

MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

ARTÍCULO ORIGINAL

Empleo de herramientas de computación para determinar los gastos de explotación en preparación de suelo

Use of computing tools to determine the expenses of operation in soil farming

Ing. Ailyn Caballero Portales^I, M.Sc. Damián Lora Cabrera^I, M.Sc. Sahylin Muñiz Becerá^{II}, Ing. Yanara Rodríguez López^{II}

^I Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

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

RESUMEN. El estudio se desarrolló en la Estación Experimental “Las Papas” ubicada en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, durante los meses de octubre y noviembre del 2013 partiendo de la realización del cronometraje y comprobación de índices de calidad a los agregados agrícolas formados por Belarus 510 + ADI-3 y MTZ-80 + grada 965 kg en las labores de cruce y mulción para la producción de papa. Para determinar los indicadores de explotación y económicos, se utilizaron los sistemas de computación TECEXP y CCE para la evaluación tecnológica, de explotación y económica respectivamente, los cuales garantizaron la fiabilidad de los cálculos obtenidos. Como principales resultados se puede señalar que los indicadores tecnológicos y de explotación determinados para cada agregado agrícola están en el rango establecido para este tipo de tecnología y labor, mientras que los costos de explotación del tractor Belarus 510 empleando un ADI-3 fueron de 47,46 peso/ha mientras que para el tractor MTZ-80 utilizando una grada 965 kg fueron de 13,91 peso/ha. En el análisis efectuado el gasto por concepto de consumo de combustible fue el que presentó mayor influencia dentro de los gastos directos de explotación.

Palabras clave: agregados agrícolas, sistemas de cómputo, indicadores de explotación.

ABSTRACT. The study was carried out in the Experimental Station “Las Papas”, in the municipality San José de las Lajas, province Mayabeque, during October and November 2013, starting from the realization of the timing and confirmation of indexes of quality of the agricultural machines sets formed by the tractor Belarus 510 with the plough ADI-3 and MTZ-80 with the disc harrow 965 kg in the cross-ploughing and crushing the clods for the production of potato. To determine the indicators of operation and economic, the automated systems TECEXP and CCE were used for the technological and operation evaluation and economic assessment respectively, considering that they guaranteed the reliability of the obtained calculations. As main results we can point out that the technological indicators and of exploitation determined for each agricultural set of machines are in the established range for this type of technology and work, while the costs of exploitation of the tractor Belarus 510 using an ADI-3 was of 47.46 peso/ha, and for the tractor MTZ-80 using a disc harrow 965 kg was of 13.91 peso/ha. In the analysis can be highlighted that the expenses for consumption of fuel was the one that presented bigger influence in the direct expenses of exploitation.

Keywords: agricultural machines, computation systems, indicators of operation.

INTRODUCCIÓN

Cualquier proceso de producción agrario tiene como objetivo final la obtención de la mayor cantidad de productos con el mínimo de gastos posibles (Vázquez *et al.*, 2013). El aumento de la producción en la agricultura por lo general obedece a la introducción de variedades mejoradas de los cultivos y a la creación de un entorno óptimo, que permita a las plantas y los animales desarrollar todo su potencial. La mecanización

de la agricultura ha permitido aumentar las áreas de cultivo, y ha contribuido a aumentar la productividad de las mismas, principalmente por la calidad con que se pueden ejecutar las labores agrícolas (Mejías *et al.*, 2012).

Cuba, como otros países en vías de desarrollo, invierte más en insumos de energía agrícola que en fertilizantes, semillas o sustancias agroquímicas, donde juega un papel determinante

la mecanización agropecuaria y dentro de ella la correcta explotación del parque de máquinas (González, 1993). Con el desarrollo de la revolución científico técnica en los campos, el uso de los tractores y equipos agrícolas se ha extendido a todos los rincones del país (Mejías *et al.*, 2012).

La complejidad de los procesos mecanizados, fundamentalmente en las labores de preparación de suelo, exigen que los tractores y máquinas agrícolas utilizadas sean sometidas constantemente a estudios e investigaciones con el objetivo de obtener información sobre su capacidad técnica de trabajo, sus índices económicos y otras características que permiten su mayor explotación; así como el perfeccionamiento continuo del diseño y la construcción. La investigación de estos parámetros es de alta relevancia, pues permite contar con los antecedentes necesarios para comparar alternativas de compra o variantes de organización de tecnologías, de forma tal que se reduzcan los egresos y aumenten las utilidades (Gil y Bernat, 1998; De las Cuevas *et al.*, 2009; Pupo *et al.*, 2014).

