

Original

**Evaluación de la labor de rotura con dos aperos de labranza para el cultivo del boniato
(*Lopomea baatas Lam*) en un *Fluvisol***

Evaluation of the ploughing up with two farming tools for the cultivation of sweet potato (*Ipomoea batatas Lam*) in a *Fluvisol*

Alexeis Guerrero Portales, Estudiante de 4to año del Grupo científico de Laboreo del Suelo y Energía Agrícola de la carrera de Ingeniería Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad de Granma, Cuab, aguerrerop@estudiantes.udg.co.cu

Dr. C. Yosvel Enrique Olivet Rodríguez, Profesor Titular e Inv., Universidad de Granma, Granma, Cuba, yolivetr@udg.co.cu

Lic. Daimara Cobas Hernández, Prof. Asistente, Universidad de Granma, Cuba, dcobash@udg.co.cu

Recibido: 17 de junio de 2019 / Aceptado: 25 de agosto de 2019

Resumen

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Granja Agropecuaria “Ranulfo Leyva Pacheco” perteneciente a la Empresa Cultivos Varios “Paquito Rosales Benítez”. La alimentación de la población nacional y la reducción de exportaciones motivan el cumplimiento de los planes agropecuarios del país. Entre los que se destaca la producción de viandas, como cultivo de ciclo corto. Este asegura una producción sustentable en un corto tiempo. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar un apero de labranza alternativo de corte vertical y horizontal al tradicional con arado de discos en la labor de rotura, que permita aumentar la productividad de la labor en el menor tiempo posible, reducir el consumo de combustible y los gastos directos de explotación bajo las condiciones de un *Fluvisol*. Los tratamientos considerados han sido rotura tradicional del suelo, T1, que consistió en romper el suelo con arado de discos (ADI-3M) y rotura del suelo, T2, que consistió en romper el suelo con multiarado. Presentando este último los valores más altos de productividad por tiempo limpio, operativo, productivo, sin fallos y explotativo y el menor consumo de combustible (20,2 L ha⁻¹) con relación a la rotura con el arado de discos con 29,2 L ha⁻¹, bajo las mismas condiciones de suelo y clima. Asimismo, un menor gasto directo de explotación de 274,14 pesos por hectárea, motivado por una reducción del 69 % del consumo de combustible.

Palabras claves: cultivo; rotura; suelo; consumo de combustible

Abstract

This research work was carried out at the agricultural and livestock farm “Ranulfo Leyva Pacheco” which belongs to the enterprise of multiple cultivations “Paquito Rosales Benítez”. The feeding of national population and the reduction of imports motivate the achievement of agricultural and livestock plans all over the country. Amongst these is the production of food as a short cycle cultivation, which guarantees a sustainable production in a short period of time. The objective of this work has been to evaluate an alternative farming implement of vertical and horizontal cut to the traditional with disk plow in soil ploughing, which allows increasing productivity in a shorter period of time, reducing fuel consumption and exploitation direct expenses under the conditions of a *Fluvisol*. The treatments considered have been traditional soil ploughing, T1, which consisted in ploughing the soil with the (ADI-3M) disk plow, and soil ploughing, T2, which consisted in ploughing the soil with a multi-plowing machine. Treatment T2 presented the highest values of clean, operative time productivity, without any failures and exploitative and also the lowest fuel consumption (20,2 L ha⁻¹) regarding the ploughing with disk plow with 29,2 L ha⁻¹ under the same soil and climatic conditions, as well as less exploitation direct expense of 274,14 pesos per hectare, motivated by a 69% reduction of fuel consumption.

Key words: cultivation; ploughing; soil; fuel consumption

Introducción

El empleo de las máquinas agrícolas depende de las condiciones de la agricultura. Los trabajos mecanizados crean las condiciones para el desarrollo de la producción agrícola, además facilitan el trabajo y lo hacen más rentable. La amplia mecanización e intensificación de la producción constituye un camino fundamental para el desarrollo ulterior de la agricultura y la satisfacción de las necesidades crecientes de la población en productos agrícolas (Gutiérrez, 1990). La labranza es la actividad agrícola que se realiza con el fin de cambiar, por medios mecánicos, las condiciones físicas del suelo para mejorarlas de acuerdo a los a los fines perseguidos. Ella contribuye a lograr un adecuado lecho para la siembra, además permite eliminar determinados factores limitantes del suelo que afectan la producción sostenida de los cultivos, tales como compactación, encostramiento e infiltración deficiente (INICA, 2005). El objetivo de este trabajo es evaluar un apero de labranza alternativo de corte vertical y horizontal al tradicional con arado de discos en la labor de rotura para el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* Lam), que permita aumentar la productividad de la labor y disminuir el consumo de combustible, bajo las condiciones de un *Fluvisol* y los gastos directos de explotación.

