

ENERGÍA

ARTÍCULO ORIGINAL

Consumo energético de la maquinaria agrícola con el empleo de técnicas de agricultura de precisión

Energy consumption of the agricultural machinery using precision agriculture techniques

M.Sc. Damián Lora Cabrera, M.Sc. Roberto Ramos González, Dr.C. Manuel Fernández Sánchez

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Como parte de las acciones que se llevan a cabo en el país dirigidas al uso racional de los portadores energéticos, en el presente trabajo se presentan los resultados del estudio realizado en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita”, con el objetivo de determinar el costo energético asociado con la utilización de las herramientas de agricultura de precisión. Para ello se determinaron los indicadores tecnológico y de explotación a los conjuntos agrícolas que efectúan las labores principales del proceso productivo (labores de preparación de suelo y labores para la confección del heno y silo), con o sin el montaje de los sistemas de posicionamiento global y se calcularon los gastos energéticos totales, contemplando la energía secuestrada en materiales de construcción, fabricación y transporte; combustible; lubricantes y filtros; reparación-mantenimiento y mano de obra. Los resultados mostraron que los mayores consumos energéticos correspondieron a la tecnología donde no se emplean los sistemas de posicionamiento global con 13,29 GJ/h, de los cuales el 40% de los costos totales corresponden a las labores de preparación de suelo. Con la utilización de las herramientas de agricultura de precisión se disminuyen en un 16% los gastos energéticos totales.

Palabras clave: costos energéticos, combustible, energía, sistemas de posicionamiento global.

ABSTRACT. As a part of the actions that are carried out in Cuba aimed at a rational use of energy, the objective of the present paper was to determine the energy cost with the use of the precision agriculture tools at the Cattle Enterprise “Niña Bonita”. Were determined the technological and operational indicators of the agricultural machinery directly linked to the productive process (soil preparation and the making of hay and silage), with or without using global positioning system and it was determined the total energy costs, adding up the energy used in construction materials, manufacturing and transport; fuel; lubricant and filters; repair and maintenance, and manpower. The results showed that the highest energy consumption corresponded to the technology without global positioning system with 13.29 GJ/h, where 40% of the total cost corresponded to the soil preparation. The use of the tools of agriculture of precision makes to decrease in 16% the total energetic expenses.

Keywords: energy cost, fuel, energy, global positioning system.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales constituyen la base fundamental para la producción de bienes materiales, dado que sin ellos el hombre no puede desarrollar las actividades productivas y de servicios para satisfacer sus necesidades vitales. Entre esas actividades está la agricultura, altamente consumidora de recursos, sobre todo en los momentos actuales, dado el incremento acelerado de la población y sus necesidades alimentarias.

Este aumento de las producciones agrícolas ha estado vinculado de manera muy directa con los cambios tecnológicos incluyendo la introducción y aplicación de mayores niveles de mecanización agrícola, la cual constituye la tecnología más viable y fácil de reconocer en las zonas rurales de los países en

desarrollo (Díaz y Pérez, 2007; Paneque y Soto, 2007).

Desde los inicios de la agricultura el hombre trató de distribuir las labores e insumos acorde a las necesidades de cada zona específica dentro del campo, a partir de la observación in situ. Este manejo sitio específico (MSE) se vio afectado por la mecanización en la agricultura ya que esto produjo una gran motivación económica para tratar grandes extensiones de tierra con prácticas uniformes. La agricultura de precisión aparece en la última década del siglo pasado proporcionando una forma de automatizar el viejo concepto de MSE usando técnicas más novedosas como los sistemas de posicionamiento global (GPS) y de información geográfica (SIG), y/o técnicas geoestadísticas que permitan un análisis de la

estructura espacial de algunas de las propiedades de interés del suelo y el cultivo (Lowenberg-DeBoer, 2012).