En este sentido se desarrolló un estudio que contempló la determinación experimental de los indicadores de explotación así como de sus costos a un conjunto de máquinas en la preparación de suelos para producción de papas.

Partiendo de lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue la utilización de dos sistemas de computación para determinar el comportamiento de los fundamentales indicadores de explotación y económicos de los conjuntos agrícolas Belarus 510 + ADI-3 y MTZ-80 + grada 965 kg en las labores de cruce y mullición respectivamente.

MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Estación Experimental “Las Papas” ubicada en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, durante los meses de octubre y noviembre de 2013, a partir de la realización del cronometraje y la comprobación de las exigencias de calidad de trabajo que demanda el cultivo de la papa en los agregados agrícolas Belarus 510 + ADI-3 y MTZ-80 + grada 965 kg en las labores de cruce y mullición. Estos tractores son universales de 4 x 4, presentando una potencia nominal de 42 y 59 kW respectivamente. El implemento utilizado en la primera labor es un arado integral de 3 discos (ADI-3) el cual presenta en sus órganos de trabajo discos cóncavos que producen el corte e inversión del prisma de tierra al girar, mientras que la grada de disco de 965 kg es un implemento que rompe los terrones del suelo con el objetivo de desintegrarlo en partículas más pequeñas.

Las condiciones de ensayo se realizaron según las normas cubanas NC 34-50 y 34-51 de 1987 y el procedimiento de normalización PG-CA-042 (IAGRIC, 2013a)¹.

La metodología utilizada tuvo como base el procedimiento de normalización PG-CA-043 (IAGRIC, 2013b)², la cual establece el procedimiento para la obtención, análisis y evaluación de los

índices de la efectividad tecnológica y de explotación de las máquinas agropecuarias y forestales.

Para el procesamiento de los datos compilados se empleó el programa de cómputo TECEXP, el cual determina los índices de efectividad tecnológica de las máquinas agropecuarias y forestales, según la norma NC 34-37, a partir de cronometrajes realizados a la máquina a prueba en condiciones de campo. Este programa brinda los resultados de cada turno de control, contemplando el volumen de trabajo realizado, balance de tiempo (limpio, operativo, productivo, de turno y de explotación), productividad horaria en 8 horas, gasto de combustible por unidad de trabajo realizado y en tiempo de explotación, tiempo de eliminación de desperfectos tecnológicos y técnicos, coeficiente de seguridad tecnológica y técnica, coeficiente de utilización del tiempo productivo y de explotación. Además ofrece un resumen de los índices primarios del turno de control, determinando la cantidad de veces que se repiten los tiempos según su código, así como el tiempo total consumido en el mismo. Por último determina los indicadores tecnológicos generales de la evaluación de la máquina a prueba, según la cantidad de turnos de control realizada (De las Cuevas *et al.*, 2008).

Una vez procesada toda la información se calcularon los gastos directos de explotación de los agregados agrícolas para las labores de cruce y mullición (NC 34:38, 2003; Alvarado, 2004). Para el estudio se valoraron como indicadores variables fundamentales los portadores energéticos, la amortización y los gastos asociados a los mantenimientos y reparaciones.

Para el procesamiento de los datos económicos se empleó el programa de cómputo CEE de los autores De las Cuevas *et al.* (2009), el cual permite calcular los costos energéticos y de explotación de las máquinas agropecuarias y forestales. Este programa brinda los resultados de los costos de explotación horarios (peso/h) y por unidad de área trabajada (peso/ha), contemplando el desembolso por concepto de salarios, amortización, reparaciones y mantenimientos, combustible, producto, etc., del conjunto analizado (De las Cuevas *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis y evaluación de los resultados agrotécnicos de los conjuntos agrícolas Belarus 510 + ADI-3 y MTZ 80 + grada 965 kg en la preparación de suelos para la papa

El suelo donde laboraron los agregados agrícolas era de textura arcillosa, el cual se encontraba compactado por la cosecha del boniato. Las labores iniciales que se realizaron en esta área fueron la rotura y mullición, donde se alcanzó una profundidad de 18 cm, no cumpliéndose con las exigencias establecidas, por lo que fue necesario ejecutar las labores de cruce y mullición.

