

Desempeño operacional del conjunto tractor-sembradora de frijol en sistemas de labranza y escalones de velocidad



<http://opn.to/a/VQ1fr>

Operational performance of seeder beans tractor set in two tillage systems and two speed steps

M.Sc. Yarina M. Trujillo Rodríguez^{I✉}, Dr. Haroldo Carlos Fernandes^{II}, Dr. Claudio Pérez Olmos^I,
Dr. José E. de Souza Carneiro^{III}

^I Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Mecánica Aplicada, Ciego de Ávila, Cuba.

^{II} Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa-Minas Gerais, Brasil.

^{III} Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Fitotecnia, Viçosa-Minas Gerais, Brasil.

RESUMEN. Se objetivó con el presente, evaluar el desempeño operacional del conjunto tractor sembradora de frijol considerando dos sistemas de labranza y dos escalones de velocidad. El experimento se desarrolló en el área experimental de Agronomía- Aeropuerto de la Universidad Federal de Viçosa, localizada en Viçosa-MG. Se implantaron dos sistemas de labranza del suelo: convencional y mínimo, en un diseño experimental de parcelas subdivididas, con dos marchas de trabajo del tractor y cuatro repeticiones, totalizando 16 parcelas experimentales. Se determinó el índice de velocidad de emergencia, el consumo de combustible horario, y por hectárea, la fuerza y potencia de tracción y la energía consumida en $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, en la siembra mecanizada; los resultados procesados en el paquete estadístico SPSS Statistics 21, mediante un análisis de varianza, no reportaron diferencias significativas en el índice de velocidad de emergencia de las plantas por sistema de labranza y permitieron recomendar el uso de la marcha B1 por ofrecer menor consumo de potencia y energía ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). El consumo de combustible por hectárea, la fuerza y potencia de tracción y el consumo de energía ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) difirieron significativamente en los dos sistemas de labranza, siendo menor para la labranza mínima. El sistema de labranza convencional fue el mayor consumidor de energía.

Palabras clave: demanda energética, potencia de tracción, sistemas de labranza, siembra.

ABSTRACT. This document deals with the objective to evaluate the operational performance of joint planter tractor and the bean seeder considering two tillage systems and two speed steps. The testing was conducted in the experimental Agronomy-Airport area of the Federal University of Viçosa, located in Viçosa-MG. Two land cultivation systems were introduced: conventional and minimum in subdivided plots experimental design with two tractor working gears and four replications, totaling 16 experimental plots. The emergence speed index of the plants, the fuel consumption per hour and hectare, force and traction power and consumed energy in $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, in the seeding operation were determined; processing of the results using an analysis of variance in the software Statistics SPSS 21, did not report significant differences in the emergence speed index of the plants by tillage system and allowed to recommend the use of the B1 gear for offering lower power and energy consumption ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). The fuel consumption per hectare, force and traction power and energy consumption ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) significantly differed in the two tillage systems, being lower for minimum tillage. The conventional tillage system was the largest consumer of energy.

Keywords: energetic demand, traction power, tillage systems, seed.

✉ Autor para correspondencia: Yarina M. Trujillo Rodríguez. E-mail: yarinat@unica.cu

Recibido: 21/05/2017.

Aceptado: 11/06/2018

INTRODUCCIÓN

La agricultura de conservación permite a los sistemas de producción responder favorablemente a dos perspectivas relacionadas con el cambio climático, la degradación de suelos y los costos de energía e insumos en la producción. (Derpsch *et al.*, 2010).

Uno de los parámetros agronómicos a valorar para determinar la eficacia de los sistemas de labranza y los aspectos agrotécnicos, es la emergencia de las plantas. Fonseca (1997) y Ribeiro (1998), citados por Alves *et al.* (2003), demostraron que la germinación del cultivo no está influenciada por la variación de la velocidad de desplazamiento del conjunto tractor-sembradora. En investigaciones realizadas por Rodrigues de L. *et al.* (2010), el sistema de labranza convencional proporcionó condiciones menos adecuadas para la emergencia de plantas de frijol, respecto a la labranza mínima.