En la última década ha crecido la preocupación respecto a la sobreexplotación de la maquinaria y el uso desmesurado de los insumos agrícolas, lo que ha provocado impactos negativos sobre el entorno como la compactación de los suelos, contaminación de la atmósfera debido a los gases de escape de las máquinas agrícolas autopropulsadas y contaminación de las aguas superficiales y/o subterráneas y de los suelos debido al vertimiento de combustible, grasas y aceites y al empleo desmedido de plaguicidas y fertilizantes (Ponvert y Lau, 2013). Si se acepta que es inevitable usar algunas de estas prácticas no sustentables e insumos externos en la producción agropecuaria, la agricultura de precisión puede ayudar con el manejo de esos insumos de forma tal que contribuya a conservar el medio ambiente y aumentar la rentabilidad (Anónimo, 2011). La agricultura de precisión no es un sustituto, sino un complemento de otras prácticas de manejo sustentable, ni tampoco reemplaza a otras ciencias; simplemente proporciona más información y brinda más y mejores oportunidades de manejo.

La energía absorbida por una máquina agrícola, es una combinación de la fuerza requerida y de la velocidad que se le ofrece, por lo que se convierte en un proceso de análisis (Paneque y Prado, 2005), ya que permite comparar los impactos medioambientales de las prácticas agrícolas utilizadas y su eficacia (Haciseferogullari *et al.*, 2003), donde el consumo de combustible y la maquinaria representan un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (Álvarez *et al.*, 2006); por tanto los estudios relacionados con este tema con vista a la aplicación de herramientas que sean capaces de monitorear con eficiencia y precisión los procesos productivos agrícolas y propiciar una mejor explotación y uso de los medios mecanizados, constituye una tarea de vital importancia en los momentos actuales.

Basados en este principio, el trabajo investigativo tiene como objetivo fundamental determinar la factibilidad energética de la implementación de técnicas de agricultura de precisión como los sistemas de posicionamiento global acompañado de un sistema de información geográfica acorde a las condiciones de producción de una empresa pecuaria.

MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Unidad de Producción de Alimentos de Chirigota, perteneciente a la Empresa Pecuaria “Niña Bonita” ubicada en el municipio Bauta, provincia Artemisa, durante los años 2009...2012. Se realizó un estudio periódico de las normas de productividad e índices de consumo de combustible en las labores agrícolas con y sin la utilización de los monitores

de a bordo. Una vez procesada toda la información recopilada en ambas variantes se calcularon los gastos energéticos de los conjuntos agrícolas que participaron en cada operación tecnológica.

Metodología para el cálculo del costo energético de los conjuntos agrícolas

Para determinar el costo energético de las operaciones se utilizó la metodología propuesta por Paneque, Fernandes y Oliveira (2002), la cual está respaldada por trabajos anteriores presentados por Fluck (1992) y Stout (1990). Mediante esta metodología se determina el costo energético total de la operación agrícola mecanizada (MJ/h), adicionando la energía secuestrada en los materiales de construcción (incluyendo su fabricación y transporte) combustible, lubricantes, filtros, reparaciones, mantenimientos y la mano de obra necesaria para operar los equipos.

Mediante la expresión (1), se determinan los costos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada (ES_t), en la cual se incluyen los aspectos antes citados.

$$ES_t = ES_m + ES_c + ES_{f_l} + ES_{mr} + ES_{mo} : MJ / h \quad (1)$$

donde:

ES_m – energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte, MJ/h;

ES_c – energía secuestrada en combustible, MJ/h;

ES_{f_l} – energía secuestrada en lubricantes/filtros, MJ/h;

ES_{mr} – energía secuestrada en reparaciones/mantenimiento, MJ/h;

ES_{mo} – energía secuestrada en mano de obra, MJ/h.

La **energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte** (ES_m) se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$ES_m = \frac{G_t \cdot EU_t}{VU_t} + \frac{G_m \cdot EU_m}{VU_m} : MJ / h \quad (2)$$

donde:

G_t, G_m – masa del tractor y la máquina agrícola respectivamente, kg;

EU_t, EU_m – energía por unidad de masa del tractor y la máquina agrícola respectivamente, MJ/kg;

VU_t, VU_m – vida útil del tractor y la máquina agrícola respectivamente, h.

