rendimiento medido por muestras, g

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,196	1	0,196	0,34	0,5739
Intra grupos	4,564	8	0,5705		
Total (Corr.)	4,76	9			

El comportamiento de los rendimientos totales para el tratamiento SC según la estimación por muestra fue 144 kg equivalente a 1440 kg/ha mientras que la cosecha real fue de 110 kg equivalente a 1100 kg/ha.

Para el tratamiento SDC el comportamiento de los rendimientos totales fue 169 kg equivalente a 1690 kg/ha mientras que la cosecha real fue de 186 kg equivalente a 1860 kg/ha cuya diferencia entre estimado y real pudo estar influenciado por la estandarización de la muestra.

Del análisis estadístico de los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Las características físico mecánicas del suelos de las parcelas ensayadas no interfieren en la aplicación de los tratamiento SC y SDC.
- Los rendimientos obtenidos bajo los dos tratamientos no difieren entre sí, lo que está dado por la calidad de la semilla que tuvo un 80% de germinación, las características de emergencia del cultivo en estudio y su área foliar que garantizó el control de la maleza en el tratamiento SDC.

Costo energético y gastos de explotación

Costo energético

En los análisis de varianza del comportamiento del costo energético, principal objetivo de este trabajo, de acuerdo con la prueba F, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de los dos sistemas de labranza y siembra en estudio ($P < 0,000$). El coeficiente de variación fue 0,005%, indicando una óptima precisión experimental. Las comparaciones entre las medias se muestran en la Tabla 3.

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, se aprecia que los costos energéticos de ambos sistemas, difieren uno del otro, debido principalmente a que no se realizaron labores primarias (pase de rastra) en el sistema de conservación.

El sistema de conservación tiene un costo energético menor al costo del sistema convencional, por lo anteriormente explicado. Los resultados del costo energético de los dos sistemas en estudio se aprecian en la Tabla 3.

Los costos energéticos totales del sistema convencional fueron mayores. El sistema de conservación ocasiona un costo energético total de 13 650,11 MJ·ha⁻¹, que corresponde al 88,19% del costo del sistema convencional, ahorrando 1 826,57 MJ·ha⁻¹. La energía correspondiente al combustible utilizado ascendió a 6 560,26 MJ·ha⁻¹ para el sistema convencional y a 1 381,43 MJ·ha⁻¹ para el sistema de conservación, que equivalen a 137,24 L·ha⁻¹ y 28,9 L·ha⁻¹ respectivamente, en este último sistema se ahorran 108 L de combustible gasoil por cada ha trabajada, equivalentes al 21% de ahorro de combustible. Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Stout (1990); ASAE (1993) y Hetz y Barrios (1997). En las labores culturales (riegos, deshierbes y fertilización) no existieron diferencias significativas de costos energéticos. El costo energético en ambos sistemas resultó semejante. De acuerdo con los resultados obtenidos, los mayores costos energéticos correspondieron a la labor de pulverización en el sistema de conservación (11 131,46 MJ·ha⁻¹), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Paneque et al. (2016) y a los reportados por Paneque y Soto (2007). Esto es debido a que no se realizaron labores primarias (pase de rastra) en este sistema.

La tecnología empleada en el sistema de conservación significó un ahorro de mano de obra, al invertir menos tiempo (4 h·ha⁻¹) de utilización de la maquinaria y un incremento en la eficiencia de la misma.

TABLA 3. Costo energético (MJ·ha⁻¹) de dos sistemas de labranza convencional y de conservación para la soya

Operaciones	Sistema convencional	Sistema de conservación
Rastreo	4 439,57	-
Siembra	943,62	943,62
Pulverización	8 656,49	11 269,49

Operaciones	Sistema convencional	Sistema de conservación
Labores culturales	1 273,00	1 273,00
Cosecha	164,00	164,00
Total	15 476,68	13 650,11
Porcentaje del total	100	88,19

Gastos de explotación

Los gastos totales de explotación en las labores realizadas, fueron más bajos en el sistema de conservación que en el sistema convencional. Se contabilizó una diferencia de 222,12 Bs·ha⁻¹. El menor gasto total del sistema de conservación, es debido a la disminución de la preparación del suelo (Tabla 4).

TABLA 4. Gastos de explotación (Bs·ha⁻¹) de dos sistemas de labranza convencional y de conservación para la Soya

Operaciones	Sistema convencional	Sistema de conservación
Rastreo	222,83	-
Siembra	805,73	805,73
Pulverización	587,10	587,10
Labores culturales	195,94	196,65
Cosecha	200,00	200,00
Total	2 011,60	1 789,48
Porcentaje del total	100	89

Los resultados concuerdan con lo establecido por Frisby y Summers (1979); Collins *et al.* (1981); Summers *et al.* (1986) y Hetz (1998). Dichos autores señalan que la diferencia se origina principalmente en la cantidad de suelo removido y el roce que se produce con cada uno de los implementos de labranza. En el sistema de conservación se realizó una operación menos (pase de rastra) en comparación con el sistema convencional, lo cual significó el 76% de ahorro en los gastos totales y 44% de ahorro en tiempo de trabajo.