Por otra parte, es importante conocer la demanda de potencia de los implementos agrícolas, debido a su incidencia en el consumo de combustible, para ello es necesario saber que existen factores a tener en cuenta para un mejor aprovechamiento de la fuente energética, tales como, las características del implemento, el tipo de suelo, su contenido de humedad y de arcilla, la profundidad y velocidad de trabajo, que al aumentarla se consigue una disminución del consumo de combustible por área trabajada, ocasionado por el incremento de la capacidad de trabajo del conjunto tractor-implemento. En su trabajo Almeida *et al.* (2010), demostraron la relación existente entre estos factores, obteniendo un aumento de la capacidad de campo conjuntamente con el aumento de la velocidad de trabajo.

Aumentando la velocidad de operación, en investigaciones realizadas por Salvador *et al.* (2008), citado por Fernandes *et al.* (2012) y por Milagres *et al.* (2015), se produjo un aumento de la fuerza y potencia de tracción en sembradoras de granos.

Furlani *et al.* (2008) y Almeida *et al.* (2010), obtuvieron un incremento del consumo horario de combustible, la fuerza de tracción y potencia en la barra de tiro, a medida que aumentó la velocidad de trabajo del conjunto mecanizado, semejante a lo obtenido por Modernel *et al.* (2013) y Macedo *et al.* (2016), quienes consiguieron valores medios para la potencia en la barra de tracción en las velocidades de 5,5 y 7,0 km·h⁻¹, de 22,17 y 28,33 kW, respectivamente.

Los parámetros antes mencionados se ven influenciados también por el manejo del suelo, es así que Menezes (2013) verificó un aumento mínimo de la potencia de tracción y el consumo energético (MJ·ha⁻¹) en la siembra de soja del sistema de labranza reducida con escarificador, respecto a la labranza convencional, en cambio Kianil y Houshyar (2012) demostraron un aumento de la energía consumida en la siembra de frijol utilizando el sistema de labranza convencional respecto a la labranza con cincel.

La labranza es una operación principal en un sistema de producción de cultivos que afecta o favorece el desarrollo del cultivo, la calidad del suelo y el consumo de energía; basado en esto el objetivo de la investigación fue evaluar el desempeño operacional del conjunto tractor sembradora de frijol considerando dos sistemas de labranza y dos escalones de velocidad.

MÉTODOS

El experimento fue realizado en un suelo clasificado como Arcilloso Rojo-Amarillo Distrófico según EMBRAPA (1997), perteneciente a la Facultad de agronomía de la Universidad Federal de Viçosa. El área experimental era de aproximadamente 0,25 ha, con 100% de cobertura vegetal, formada por restos de maíz de la cosecha anterior y arvenses con predominio de hierba de Guinea (*Panicum máximum*) y Cerraja (*Sonchus oleraceus*).

Cada parcela experimental ocupó un área de 60 m², con medidas de 20 m de largo y 3 m de ancho, agrupadas en bloques separados por franjas de 1 m de ancho.

El experimento fue instalado en un esquema de parcelas subdivididas, teniendo en las parcelas las marchas y en las subparcelas los sistemas de labranza convencional (SLC) y mínimo (SLM), con un delineamiento de bloques al azar con cuatro repeticiones totalizando 16 parcelas experimentales, evaluándose en las mismas la capacidad teórica de trabajo de los conjuntos, la fuerza de tracción, la potencia de tracción, el consumo de combustible horario y por área trabajada y el consumo energético de la operación. Los resultados para los parámetros evaluados fueron procesados en el paquete estadístico para ordenador SPSS Statistics 21; el estudio consistió en un análisis de varianza a las variables respuestas para un nivel de significación del 95% (p<0,05).

Se utilizaron dos tractores de neumáticos, uno marca John Deere, modelo 5705, tracción 4x2 TDA, con 63 kW (85 CV) de potencia y para formar el convoy y medir la fuerza de tracción de los implementos suspendidos al tractor, se trabajó con un tractor marca VALTRA Valmet, modelo E800, tracción 4x2 TDA, 63 kW (85 CV) de potencia y una sembradora-fertilizadora Seed-Max PC 2125 para siembra directa, de tres líneas espaciadas a 0,45 m y 870 kg de masa.

Para evaluar el desempeño del conjunto tractor sembradora se utilizaron las marchas: B1 (posición B de la palanca selectora de grupos y posición uno de la palanca de cambio) y B2 (posición B de la palanca selectora de grupos y

posición dos de la palanca de cambio), con el motor a 2400 r·min⁻¹. La velocidad de desplazamiento del conjunto mecanizado fue obtenida con el uso de una unidad de radar de efecto *Doppler* instalada en el tractor.