En la Tabla 1 se muestran los valores de G , EU y VU . Los valores para G en la expresión (2) se obtienen de los manuales de explotación de la maquinaria, los valores de EU se obtuvieron de los datos aportados por Fluck (1992), Stout (1990) y Hetz y Barrios (1997) y los valores de VU se tomaron de la información aportada por Ibañez y Rojas en 1994¹.

TABLA 1. Parámetros de algunos equipos e implementos agrícolas para el cálculo de los costos energéticos

Equipo/Implemento	Vida útil, h	G, kg	Equivalencia energética, MJ/unidad
BELARUS – 800	12 000	3 490	
LANDINI LTZ – 155	16 000	5 600	
VALTRA BL – 88	16 000	3 885	109 por kg
VALTRA BH – 180	16 000	8 694	

¹ IBAÑEZ, M. y E. ROJAS.: Costos de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola, 58pp., Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Bol. de Ext. No. 26. 1994.

Equipo/Implemento	Vida útil, h	G, kg	Equivalencia energética, MJ/unidad
Arado Baldan AF – 4	2 000	600	66,8 por kg
Grada de 24 discos GD 24 – 26"	2 000	2 052	64,0 por kg
Grada de discos GR – 965	2 000	1 012	64,0 por kg
Surcador de 5 órganos	1 000	640	64,9 por kg
Distribuidor matéria orgánica ZACCARIA ZAM - S/30M	1 200	5 084	66,0 por kg
Segadora rotativa de discos FCR	2 000	370	66,0 por kg
Rastrillo Hilerador FCR – 9B	2 000	280	66,0 por kg
Empacadora LERDA TL – 1300L	2 000	1 050	74,6 por kg
Remolque forrajero RENTER RRA 70.2A (en vacío)	2 000	1 200	66,0 por kg
tiro de heno		2 700	
tiro de forraje verde		4 600	
tiro de ensilaje		4 800	
Silocosechadora Casale	2 500	1 260	87,6 por kg
Chapeadora CH-60	2 000	500	66,0 por kg
Jornada hombre (8 h)			18,2
Un litro de petróleo			47,8

La energía correspondiente al combustible utilizado (ES_c) en cada operación tecnológica así como la **energía secuestrada** se calculan a partir de las expresiones propuestas de Hetz y Barrios (1997) y Fluck (1992).

$$ES_c = Ch_c \cdot ES_c + Ch_c \cdot EC_c : MJ / h \quad (3)$$

donde:

Ch_c – Consumo horario de combustible, L/h;

ES_c – Energía secuestrada por el combustible, MJ/L;

EC_c – Energía que se obtiene de la combustión del combustible, MJ/L.

La **energía correspondiente a lubricantes/filtros** (ES_{fl}) y **reparaciones/mantenimiento** (ES_{mr}) se calculó según lo propuesto por Fluck (1992) y calculados por Hetz y Barrios (1997) como 5% de la energía del combustible y 129% de la energía correspondiente a materiales/fabricación, respectivamente.

$$ES_{fl} = 0,05 \cdot ES_c : MJ / h \quad (4)$$

$$ES_{mr} = 1,29 \cdot ES_m : MJ / h \quad (5)$$

El gasto energético de la mano de obra (ES_{mo}) se estableció según lo propuesto por Fluck (1992), según Tabla 1.

Los gastos energéticos expresados en MJ/h fueron transformados a MJ/ha empleando la productividad de los conjuntos agrícolas, utilizando la ecuación:

$$ESha = ES_l \cdot W \quad (6)$$

donde:

$ESha$ – gastos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada por unidad de área trabajada, MJ/ha;

W – productividad del conjunto agrícola, h/ha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de las normas de productividad e índices de consumo de combustible de los conjuntos agrícolas que realizan las distintas labores principales del proceso productivo (labores de preparación de suelo y labores para la obtención del heno y silo) en la unidad de servicio mecanizado de la Empresa Pecuaria “Niña Bonita” con o sin el empleo de las herramientas de agricultura de precisión se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2. Índices de consumo de combustible y normas de productividad por conjunto agrícola en las labores principales del proceso productivo