A todo esto deben sumarse los innumerables beneficios inherentes a la labranza de conservación, las que pueden resumirse en una menor degradación de los suelos y del medio

ambiente según FAO/INTA (1992). En este sentido Derpsch *et al.* (1986), plantean que “la labranza cero” puede representar una reducción entre 64 y 74% del consumo de combustible gasoil, que este sistema es una garantía para una agricultura sustentable, de bajo costo y perenne.

CONCLUSIONES

- Los valores de humedad promedio expresada en porcentaje a la profundidad entre 20 y 30 cm es mayor que la humedad promedio la profundidad de 0 a 20 cm en la parcela a la cual se aplicó el sistema convencional.
- La densidad aparente media de 1,488 y 1,538 g/cm³ respectivamente para los tratamientos 1 y 2 obtenidos no provocan interferencia en la aplicación de los tratamientos entre parcelas.
- Entre ambas parcelas para la resistencia a la penetración no hay diferencia estadísticamente significativa ya que todos los p valor son superiores a 0,05 según el análisis de varianza, desde la profundidad de 10 a 30 cm, con un 95% de confiabilidad en los tratamientos aplicados.
- Los rendimientos obtenidos bajo los dos tratamientos no difieren entre sí, lo que está dado por la calidad de la semilla que tuvo un 80% de germinación, las características de emergencia del cultivo en estudio y su área foliar que garantizó el control de la maleza en el tratamiento SDC.
- El sistema que menos combustible consumió fue el de conservación, con un valor medio de 28,9 L·ha⁻¹, con respecto al sistema de labranza convencional, cuyo valor medio fue de 137,24 L·ha⁻¹.
- La tecnología empleada en el sistema de conservación significó un ahorro de mano de obra, al invertir menos tiempo (4 h·ha⁻¹) de utilización de la maquinaria, un incremento en la eficiencia de la misma y un menor gasto energético total, que representó un 89% respecto al sistema convencional, ahorrando 3 400,40 MJ ha⁻¹ por lo que es factible ahorrar 108 L·ha⁻¹ de gasoil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE: *Agricultural engineers yearbook of standards*, [en línea], Inst. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, USA, 1993, Disponible en: <https://catalog.hathitrust.org/Record/009533406>, [Consulta: 29 de septiembre de 2016].
- BARRERA, H.M.; PACHECO, S.: “Planeación participativa como una alternativa de desarrollo”, *Ciencia y Agricultura*, 10(2): 29-36, 2013, ISSN: 2539-0899.
- BURHAN, O.; KURKLU, A.; AKCAOZ, H.: “An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey”, *Biomass and Bioenergy*, 26: 89-95, 2004, ISSN: 0961-9534, E-ISSN-1873-2909, DOI: 10.1016/S0961-9534(03)00080-1.
- CARABALLO DE SILVA, L.: “Evaluación de tres líneas de soya sembradas bajo riego en suelo arenoso de la Mesa de Guanipa-Venezuela”, *Agronomía Tropical Serie Edafológica*, ser. Aniversario 40, 40(1-3): 139-149, 1990.
- COLLINS, N.E.; WILLIAMS, T.H.; KEMBLE, L.J.: *Measured machine energy requirements for grain production systems*, [en línea], Inst. ASAE Publ., USA, 4-81 p., 1981, Disponible en: <https://www.osti.gov/scitech/biblio/6511154>, [Consulta: 23 de junio de 2017].
- DE LAS CUEVAS, M.H.; RODRÍGUEZ, T.; PANEQUE, P.; HERRERA, M.: “Software para la determinación de los costos energéticos y de explotación de las máquinas agrícolas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2): 78-84, 2009, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- DERPSCH, R.: “Conservation tillage, no-tillage and related technologies”, En: *Conservation Agriculture*, Ed. Editorial Springer, Brasil, pp. 181-190, 2003.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C.H.: “Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil”, *Soil and tillage research*, 8: 253-263, 1986, ISSN: 0167-1987.