Los índices de calidad de trabajo obtenidos por el Belarus 510 + ADI-3 y el MTZ 80 + grada 965 kg se muestran en la Tabla 1.

¹ IAGRIC: Sistema de gestión de la calidad. Pruebas de maquinaria agrícola. Determinación de las condiciones de ensayo, 10pp. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, 2013a.

² IAGRIC.: Sistema de gestión de la calidad. Pruebas de maquinaria agrícola. Evaluación tecnológico explotativa, 13pp. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, 2013b.

La velocidad promedio de trabajo del primer conjunto (*Belarus 510 + ADI-3*) fue de $6,03 \pm 0,05$ km/h y para el segundo (MTZ 80 + grada 965 kg) de $6,45 \pm 0,01$ km/h, las cuales se consideran satisfactorias ya que están en el rango permisible de 6,0 - 9,0 km/h según González (1993). Esta velocidad permite que el prisma de tierra sea lanzado y fraccionado durante el cumplimiento del proceso tecnológico.

La profundidad promedio de trabajo del primer conjunto fue de $0,25 \pm 0,005$ m y para el segundo $0,22 \pm 0,004$ m, valores que le conceden una buena estabilidad a los implementos durante el proceso de trabajo ya que los mismos cumplen con las exigencias fitotécnicas establecidas para este tipo de labores agrícolas que está entre 25 - 30 cm en la labor de cruce y 20 cm en la labor de mullición.

TABLA 1. Índices de calidad de trabajo en el cruce y la mullición

No	Denominación de los índices	Unidad de medida	Valor de los índices	
1	Lugar de trabajo		Estación Experimental "Las Papas"	
2	Labor		Cruce	Mullición
3	Velocidad de trabajo	km/h		
	promedio		6,03	6,45
	desviación típica		0,16	0,04
	coeficiente de variación		9,64	2,44
	valor mínimo		4,93	6,26
	valor máximo		6,52	6,73
	error estándar		0,05	0,01
4	Anchura de trabajo	m		
	promedio		0,79	2,12
	desviación típica		0,08	0,13
	coeficiente de variación		10,53	4,97
	valor mínimo		0,62	1,95
	valor máximo		0,9	2,30
	error estándar		0,03	0,04
5	Profundidad de trabajo	m		
	promedio		0,25	0,22
	desviación típica		0,02	0,01
	coeficiente de variación		7,71	11,88
	valor mínimo		0,22	0,19
	valor máximo		0,27	0,24
	error estándar		0,005	0,004

Análisis y evaluación de los resultados tecnológicos y de explotación de los conjuntos agrícolas Belarus 510 + ADI-3 y MTZ 80 + grada 965 kg en la preparación de suelos para la papa

Los resultados de la corrida del programa TECEXP para determinar los índices tecnológicos y de explotación de los conjuntos formados por el tractor *Belarus 510 + ADI-3* y *MTZ 80 + grada 965 kg*, utilizados en las labores de cruce y mullición para el cultivo de la papa, se muestran en la Tabla 2

TABLA 2. Índices tecnológicos y de explotación en las labores evaluadas

No	Denominación de los índices	Unidad de medida	Cruce	Mullición
1	Lugar de la prueba		Estación Experimental "Las Papas"	
2	Fecha		21-25/10/2013	4-7/11/2013
3	Agregado agrícola		Belarus-510 + arado 3 discos	MTZ-80 + grada 965 kg
4	Días trabajados		5	4
5	Tipo de suelo		Ferralítico rojo compactado	
6	Cultivo anterior		boniato	boniato
7	Labor anterior		Primer pase de mullición	Cruce
8	Volumen de trabajo realizado	ha	7,50	15,2
	Duración de la observación cronométrica	h		
9	Tiempo limpio (T_1)		18,69	12,01
10	Tiempo operativo ($T_{02}=T_1+T_2$)		23,34	15,69
11	Tiempo productivo ($T_{04}=T_1+T_2+T_3+T_4$)		24,00	16,03
12	Tiempo de turno sin fallos ($Tt=T_1+T_2+T_3+T_5+T_6+T_7$)		26,00	17,13
13	Tiempo de explotación ($T_{07}=T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6+T_7$)		26,00	17,13