Labor	Composición del conjunto agrícola		Consumo horario, L/h		Productividad, h/ha	
	Fuente energética	Implemento	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS
Rotura	Valtra BL – 88	Arado Baldan AF – 4	10,0	9,7	2,98	2,31
Mullir	Valtra BH – 180	Grada de 24 discos GD 24–26"	15,0	14,8	1,12	0,89
Cruce	Valtra BL – 88	Arado Baldan AF – 4	9,0	8,7	2,60	1,94

Labor	Composición del conjunto agrícola		Consumo horario, L/h		Productividad, h/ha	
	Fuente energética	Implemento	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS
Mullir	Valtra BL – 88	Grada de discos GR – 965	10,0	9,5	1,50	1,20
Surcar	Belarus – 800	Surcador de 5 órganos	6,4	6,0	0,87	0,77
Fertilización orgánica	Valtra BL – 88	Distribuidor materia orgánica Zaccaria ZAM – S/30M	6,0	5,0	1,19	1,19
Corte de forraje	Landini LTZ – 155	Segadora rotativa de discos FCR	7,0	6,5	1,60	1,60
Hilerar	Landini LTZ – 155	Rastrillo Hilerador FCR – 9B	6,0	6,0	1,00	1,00
Empacar	Landini LTZ – 155	Empacadora Lerda TL–1300L	6,6	6,0	2,10	2,10
Traslado de pacas	Belarus – 800	Remolque forrajero Renter RRA 70.2A	6,6	6,0	1,00	1,00
Corte de forraje	Valtra BL – 88	Silocosechadora Casale	10,0	9,2	4,10	4,10
Tiro de forraje verde	Belarus – 800	Remolque forrajero Renter RRA 70.2A	6,0	5,3	1,00	1,00
Tiro de forraje (ensilaje)	Valtra BL – 88	Remolque forrajero Renter RRA 70.2A	6,0	5,0	1,00	1,00
Chapea	Belarus – 800	Chapeadora CH–60	7,0	6,0	1,50	1,50
TOTAL			111,6	103,7		

En la Tabla 2 se aprecia la existencia de valores bajos en las normas de productividad de los conjuntos agrícolas que realizan las labores principales del proceso productivo en la empresa, comparado con los valores obtenidos por los especialistas del antiguo Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria para este tipo de actividad (IIMA, 2006a,b).

Con la introducción en la empresa de los sistemas de posicionamiento global y de información geográfica se logra reducir en un 7,08% el consumo horario de combustible en las labores principales del proceso productivo (labores de preparación de suelo y labores para la confección del heno y silo) (Tabla 2). La implementación de los monitores de a bordo ha facilitado el incremento de la norma de productividad de los conjuntos agrícolas en las labores de alista-

miento del terreno, lo que ha representado una disminución en casi dos horas del tiempo para el cumplimiento del volumen a realizar.

Las herramientas de agricultura de precisión utilizadas han posibilitado no solo controlar el proceso de gestión de la maquinaria, el cual era deficiente, sino también disminuir el consumo de portadores energéticos y elevar la productividad del trabajo.

En la Tabla 3 se muestra desglosado por operaciones agrícolas, los gastos energéticos con y sin el empleo de los monitores de a bordo. Como se aprecia en la tabla para ambas variantes, los mayores gastos se obtienen para las labores de preparación de suelo con un 40% de los costos energéticos totales, siendo los mayores responsables de este comportamiento lo secuestrado en combustible con más del 80%.