- DOS REIS, F.E.; DA CUNHA, P.J.A.R.; FERNANDES, H.C.; PANEQUE, R.P.: "Influencia de mecanismos rompedores de solo no desempenho de una sembradora-adubadora de plantio direto", *Revista Ciências Técnicas Agropecuárias*, 12(4): 1-5, 2003, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- FAO/INTA: "Manual de sistemas de labranza para América Latina", *Boletín de Suelos de la FAO*, (66), 1992.
- FLUCK, C.R.: "Net energy sequestered in agricultural labor", *Transactions of the ASAE*, 24(6): 1449-1455, 1981, ISSN: 2151-0032, e-ISSN: 2151-0040.
- FONTANETTO, H.; KELLER, O.: *Efecto de las labranzas sobre propiedades del suelo y los rendimientos, [en línea]*, Inst. INTA, Argentina, 1998, Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/productores_97-98/Indice.htm, [Consulta: 10 de junio de 2018].
- FRISBY, J.C.; SUMMERS, J.D.: "Energy-Related Data for Selected Implements", *Transactions of the ASAE*, 22(5): 1010-1011, 1979, ISSN: 2151-0059, DOI: 10.13031/2013.35145.
- FUMAGALLI, M.; ACUTIS, M.; MAZZETTO, F.; VIDOTTO, F.; SALI, G.; BECHINI, L.: "An analysis of agricultural sustainability of cropping systems in arable and dairy farms in an intensively cultivated plain", *European Journal of Agronomy*, 34(2): 71-82, 2011, ISSN: 1161-0301, DOI: 10.1016/j.eja.2010.11.001.
- HETZ, E.J.: "Energy utilization in fruit production in Chile", *Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America*, 29(2): 17-20, 1998, ISSN: 0084-5841.
- HETZ, J.E.; BARRIOS, A.I.: "Energy cost of the most common mechanized agricultural operations in Chile", *Agro Sur (Chile)*, 1997, ISSN: 0304-8802.
- MARCANO, F.R.; OHEP, C.A.: "Efecto de la labranza, fuente y dosis de nitrógeno sobre algunas características físicas del suelo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*)", En: *X Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*, Maracaibo, Venezuela, p. 26, 1987.
- MARCANO, F.R.; OHEP, C.A.; FRANCISCO, D.: "Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz (*Zea mays L.*)", *Agronomía Trop.*, 44(1): 5-22, 1994.
- MAT: *El cultivo de la soya en la Mesa de Guanipa*, Ed. INDER/INIA Publicación Técnica, 2da Edición, Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MAT) ed., Caracas Venezuela, 367 p., 2012, ISBN: 978-980-318-243-4.
- MEUL, M.; NEVENS, F.; REHEUL, D.; HOFMAN, G.: "Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(1-2): 135-144, 2007, ISSN: 0167-8809, E-ISSN: 1873-2305.
- MOHAMMADHOSSEIN, R.; WAISMORADI, A.; HOSHANG, R.: "Energy Efficiency of Different Tillage Systems in Forage Corn Production", *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(22): 1644-1652, 2012, ISSN: 0120-6230.
- NC 67: 2000: *Geotecnia. Determinación del contenido de humedad de los suelos y rocas en el laboratorio*, Inst. Oficina Nacional de Normatización: Máquinas Agrícolas y Forestales, (Sust. a las NC 54-236:83 y NC 54-353:86), La Habana, Cuba, 2000.
- PANEQUE, R.P.; FERNANDES, H.C.; DONIZETTE, de O.A.: "Comparación de cuatro sistemas de labranza/siembra en relación con su costo energético", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(2): 1-6, 2002, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- PANEQUE, R.P.; SOTO, L.D.: "Costo energético de las labores de preparación de suelo en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4): 17-21, 2007, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- PANEQUE, R.P.; TAYUPE, Z.J.R.; HERNÁNDEZ, A.P.; GÓMEZ, A.M.V.; DE LAS CUEVAS, M.H.: "Labranza convencional y de conservación en el cultivo del frijol bayo Tuy (*Vigna unguiculata L.*)", *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(2): 20-25, 2016, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- SOLÓRZANO, P.R.: *La soya: su producción en Venezuela*, Ed. Publicaciones Técnicas Protinal, Caracas, Venezuela, 189 p., 1991.
- SOLÓRZANO, P.R.; MUÑOZ, J.; GAMBOA, M.: *El cultivo de la soya en Venezuela*, Agroisleña ed., Caracas, Venezuela, 360 p., 2005.
- STOUT, A.B.: *Handbook of energy for world agriculture*, Ed. Elsevier Science Publishers, London, 504 p., 1990, ISBN: 978-1-85166-349-1.
- SUMMERS, J.D.; KHALILIAN, A.; BATCHELDER, D.G.: "Draft Relationships for Primary Tillage in Oklahoma Soils", *Transactions of the ASAE*, 29(1): 37-39, 1986, ISSN: 2151-0059, DOI: 10.13031/2013.30097.

Nacib Barboza, Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, El Tigre, Edo. Anzoátegui, Venezuela, e-mail: nacibarboza@yahoo.es
Pablo Hernández-Alfonso, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: phernand@unah.edu.cu

Pedro Paneque-Rondón, Profesor e Investigador Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: panequerondon1940@gmail.com

María Victoria Gómez-Águila, Profesora Titular, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. México, México, e-mail: mvaguila@hotmail.com

Alexander Miranda-Caballero, Investigador Titular, Director del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: alex@inca.edu.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.