Para estimar la fuerza de tracción requerida por el implemento se utilizó la celda de carga marca Kratos, con capacidad para 50 kN, instalada entre la barra de tracción del tractor John Deere y el enganche delantero del tractor VALTRA Valmet en un soporte fijo para mantenerla en posición horizontal y evitar fuertes impactos; se sumaron las fuerzas obtenidas durante el recorrido de la parcela y el resultado se dividió por el número de datos registrados. La potencia en la barra de tracción fue calculada a través del producto de la fuerza de tracción por la velocidad de desplazamiento, según [American Society of Agricultural Engineers, \(1994\)](#). La capacidad teórica de trabajo se determinó multiplicando la velocidad de trabajo por el ancho de labor de la sembradora. El consumo horario de combustible fue adquirido por medio de un fluxómetro FLOWMATE M-III, modelo LSN40, con señal de salida del tipo impulso y precisión de 1 mL·impulso⁻¹, instalado en el sistema de alimentación del tractor y dividiendo este valor por la capacidad teórica de trabajo, se obtuvo el consumo de combustible por hectárea.

La energía necesaria para realizar la operación mecanizada, se calculó mediante la ecuación utilizada por [Trujillo et al. \(2013\)](#).

$$E = \frac{P}{CT_t} \cdot 3,6 \quad (1)$$

donde,

E: Energía requerida por área sembrada (MJ·ha⁻¹);

P: Potencia requerida por la sembradora en la barra de tracción (kW);

CT_t: Capacidad de trabajo teórica del conjunto (ha·h⁻¹).

El porcentaje e índice de velocidad de emergencia de las plantas fueron evaluados en una longitud de 10 m en la línea central de la parcela. El conteo de las plantas se inició en el primer día de emergencia y terminó cuando se estabilizó la misma. Para la determinación del índice de velocidad de emergencia (IVE) se utilizó la [ecuación 2](#), tomada de [Maguire \(1962\)](#), y empleada por [Zambiazzi et al. \(2014\)](#), y [Kaspary et al. \(2017\)](#).

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (2)$$

donde,

E₁, E₂, E_n: número de plantas emergidas en el primer, segundo y último conteo;

N₁, N₂, N_n: número de días desde la siembra hasta el primer, segundo y último conteo.

El porcentaje de emergencia (PE) se estableció según la [ecuación 3](#).

$$PE = \frac{N_p}{N_s} \cdot 100 \quad (3)$$

donde,

N_p: número de plantas emergidas;

N_s: número de semillas viables, distribuidas en la línea de siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la marcha B1 se alcanzó una velocidad media de 5,06 km·h⁻¹, mientras que en la marcha B2 la velocidad media establecida fue de 6,99 km·h⁻¹.

En la [Tabla 1](#), las medias de las variables mostradas son muy representativas teniendo en cuenta la baja dispersión de los datos mostrada por los coeficientes de variación. El ANOVA no reporta la influencia significativa de las marchas sobre el índice de velocidad y el porcentaje de emergencia, así como para la cantidad de plantas por m, lo que coincide con los resultados obtenidos por [Alves et al. \(2003\)](#).

Los sistemas de labranza no repercutieron en los parámetros medidos en la [tabla 1](#) relacionados con la emergencia de las plantas, lo que no coincide con lo obtenido por Rodrigues de L. et al. (2010).

Similar a lo alcanzado por [Furlani et al. \(2008\)](#); [Almeida et al. \(2010\)](#); [Modernel da Silveira et al. \(2013\)](#) y [Macedo et al. \(2016\)](#), se muestran los valores de fuerza y potencia de tracción en la [Tabla 2](#), que expresan el efecto del aumento de la velocidad de desplazamiento (95% de confianza) sobre estas variables. La eficiencia de tracción en ambas marchas es baja, pudiendo utilizarse un tractor de menor potencia

Los sistemas de labranza influyeron significativamente sobre la FT y PT, siendo mayores los valores del SLC, explicado por el mayor volumen de tierra movilizado por los órganos surcadores de la sembradora al quedar el suelo más desmenuzado, mientras que en el SLM los órganos surcadores de la sembradora solo apartaron los pequeños terrones que quedaron en la capa superficial del suelo.

La capacidad de trabajo del conjunto tractor sembradora y el consumo horario de combustible, mostrados en la [Tabla 3](#), aumentaron con el incremento de la velocidad de trabajo, concordando con [Almeida et al. \(2010\)](#), y tuvo una significación estadística para un 95% de confianza. Pudo observarse la no influencia de los sistemas de labranza sobre mencionados parámetros, reportando diferencias que no son estadísticamente significativas.