TABLA 3. Energía secuestrada de cada operación tecnológica

Labor	ES _m , MJ/h		ES _c , MJ/h		ES _p , MJ/h		ES _{mr} , MJ/h	
	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS
Rotura	46,51	46,51	853,00	827,41	42,65	41,37	59,99	59,99
Mullir	124,89	124,89	1 279,50	1 262,44	63,98	63,12	161,11	161,11
Cruce	46,51	46,51	767,70	742,11	38,39	37,11	59,99	59,99
Mullir	58,85	58,85	853,00	810,35	42,65	40,52	75,92	75,92
Surcar	73,24	73,24	545,92	511,80	27,30	25,59	94,48	94,48
Fertilización orgánica	306,09	306,09	511,80	426,50	25,59	21,33	394,85	394,85
Corte de forraje	50,36	50,36	597,10	554,45	29,86	27,72	64,96	64,96
Hilerar	47,39	47,39	511,80	511,80	25,59	25,59	61,13	61,13
Empacar	77,32	77,32	562,98	511,80	28,15	25,59	99,74	99,74
Traslado de pacas	120,80	120,80	562,98	511,80	28,15	25,59	155,83	155,83
Corte de forraje	70,62	70,62	853,00	784,76	42,65	39,24	91,10	91,10
Tiro de forraje verde	183,50	183,50	511,80	452,09	25,59	22,60	236,72	236,72
Tiro de forraje (ensilaje)	184,87	184,87	511,80	426,50	25,59	21,33	238,48	238,48
Chapea	48,20	48,20	597,10	511,80	29,86	25,59	62,18	62,18

En general, la mayor incidencia de los gastos energéticos totales está dada por la energía secuestrada derivada del combustible, siendo la variante que tenía instalado los monitores de a bordo la que menores costos totales posee con una reducción de un 5,32% con respecto a la variante tradicional, lo que significa un ahorro de 707,58 MJ/h. En la variante sin el empleo de los GPS los costos

energéticos totales por unidad de área se ven afectados por las indisciplinas tecnológicas y organizativas cometidas, las cuales tienen una alta incidencia en el descenso de la productividad, provocando que se gasten 2 062,42 MJ más por cada hectárea trabajada (Tabla 4).

TABLA 4. Gastos energéticos totales con y sin el empleo de los monitores de a bordo

Labor	ES _p , MJ/h		ESha, MJ/ha	
	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS
Rotura	1 002,15	975,28	2 986,41	2 252,90
Mullir	1 629,48	1 611,56	1 825,02	1 434,29
Cruce	912,59	885,72	2 372,73	1 718,30
Mullir	1 030,42	985,64	1 545,63	1 182,77
Surcar	740,94	705,11	644,62	542,93
Fertilización orgánica	1 238,33	1 148,77	1 473,61	1 367,04
Corte de forraje	742,28	697,49	1 187,65	1 115,98
Hilarar	645,91	645,91	645,91	645,91
Empacar	768,19	714,45	1 613,20	1 500,35
Traslado de pacas	867,76	814,02	867,76	814,02
Corte de forraje	1 057,37	985,72	4 335,22	4 041,45
Tiro de forraje verde	957,61	894,91	957,61	894,91
Tiro de forraje (ensilaje)	960,74	871,18	960,74	871,18
Chapea	737,34	647,77	1 106,01	971,66
Total	13 291,11	12 583,53	21 416,11	19 353,69

En la Tabla 5 se representan los costos energéticos producidos a partir de la cantidad de horas trabajadas por cada operación tecnológica en la entidad agrícola durante el tiempo de la investigación. En ella se aprecia como los gastos energéticos son directamente proporcionales a la cantidad de horas trabajadas en el año, la cual aumenta paulatinamente entre un período y otro debido al incremento de los volúmenes de trabajo en la unidad (Figura 1).

Con los resultados obtenidos de la energía secuestrada en los materiales de construcción incluyendo la fabricación y transporte, combustible, lubricantes/filtros, reparaciones/mantenimiento y la mano de obra necesaria para operar los equipos agrícolas se determinaron los costos energéticos totales durante los cuatro años de duración de la investigación, los cuales se reflejan en la Figura 2. Los resultados alcanzados muestran un ahorro de **38 969,32 GJ**, lo que equivale a una disminución de los gastos energéticos con el empleo de las técnicas de AP en un **16%**.