Materiales y métodos

Descripción del lugar de ensayo y tratamientos

El trabajo investigativo se desarrolló en la Granja Agropecuaria “Ranulfo Leyva Pacheco” (latitud 20°19'N; longitud 76°47'O), perteneciente a la Empresa de Cultivos Varios “Paquito Rosales Benítez”, del municipio de Yara, Granma, sobre un suelo *Fluvisol* según la nueva clasificación de los suelos de Cuba (ONE, 2006 y FAO, 2006), de consistencia media, medianamente profundo, relativamente llano, sin presencia de obstáculos, con un pH de 7 y con un buen tempero de humedad, con altitud de 20 m sobre el nivel del mar, temperatura media anual de 26 °C y precipitación media de 1 200 mm. El experimento se inició en diciembre del 2010. Se comparó dos tratamientos de labranza en la labor de rotura para el cultivo del boniato.

Tratamiento T1: rotura del suelo con arado de discos, ADI-3M y tractor MTZ-80, a una profundidad de 20 a 25 cm. Esta operación es la actividad habitual que se realiza en la Granja Agropecuaria para roturar el suelo como labor primaria.

Tratamiento T2: rotura del suelo con multiarado y tractor MTZ-80, a una profundidad de 25 a 30 cm. Esta labor parte de estudios realizados por Bouza (1996), Leyva *et al.*, (2003), Parra (2009) y Olivet (2010).

Diseño experimental

Se montó un diseño experimental en bloques al azar, con dos tratamientos y tres repeticiones, para un total de 6 parcelas de 80×20 m. Las variables de estudio fueron: productividad por tiempo limpio, operativo, productivo, sin fallos, explotativos, consumo de combustible y gastos directos de explotación. Una vez tomados los datos, se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico STATISTICA (Statsoft, 2003), efectuando la prueba de LSD de Fisher con una probabilidad $p < 0.95$.

Metodología de cálculo

Para el cálculo de las productividades de trabajo y gastos directos de explotación, se tuvo en cuenta la norma ramal del Ministerio de la Agricultura de Cuba (NRAG XX1: 2005).

$$W_{TP} = \frac{Q}{TP} \quad (1)$$

donde: Q—Área de preparación de suelo, ha

TP—Tiempo principal (limpio) de trabajo, h

2) Productividad por hora de tiempo operativo (W_{02}) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_{02} = \frac{Q}{T_{02}} \quad (2)$$

donde: T_{02} —Tiempo operativo, h

$$T_{02} = T_1 + T_2$$

T_2 —Tiempo auxiliar.

3) Productividad por hora de tiempo productivo (W_{04}) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_{04} = \frac{Q}{T_{04}} \quad (3)$$

donde: T_{04} —Tiempo productivo, h

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

T_3 —Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina en prueba

T_4 —Tiempo para la eliminación de fallos, h

4) Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos (W_t) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_t = \frac{Q}{T_t} \quad (4)$$

donde: T_t —Tiempo de turno sin fallos, h

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7$$

T_5 —Tiempo de descanso del personal de servicio de la máquina en prueba

T_6 —Tiempo de traslado en vacío

T_7 —Tiempo de mantenimiento técnico diario previsto en las instrucciones

5) Productividad por hora de tiempo de explotación (W_{07}) ($ha\ h^{-1}$)

$$W_{07} = \frac{Q}{T_{07}} \quad (5)$$

donde: T_{07} —Tiempo de explotación, h

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7$$

Resultados y discusión

Productividad por tiempo limpio

Teniendo en cuenta la Norma Ramal del Ministerio de la Agricultura de Cuba (NRAG XX1: 2005), del conjunto de indicadores tecnológicos y de explotación de los equipos mecánicos que participaron en dicho ensayo, en este caso el arado de disco ADI-3M y el Multiarado en labores de rotura, se observó que con el conjunto conformado por el multiarado y tractor de MTZ-80 en la labor de rotura se alcanzó una productividad media por tiempo limpio de $0,70\ ha\ h^{-1}$, superando en un 76 % a la productividad media alcanzada con el arado de discos formando agregado con el mismo tractor, con una productividad de $0,53\ ha\ h^{-1}$, presentando este último una diferencia significativa con relación a la rotura con multiarado para $p < 0,95$, según la LSD de Fisher, tal y como se muestra en la Figura 1. Estas diferencias están caracterizadas por el tiempo limpio en que se demora un conjunto en llegar de un extremo al otro de la parcela experimental. Para lo

cual con el conjunto, arado de discos y tractor se consumió un tiempo medio de 0,31 h, superando en cinco segundos al tiempo medio que demora en desplazarse el agregado conformado por el multiarado y el tractor.