No	Denominación de los índices	Unidad de medida	Cruce	Mullición
Productividad por hora:		ha		
14	De tiempo limpio		0,40	1,27
15	De tiempo operativo		0,32	0,97
16	De tiempo productivo		0,31	0,95
17	De tiempo de turno sin fallos		0,29	0,89
18	De tiempo de explotación		0,29	0,89
Productividad por 8 horas		ha		
19	En tiempo de turno sin fallos (W_p)		2,31	7,10
20	En tiempo explotativo (W_{07})		2,31	7,10
Gasto de combustible		L		
21	Por unidad de trabajo realizado (C_e)		28,00	8,68
22	Por hora de tiempo explotativo (C_h)		8,08	7,70
23	Gasto de materiales por unidad de trabajo realizado	kg	0,00	0,00
24	Coefficiente de seguridad tecnológica (K_{41})		1,00	1,00
25	Coefficiente de seguridad técnica (K_{42})		1,00	1,00
26	Coefficiente de utilización del tiempo productivo (K_{04})		0,78	0,75
27	Coefficiente de utilización del tiempo explotativo (K_{07})		0,72	0,70

Como resultado del cronometraje de las operaciones tecnológicas realizadas con el Belarus-510 + ADI-3 y el MTZ-80 + grada 965 kg se obtuvieron productividades de: 0,40 y 1,27 ha/h de tiempo limpio, 0,31 y 0,95 ha/h de tiempo productivo y 0,29 y 0,89 ha/h de tiempo de explotación respectivamente. Los valores de la productividad de tiempo explotación para ambos conjuntos se considera aceptable, encontrándose en el rango definido para este tipo de labor y agregación, el cual está en el rango de 0,21 - 0,30 ha/h en el primer conjunto y de 0,79 - 1,07 ha/h en el segundo conjunto según IIMA (2006a y b).

El consumo de combustible fue de 28 L/ha para la labor de cruce y de 8,68 L/ha para la actividad de mullición; estos valores de consumo se consideran aceptables ya que se hallan en los rangos definidos para este tipo de labor y agregación, que están en el rango de 21,5 - 29,2 L/ha y 7,0 - 9,4 L/ha respectivamente según IIMA (2006a y b).

El agregado formado por el tractor Belarus 510 + ADI-3 presentó un coeficiente de utilización del tiempo de explotación de 0,72 mientras que el formado por el tractor MTZ-80 + grada 965 kg fue de 0,70; los cuales se consideran admisibles en el trabajo de estas máquinas encontrándose dentro del rango establecido 0,7-0,95 según González (1993).

Durante las pruebas no ocurrieron paradas por causas tecnológicas ni técnicas, siendo los coeficientes respectivos igual a la unidad.

Análisis y evaluación de los resultados de los gastos de explotación de los agregados agrícolas Belarus 510 + ADI-3 y MTZ 80 + grada 965 kg en la preparación de suelos para la papa

En la Tabla 3 se muestran los resultados de salida del sistema automatizado CEE de los autores De las Cuevas *et al.* (2009, sobre los costos de explotación de los dos conjuntos agrícolas.

TABLA 3. Gastos de explotación de los conjuntos Belarus 510 + ADI-3 y MTZ 80 + grada 965 kg

Tractor Máquina agrícola	U/M	Belarus 510	MTZ-80
		ADI-3	Grada 965 kg
Gastos por concepto de salario del conjunto (G_s)	peso/h	4,08	4,08
Gastos por concepto de amortización del conjunto (G_a)	peso/h	1,98	1,14
Gastos por concepto de reparaciones y mantenimientos del conjunto (G_{rm})	peso/h	0,66	0,37
Gastos por concepto de consumo de combustible del conjunto (G_c)	peso/h	8,00	7,62
Gastos por concepto de producto utilizado (G_p)	peso/h	0,00	0,00
Gastos directos de explotación del conjunto (G_d)	peso/h	14,71	13,22
Gastos de explotación del conjunto (G_{ex})	peso/ha	47,46	13,91

Como se aprecia en la Tabla 3 el gasto por concepto de salario para ambos agregados agrícolas tiene igual valor de 4,08 peso/h pues se utiliza la misma cantidad de obreros que se benefician de la misma tasa salarial. El salario devengado fue de 1,95 peso/h, lo cual no tributa a una diferenciación en cuanto a los valores del gasto de uno u otro conjunto evaluado.