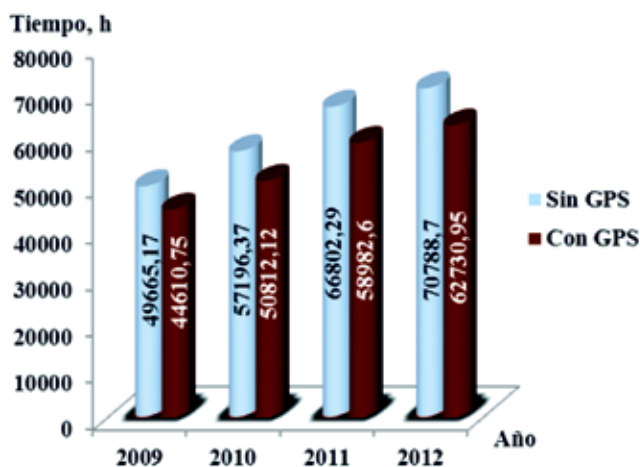


FIGURA 1. Volumen de trabajo anual en el periodo 2009...2012.

TABLA 5. Gasto energético producido durante los cuatro años de investigación

Año		ES _m , GJ	ES _s , GJ	ES _a , GJ	ES _{m2} , GJ	ES _{mo} , GJ	ES _t , GJ
2009	Sin GPS	4 002,76	37 423,36	1 871,17	5 163,56	112,99	48 573,84
	Con GPS	3 696,78	31 027,32	1 551,37	4 768,85	101,49	41 145,81
	Diferencia	305,98	6 396,04	319,80	394,71	11,50	7 428,03
2010	Sin GPS	4 695,12	44 202,63	2 210,13	6 056,71	130,12	57 294,72
	Con GPS	4 318,16	36 334,17	1 816,71	5 570,42	115,60	48 155,06
	Diferencia	376,96	7 868,46	393,42	486,29	14,52	9 139,66
2011	Sin GPS	5 459,00	51 559,17	2 577,96	7 042,10	151,98	66 790,21
	Con GPS	4 987,43	42 189,27	2 109,46	6 433,78	134,19	55 854,13
	Diferencia	471,57	9 369,90	468,50	608,32	17,79	10 936,08
2012	Sin GPS	5 866,68	54 694,68	2 734,73	7 568,02	161,04	71 025,15
	Con GPS	5 373,83	44 867,45	2 243,37	6 932,24	142,71	59 559,60
	Diferencia	492,85	9 827,23	491,36	635,78	18,33	11 465,55
Ahorro		1 647,36	33 461,63	1 673,08	2 125,10	62,14	38 969,32

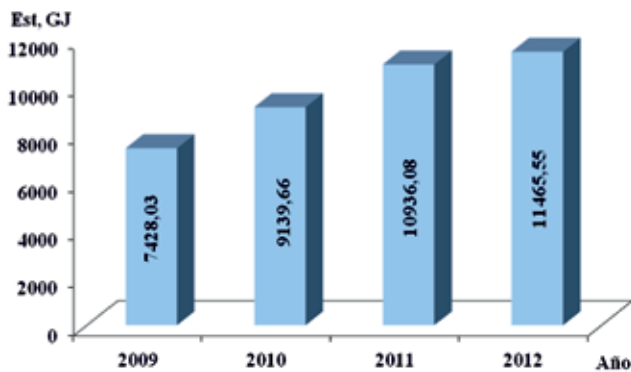


FIGURA 2. Ahorro energético alcanzado con el empleo de las técnicas de AP durante el período de estudio.