TABLA 1. Medias de Índices de velocidad de emergencia (IVE), Porcentaje de emergencia (PE) y Plantas por metro lineal (P/m), en relación a los sistemas de labranza y la marcha de trabajo

	IVE		PE		P/m	
	Marcha		Marcha		Marcha	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2
SLC	18,77 a*	19,09 a	76,47 a	85,30 a	11,75 a	12,50 a
SLM	18,50 a	19,56 a	74,47 a	79,01 a	11,00 a	11,50 a
CV (%)	13,9		11,5		12	

*Medias seguidas de una misma letra minúscula no difieren estadísticamente entre sí, con nivel de significación del 5%.

TABLA 2. Medias de Fuerza de tracción (FT) y Potencia de tracción (PT), en la siembra de los diferentes los sistemas de labranza, en relación a la marcha de trabajo

	FT (kgf)		PT (kW)	
	Marcha		Marcha	
	B1	B2	B1	B2
SLC	211,31 a*	272,6 c	2,89 a	4,84 c
SLM	131,92 b	186,55 d	1,81 b	3,56 d
CV (%)	27		35	

* Medias seguidas de una misma letra minúscula, no difieren estadísticamente entre sí, con nivel de significación del 5%.

TABLA 3. Medias de Capacidad teórica de trabajo (CT), Consumo horario de combustible y Consumo de combustible por área en la siembra de los diferentes sistemas de labranza, en relación a la marcha de trabajo

	CT (ha·h ⁻¹)		L·h ⁻¹		L·ha ⁻¹	
	Marcha		Marcha		Marcha	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2
SLC	0,452a*	0,585b	7,38 a	9,78 b	16,35 a	16,70 a
SLM	0,454a	0,630b	7,00 a	9,43 b	15,42 b	14,97 b
CV (%)	15		5		15	

* Medias seguidas de una misma letra minúscula, no difieren estadísticamente entre sí, con nivel de significación del 5%.

Se demostró que el aumento de la velocidad de trabajo desde 5,06 a 6,99 km·h⁻¹ para la siembra, no tuvo influencia significativa sobre el consumo de combustible por ha al 95% de confianza y sí se reportaron diferencias estadísticamente significativas en los sistemas de labranza, consumiendo menos Diesel el SLM, lo que demuestra la repercusión de la resistencia a la rodadura en el SLC, al estar el suelo más suelto.

La energía invertida en labrar una ha de suelo, mostrada en la [Tabla 4](#), expresa su variabilidad estadísticamente significativa influenciada por los factores tomados en cuenta, con tendencia a aumentar según el incremento de la velocidad de trabajo.

TABLA 4. Medias de Consumo de energía ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) en la siembra de los diferentes sistemas de labranza, en relación a la marcha de trabajo

	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$	
	Marcha	
	B1	B2
SLC	23,03 a*	29,70 c
SLM	14,38 b	20,33 d
CV (%)	27	

* Medias seguidas de una misma letra minúscula, no difieren estadísticamente entre sí, con nivel de significación del 5%.

Se reportó un mayor consumo energético en la siembra para el SLC dado por una mayor potencia de tracción, discrepando con lo obtenido por [Menezes \(2013\)](#) y concordando con [Kianil y Houshyar \(2012\)](#).