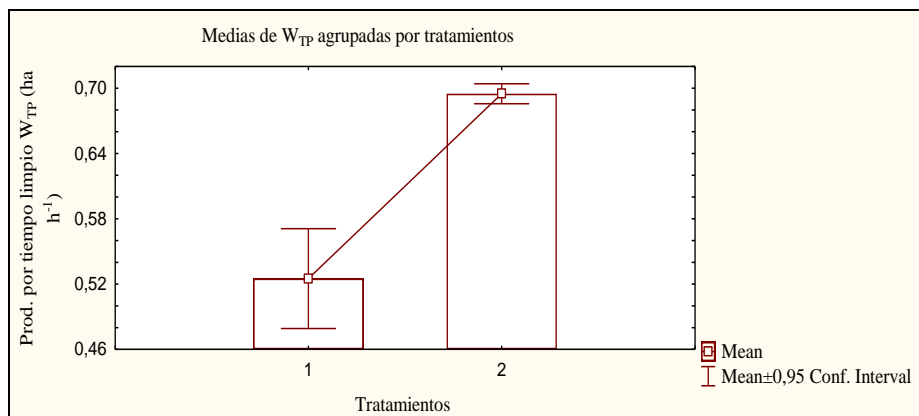


Figura 1. Productividad por tiempo limpio de los aperos de labranza.

Productividad por tiempo operativo

Al analizar la productividad por tiempo operativo de los agregados evaluados, se observó una diferencia significativa entre los conjuntos, para $p < 0,95$ según la prueba de LSD de Fisher, tal y como se muestra en la Figura 2, resultando también que el conjunto conformado por el multiarado y el tractor MTZ-80 alcanzó el valor más alto de este indicador ($0,65\ ha\ h^{-1}$), mientras que el conjunto arado de discos y tractor MTZ-80 alcanzó una productividad de $0,46\ ha\ h^{-1}$, inferior este último en 29 % a la productividad lograda por conjunto de multiarado y tractor. Es evidente que el tiempo auxiliar, (viraje y traslado), en la labor de aradura (0,35 h) fue superior al tiempo medio consumido para estos desplazamientos por el conjunto conformado por el multiarado y tractor, con 0,25 h.

Productividad por tiempo productivo

Algo similar se observó al determinar la productividad por tiempo productivo, encontrándose diferencias significativas para $p < 0,95$ según la prueba de LSD, tal y como se muestra en la Figura 3. Destacándose el conjunto conformado por el multiarado y tractor con el valor más alto de productividad ($0,47\ ha\ h^{-1}$), con relación al conjunto conformado por el arado de discos y tractor con una productividad de $0,38\ ha\ h^{-1}$. El tiempo consumido en el mantenimiento diario del tractor y regulación del arado (0,43 h), superó en un 79 % al tiempo invertido para estas mismas operaciones empleando el multiarado, con sólo 0,34 h.

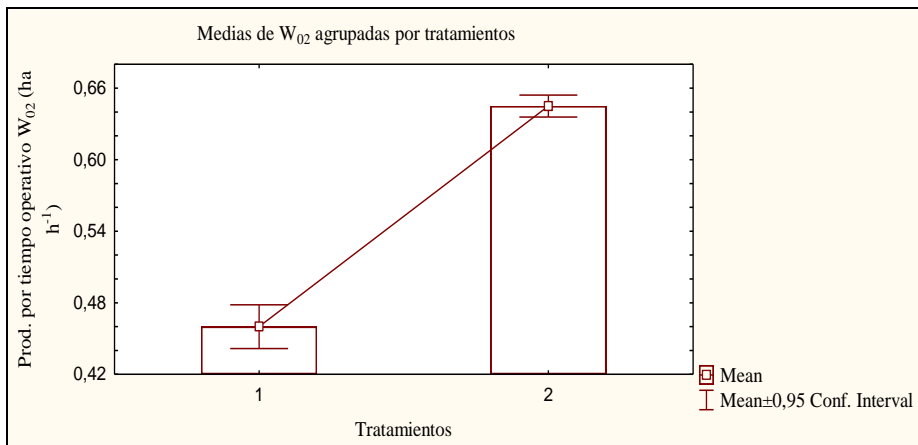


Figura 2. Productividad por tiempo operativo.