CONCLUSIONES

- Como resultado de la utilización de las herramientas de agricultura de precisión se alcanzaron nuevos valores de

índices de consumo de combustible y normas de productividad en los trabajos de acondicionamiento del suelo y en las labores para la confección del heno y silo, lo que demuestra la aplicabilidad del uso de estas técnicas;

- En las dos variantes se presentan los mayores gastos energéticos en las labores de preparación de suelo con un 40% de los costos energéticos totales;
- La energía correspondiente al combustible representó el mayor por ciento de los consumos energéticos;
- Los gastos energéticos horarios totales ascendieron a 12,58 y 13,29 GJ/h con y sin el empleo de las herramientas de agricultura de precisión respectivamente;
- Los gastos energéticos totales por unidad de área con el empleo de los sistemas de posicionamiento global se reducen en un 9,63% con respecto a la tecnología tradicional;
- Las herramientas de agricultura de precisión utilizadas posibilitaron disminuir los gastos energéticos totales en 16% durante el período que abarcó la investigación, lo que equivale a un ahorro de 38 969,32 GJ.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, L.; P. PANEQUE; O. ÁLVAREZ y M. BRIZUELA.: *Costo energético de las operaciones de siembra más comunes en Cuba*, [en línea] 2006, Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5332/cuf0183s.pdf> [Consulta: 10 Junio 2014].
- ANÓNIMO.: *Agricultura de precisión*, [en línea] 2011. Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/agricultura-de-precision.html> [Consulta: 3 Octubre 2011].
- DÍAZ, N. y J. N. PÉREZ.: *Metodología para evaluar el impacto de la maquinaria agrícola sobre los recursos naturales del medio ambiente*, 12pp., Ciencias Holguín, Revista trimestral, Año XIII, abril-junio, 2007, [en línea] 2007, Disponible en: <http://cienciahlg.idict.cu/index.php/cienciasholguin/article/viewFile/316/372> [Consulta: 24 Septiembre 2011].
- FLUCK, R.C.: *Energy in farm production*, 287pp., Vol. 6, of Energy in World Agriculture, Elsevier, Amsterdam, ISBN: 978-0-444-88681-1, Amsterdam, March 1992.
- HACISEFEROGULLARI, H.; M. ACAROGLU and I. GEZER.: "Determination of the energy balance of the sugar beet plant", *Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects*, ISSN: 1556-7036, 25 (1): 15-22, 2003.
- HETZ, E. y A. BARRIOS: "Reducción del costo energético de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile", *Chillán, Chile. Agro-Ciencia*, ISSN 0716-1689, 13 (1): 41 -47, 1997.
- IIMA.: *Maquinaria Agrícola. Programación y Control de su Explotación. AnaExplo*, 179pp., Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura (AGRINFOR), ISBN: 959-246-188-0, La Habana, Cuba, 2006a.
- IIMA.: *Tecnologías para las producciones agrícolas en Cuba*, 148pp., Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura (AGRINFOR), ISBN: 959-246-186-4, La Habana, Cuba, 2006b.
- LOWENBERG-DEBOER, J.: *Precision farming overview*, 32pp., Site-Specific Management Center Purdue University, USA, [en línea] 2012, Disponible en: <http://www.agriculture.purdue.edu/ssmc/DTCworkshop.pdf> [Consulta: 23 Febrero 2012].
- PANEQUE, P. y D. SOTO: "Costo energético de las labores de preparación de suelos en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 16 (4): 17-21, 2007.
- PANEQUE, P. y Y. PRADO: "Comparación de tres sistemas agrícolas en el cultivo del frijol", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 14 (3): 42-48, 2005.
- PANEQUE, P.; H.C. FERNANDES y A.D. DE OLIVEIRA: "Comparación de cuatro sistemas de labranza/siembra en relación con su costo energético", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 11 (2): 1-6, 2002.
- PONVERT, D. y A. LAU: "Uso de las imágenes de satélites y los SIG en el campo de la Ingeniería Agrícola", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 22 (4): 75-80, 2013.
- STOUT, B. A.: *Handbook of energy for world agriculture*, 504pp., Elsevier, Amsterdam, ISBN: 978-1-85166-349-1, Amsterdam, January 1990.

Recibido: 10/04/2014.

Aprobado: 13/03/2015.

Publicado: 19/04/2015.

Damián Lora Cabrera, Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Tel. (53) (7) 645-1731; 645-1353, Correo electrónico: dptomecan4@iagricu