La depreciación en el primer conjunto tiene un valor de 1,98 peso/h mientras que para el segundo es de 1,14 peso/h. Esta diferencia está marcada por la variación de los precios asociados a los diferentes agregados y su carga normal anual.

Los gastos asociados a las tareas de mantenimiento y reparación alcanzan valores de 0,66 y 0,37 peso/h para los conjuntos Belarus 510 + ADI-3 y MTZ 80 + grada 965 kg, respectivamente. Estos valores tan bajos se corresponden con el hecho de que en este centro no se realizan reparaciones, sino pequeños mantenimientos diarios.

Como se aprecia el mayor peso de los gastos directos de explotación recae sobre los gastos por concepto de consumo de combustible con un 54,38 % en la labor de cruce y un 57,64 % en la actividad de mulción.

Los gastos directos de explotación (G_d) en el conjunto agrícola formado por el tractor Belarus 510 con el arado de tres discos ascienden a 14,71 peso/h, con unos gastos por unidad de

área trabajada (G_{ex}) de 47,46 peso/ha mientras que los valores obtenidos por el agregado agrícola integrado por el tractor MTZ-80 con la grada de 965 kg fueron de 13,22 peso/h y 13,91 peso/ha respectivamente.

CONCLUSIONES

- Los indicadores tecnológicos y de explotación determinados para cada agregado agrícola están en el rango para este tipo de tecnología y labor.
- El gasto por concepto de consumo de combustible es el que muestra mayor influencia en los gastos directos de explotación.
- Los gastos de explotación para los conjuntos agrícolas formados por Belarus 510 + ADI-3 y MTZ-80 + grada 965 kg fueron de 47,46 y 13,91 peso/ha respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, A.: *Maquinaria y mecanización agrícola*, 570pp., Ed. Universidad Estatal a Distancia (EUNED), ISBN 9968-31-332-7, San José, Costa Rica, 2004.
- DE LAS CUEVAS, H.; T. RODRÍGUEZ; M.I. HERRERA y P. PANEQUE.: "Software para la evaluación tecnológica de las máquinas agrícolas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 17(2): 24-28, 2008.
- DE LAS CUEVAS, H.; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE y M.I. HERRERA.: "Software para la determinación de los costos energéticos y de explotación de las máquinas agrícolas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 18(2): 78-84, 2009.
- GIL, E. y C. BERNAT.: *Las labores para la preparación del suelo*, [en línea] julio 1998. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_1998_706568.pdf [Consulta 23 marzo 2015].
- GONZÁLEZ, R.: *Explotación del parque de maquinarias*, 318pp., Ed. Félix Varela, ISBN 959-07-0028-4, La Habana, Cuba, 1993.
- 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.
- MEJÍAS, J.; H. PUPO y J. MARTÍNEZ.: *Comportamiento de los índices económicos de la maquinaria agrícola*, en *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, No 169, [en línea] 2012. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/html> [Consulta 23 marzo 2015].
- NC 34-38: 2003.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*, Vig. Febrero 2003.
- NC 34-50:87.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología general para las pruebas de las gradas de discos*, Vig. julio 1988.
- NC 34-51: 87.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la realización de las pruebas a los arados y subsoladores*, Vig. julio 1988.
- PUPO, H.; J. MEJÍAS y C.L. CASTREJÓN.: *Análisis del uso de la maquinaria en las empresas pecuarias "Urbano Noris" y "Cultivos Varios Báguano" de la provincia Holguín, Cuba*. *Revista Académica Tlatemoani, México*, [en línea] abril 2014. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/15/maquinaria-agricola.html> [Consulta: 23 marzo 2015].
- VAZQUEZ, H; L.R. PARRA; V.M. SANCHEZ-GIRON; J. MATO y A. ORTIZ.: "Análisis de la productividad y el consumo de combustible en conjuntos de labranza en un suelo Fluvisol para el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta crantz*)", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 3(1):61-67, 2013.

Recibido: 22/02/2015.

Aprobado: 14/11/2015.

Publicado: 05/12/2015.

Ailyn Caballero Portales, Adiestrada, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 ½, Rpto. Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Correo electrónico: adiestradainv2@iagric.cu

Damián Lora Cabrera, Correo electrónico: dptomecan4@iagric.cu

Sahylin Muñiz Becerá, Correo electrónico: sahylin85@gmail.com

Yanara Rodríguez López, Correo electrónico: yanita@unah.edu.cu

Nota: 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.