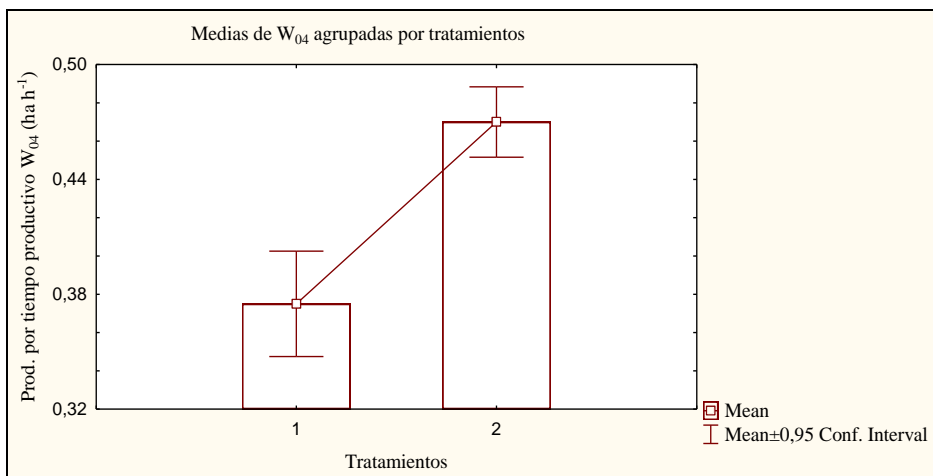


Figura 3. Productividad por tiempo productivo.

Productividad por tiempo de turno sin fallos

Al evaluar la productividad por tiempo sin fallos de los conjuntos, tal y como se observa en la Figura 4, el valor alcanzado por el conjunto arado de discos y tractor fue significativamente inferior al obtenido por el multiarado y el mismo tractor, con una productividad de $0,45 \text{ ha h}^{-1}$. Debido que durante el trabajo con el arado de discos se consumió mucho tiempo en traslado en vacío, un total de $0,50 \text{ h}$ como promedio, superando en un 72% al tiempo consumido por el otro conjunto (multiarado y tractor), con sólo $0,36 \text{ h}$.

Productividad de tiempo explotativo

En la Figura 5, se observa una diferencia significativa para $p < 0,95$ según la prueba de LSD entre los dos conjuntos de rotura aplicados, resaltando que el conjunto conformado por el multiarado y el tractor MTZ-80, alcanzó el valor más alto de esta productividad ($0,41 \text{ ha h}^{-1}$), 32% superior a la productividad por tiempo explotativo alcanzada por el conjunto formado por el arado de discos

y tractor con un valor de $0,31 \text{ ha h}^{-1}$. En esta productividad, tanto en una labor como en la otra, influyeron las paradas innecesarias por parte el operador, siendo más frecuentes en la labor de aradura con el arado de discos, haciendo un tiempo medio de $0,53 \text{ h}$ a diferencia del multiarado con un tiempo de $0,39 \text{ h}$.

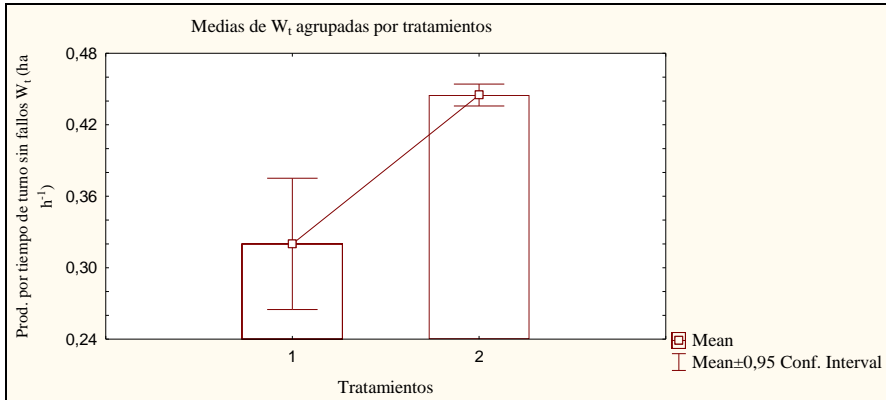


Figura 4. Productividad por tiempo sin fallos.