CONCLUSIONES

- Los sistemas de labranza no repercutieron en el índice de velocidad de emergencia (IVE).
- Se recomienda el uso de la marcha B2 por ofrecer menor consumo de potencia y energía ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$).
- El consumo de combustible por hectárea y el consumo de energía ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) fueron menores para el sistema de labranza mínima.
- Los resultados para la siembra de frijol son más ventajosos en el sistema de labranza mínima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.A.S.; TAVARES, S.C.A.; SILVA, S. de L.: “Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor”, *Revista Agraria*, 3(7): 63-70, 2010, ISSN: 1984-2538, DOI: 10.30612/agrarian.v3i7.1086.
- ALVES, de S.C.M.; REIS, E.F.; MARÇAL, Q.D.; CECON, P.R.; BAIÃO, V.L.: “Avaliação do desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora em plantio direto”, *Revista Ceres*, 50(292): 767-768, 2003, ISSN: 0034-737X.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS: *Soil cone penetrometer*, Inst. ASAE standards, ASAE S313.2, St. Joseph, Michigan, USA, 820-821 p., 1994.
- DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; LI, H.: “Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits”, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3(1): 1–25, 2010, ISSN: 1934-6344, DOI: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.0-0.
- EMBRAPA: *Manual de métodos de análises do solo*, Ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, M. E. C. Claessen, 2a. ed., ed., Rio de Janeiro, Brasil, 212 p., 1997, ISBN: 85-85864-03-6.
- FERNANDES, H.C.; ORLANDO, R.C.; LEITE, D.M.; COSTA, M.M.; FURTADO, J.M.R.: “Demanda energética de um subsolador adaptado para deposição de material poroso em drenos livres”, *Revista Engenharia na Agricultura*, 20(3): 219-226, 2012, ISSN: 1414-3984.
- FURLANI, C.E.A.; PEREIRA, R.; CARVALHO, A.; CORTEZ, J.W.; CHECCHIO, D.C.: “Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade”, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1), 2008, ISSN: 1806-9657.
- KASPARY, T.E.; LAMEGO, F.P.; CUTTI, L.; AGUIAR, A.C. de M.; RIGON, C.A.G.; BASSO, C.J.: “Growth, phenology, and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane”, *Revista Bragantia*, 76(1): 92-101, 2017, ISSN: 1678-4499, DOI: 10.1590/1678-4499.542.

- KIANIL, S.; HOUSHYAR, E.: “Energy Consumption of Rainfed Wheat Production in Conventional and Conservation Tillage Systems”, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(5): 213-219, 2012, ISSN: 2227-670X.
- MACEDO, D.X.S.; NICOLAU, F.E.D.A.; DO NASCIMENTO, H.C.F.; COSTA, E.; CHIORDEROLI, C.A.; LOUREIRO, D.R.: “Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(3): 280–285, 2016, ISSN: 1807-1929, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p280-285>.
- MAGUIRE, J.D.: “Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor1”, *Crop science*, 2(2): 176–177, 1962.
- MENEZES, P.C.: *Semeadura cruzada de soja em sistemas de manejo do solo*, UFMT, Mato Grosso, Brasil, Tesis (presentada en opción al título de Mestre em Engenharia Agrícola), 2013.
- MILAGRES, R.S.; FURTADO, J.M.R.; DA SILVA, A.C.; FONTES, J.M.: “Desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora em função do Mecanismo sulcador e velocidade de deslocamento”, *Revista Engenharia na Agricultura*, 23(2): 143-153, 2015, ISSN: 1414-3984.
- MODERNE DA SILVEIRA, J.C.; FERNANDES, H.C.; MODOLO, A.J.; DE LIMA SILVA, S.; TROGELLO, E.: “Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor”, *Revista Ciência Agronômica*, 44(1), 2013.
- RODRIGUES DE L., C.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; AKIYOSHI, L.E.: “Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos”, *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(1): 89-98, 2010, ISSN: 0100-204X, DOI: 10.1590/S0100-204X2010000100012.
- TRUJILLO, R.Y.M.; FERNANDES, H.C.; DOMÍNGUEZ, B.J.; DE SOUZA, C.J.E.; LOUREIRO, D.R.: “Demanda de potencia y energía de un tractor agrícola en función de las marchas de trabajo y el manejo del suelo”, *Revista Engenharia na Agricultura*, 21(3): 253-260, 2013, ISSN: 1414-3984, DOI: 10.13083/1414-3984.v21n03a04.
- ZAMBIAZZI, E.V.; BRUZI, A.T.; DE CARVALHO, M.L.M.; SOARES, I.O.; ZUFFO, A.M.; DE REZENDE, P.M.; MIRANDA, D.H.: “Potassium Fertilization and Physiological Soybean Seed Quality”, *Journal Agricultural Sciences*, 5(11): 984-991, 2014, ISSN: 2156-8561, DOI: 10.4236/as.2014.511106.

Yarina M. Trujillo Rodríguez, profesora, Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Mecánica Aplicada, Ciego de Ávila, Cuba. Correo electrónico: yarinat@unica.cu

Haroldo Carlos Fernandes, Correo electrónico: haroldo@ufv.br

Claudio Pérez Olmos, Correo electrónico: claudio@unica.cu

José E. de Souza Carneiro, Correo electrónico: jesc@ufv.br

NOTAS

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

*Este artículo de se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/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.