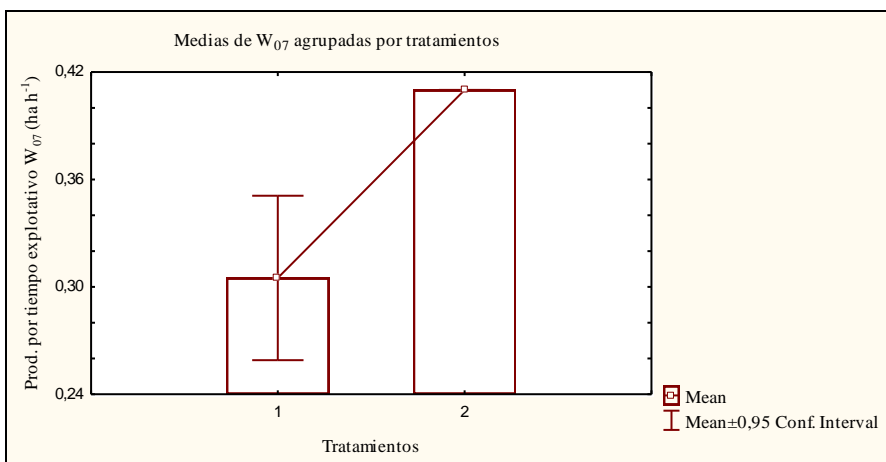


Figura 5. Productividad por tiempo explotativo.

Consumo de combustible

Dentro de todo proceso agrícola donde intervienen las operaciones de labranza, el consumo de combustible es un indicador a tener en cuenta. En la Figura 6, se observa el consumo de combustible de la labor de rotura con ambos aperos de labranza, encontrándose diferencia significativa entre el consumo medio alcanzado con el conjunto formado por el arado de discos y el tractor MTZ-80 y el multiarado con este mismo tractor. La rotura del suelo con el multiarado trajo consigo una reducción del 69 % del consumo de combustible ($20,20 \text{ L ha}^{-1}$) con relación a la rotura con el arado de disco con $29,20 \text{ L ha}^{-1}$, bajo las mismas condiciones de suelo y clima. Está claro que el tiempo que se invirtió en la rotura con el arado de discos influyó en el alto

consumo de combustible a diferencia de la rotura con el multiarado, considerándose este parámetro de bueno por este último.

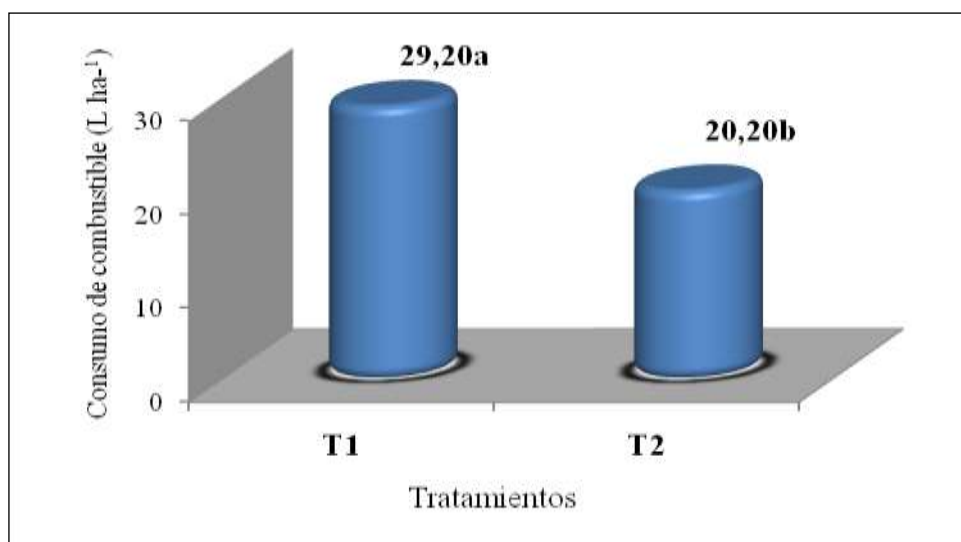


Figura 6. Consumo de combustible de los conjuntos evaluados.

Valoración económica

En todo trabajo investigativo los gastos directos de explotación juegan un papel muy importante, ya que determinan el mejor uso y empleo de los recursos humanos, materiales y energéticos en la producción de cualquier cultivo. En nuestro caso (Figura 7), los mejores resultados se alcanzaron en la labor de rotura con el multiarado formando agregado con el tractor MTZ-80, con un gasto de 274,14 pesos por hectárea, inferior en un 2 % al gasto directo proporcionado en la labor de rotura con el arado de discos ADI-3M formando agregado con el mismo tractor.

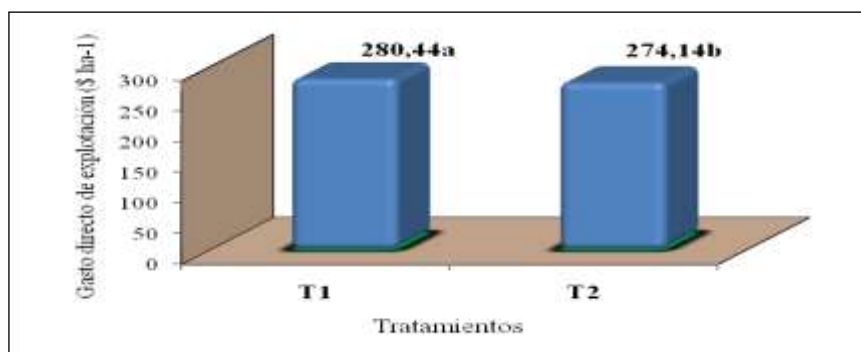


Figura 7. Gastos directos de explotación para cada labor de rotura.

Conclusiones

1. Aplicando la metodología para la evaluación tecnológica–explotativa, de las Máquinas Agrícolas y Forestales para dos aperos de labranza (arado de discos y multiarado) en la labor de rotura se determinó que el apero de labranza que mayor productividad por hora de tiempo limpio, operativo, productivo, de turno sin fallos y de explotación resulto ser el multiarado formando agregado con el tractor MTZ-80.
2. Con el uso del multiarado se logró reducir en un 69 % el consumo de combustible (20,20 L ha⁻¹), con relación a la rotura con el arado de discos con 29,20 L ha⁻¹, bajo las mismas condiciones de suelo y clima, presentado este último el mayor gasto directo de explotación 2884,44 pesos ha⁻¹ mientras con el uso del multiarado este gasto ascendió a 274,14 pesos ha⁻¹.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, R.L., Paneque, R.P., Álvarez O. y Brizuela, S.M., 2006. Costo energético de las operaciones de siembra más comunes en Cuba. IIMA. MINAG. Cuba.
- Arredondo, J.J., Ortiz, H., Pössel, D. and Morales, D., 2003. Evaluation of the performance of three types of draught animal plows. *Agrociencia* 37, 187-194.
- Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Husheer, J., Jolliett, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearse, D., Roger, E., Teulon, E. and Weidema, B., 2003. Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. European Commission Directorate General VI Agriculture. European Commission.
- Bailey, A.P., Basford, W.D., Penlington, N., Park, J.R., Keatinge, J.D.H., Rehman, T., Tranter, R.B. and Yates, C.M., 2003. A comparison of energy use in conventional and integrated arable farming systems in the UK. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97, 241-253.
- Bouza, H., 1996. Nueva tecnología de labranza en la CPA cañera “Amistad Cuba-Laos”. *Cañaveral*. 2 (22): 2-9, abril-junio.
- Bravo, C. y Andreu, E., 1995. Propiedades físicas y producción de maíz (*Zea mayz* L) en un alfisol del Estado Guárico, Venezuela, bajo dos sistemas de labranza. *Venezuelos* 3, 62-68.
- Brentrup, F., Ku, Sters, J., Lammel, J., Barraclough, P. and Kuhlmann, H., 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy* 20 (3), 265-279.
- Cairo, P. y Fundora, O., 1994. Edafología. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 476 p.
- Leyva, O., *et al.*, 2003. Multilabrador UDG 3.2 para el laboreo mínimo y atenciones culturales en Caña de azúcar y otras plantaciones en hileras. La Habana.

- Olivet, Y.E., 2010. Efecto de tres sistemas de labranza en las propiedades físicas y en el consumo energético para el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en un *Vertisol*. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería Rural), Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, España
- Paneque, P. y Prado, Y., 2005a. Comparación de tres sistemas agrícolas en el cultivo del frijol. Agricultura Conservacionista. Rev. Ciencias Téc. Agro., 14 (3).
- Parra, L.R., 2009. Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un *Fluvisol* y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos. 178 pp Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería Rural), Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, España.