



EXPLORACIÓN Y PROCESOS MECANIZADOS *OPERATION AND MECHANIZED PROCESSES*

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial “Los Palacios”

Evaluation of the means of transport used in the rice harvest-transport process on the Rice Agroindustrial Complex “Los Palacios”

Yanoy Morejón Mesa¹, Ciro E. Iglesias Coronel² y Gemma Domínguez Calvo³

RESUMEN. El presente trabajo se realizó en el CAI Arrocerero “Los Palacios”, en la provincia Pinar del Río. La investigación tuvo como objetivo principal la evaluación tecnológica y de explotación del conjunto tractor New Holland TS-6020 con remolque RA-6 durante el proceso cosecha-transporte del arroz, con el propósito de reducir los costos durante el desarrollo de este proceso. Para la solución del problema planteado se determinó el tiempo del ciclo de transportación y la productividad real y teórica de los medios de transporte, considerando para ello los parámetros e indicadores de los mismos, posibilitando realizar un análisis económico del uso eficiente de dichos medios.

Palabras clave: capacidad, tiempo de ciclo, productividad, costo.

ABSTRACT. The present research was carried out on the Agroindustrial Rice Complex “Los Palacios”, on Pinar del Río province. The investigation had as main goal the technological-operational evaluation of the joint tractor New Holland TS-6020 with trailers RA-6 during the harvest-transport process, with the purpose of reducing the costs during the development of this process. For the solution of this problem it was determined the transportation cycle time and the real and theoretical productivity of the means of transport, considering the parameters and indicators of the means, giving the possibility to realize an economical analysis of the efficient use of these means.

Keywords: capacity, cycle time, productivity, cost.

INTRODUCCIÓN

Entre las causas que encarecen la producción y las operaciones poscosecha de los cereales, se encuentra la transportación del producto desde el campo en cosecha hasta en Centro de Recepción, los costos correspondientes a los trabajos de transportación pueden ascender de 40...60% (García, 1999; Miranda *et al.*, 2004), lo cual está dado esencialmente por la productividad de la cosechadora, la capacidad de los medios de transporte, las distancias a recorrer hasta el Centro de Recepción, el tipo y condiciones de los viales y los tiempos de espera que surgen durante el proceso cosecha-transporte.

Por otra parte estudios realizados sobre los indicadores que permiten evaluar el trabajo de los medios de transporte, han demostrado que el coeficiente de utilización de la capacidad de carga estática es el que mejor caracteriza el trabajo de estos medios, porque refleja el grado de aprovechamiento de la capacidad de cada medio.

Estudios realizados para las condiciones de México por García e Iglesias (2003); García (2005), durante la cosecha de cebada maltera los medios de transporte del grano fueron usados en un 80%, lo que implicó un desaprovechamiento del 9% respecto al mínimo óptimo recomendado, el cual debe estar situado entre 0,95...1,15%, provocando una disminución

Recibido 17/02/11, aprobado 19/05/12, trabajo 39/12, artículo original.

¹ M. Sc., Prof., Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP: 32700. E-✉: ymm@isch.edu.cu

² Dr. C., Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Ciencias Técnicas.

³ Ing., Prof. Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Ciencias Técnicas.

de la productividad de las cosechadoras en un 20...25% (Jro-bostov, 1977).

Partiendo de lo anterior surgió la necesidad de evaluar los medios de transporte que intervienen en el proceso cosecha-transporte del arroz para las condiciones específicas del CAI Arroceros "Los Palacios" con el propósito de reducir los costos que surgen en el proceso antes mencionado.

MÉTODOS

Bases para la determinación del tiempo de ciclo y parámetros productivos y económicos de los medios de transporte para cereales

- **Determinación del tiempo de ciclo (T_c).** La productividad del trabajo depende en grado considerable de la organización

$$T_c = t_l + t_{rcca} + t_{rctt} + t_{rvt} + t_{va} + t_{ecc} + t_{em} + t_{ed} + t_{epv} + t_{dg} + t_{pcc} + t_{pv}, h \quad (2)$$

donde:

t_l - tiempo de llenado del medio de transporte por la cosechadora, h;

t_{rcca} - tiempo de recorrido con carga en asfalto, h;

t_{rctt} - tiempo de recorrido con carga en terraplén, h;

t_{rvt} - tiempo de recorrido vacío en terraplén, h;

t_{rva} - tiempo de recorrido vacío en asfalto, h;

t_{ecc}, t_{em}, t_{ed}, t_{epv} - tiempo de espera con carga, de muestreo, descarga, de pesaje vacío, respectivamente, h;

t_{dg} - tiempo de descarga del grano, h;

t_{pcc}, t_{pv} - tiempo de pesaje con carga y vacío, respectivamente, h.

- **Determinación de la productividad teórica (W_u) y real (W_r) y de los parámetros e indicadores para los medios de transporte.** La productividad de los medios de transporte se determina por la cantidad de toneladas-kilómetro o toneladas transportadas por unidad de tiempo. La determinación de la productividad teórica o máxima posible de los medios de transporte (W_u) se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$W_u = \frac{q_n}{T_c}; t/h; W_r = \frac{(q_n \cdot L_{cc})}{T_c}, t - km/h \quad (3, 4)$$

donde: q_n - capacidad nominal de carga del medio de transporte dado por el fabricante, t; L_{cc} - distancia recorrida con carga, km.

Así también, la productividad real de los medios de transporte (W_r), está determinada por:

$$W_r = \frac{(q_n \cdot K_{uec})}{T_c}, t/h; W_r = \frac{(q_n \cdot K_{uec} \cdot L_{cc})}{T_c}, t - km/h \quad (5, 6)$$

donde: K_{uec} - coeficiente de utilización estática de la capacidad de carga del medio de transporte, el cual se determina por la siguiente ecuación:

$$K_{uec} = \frac{q_r}{q_n} \quad (7)$$

donde: q_r - carga real de granos transportada, t.

Los parámetros e indicadores que caracterizan la eficiencia del uso de los medios de transporte en la cosecha de productos agrícolas, sobre todo en aquellos que se rea-

lizan en flujo, tienen una gran importancia puesto que, influyen decisivamente en la productividad y en los costos del proceso tecnológico. De los parámetros constructivos y de explotación de los medios de transporte, así como de la organización del proceso, dependen que la cosecha se realice de forma armónica con las mínimas paradas no productivas y utilizando al máximo las posibilidades técnicas de todos los componentes del proceso. Los indicadores califican la utilización de los medios de transporte y brindan la posibilidad de evaluar y tomar las medidas oportunas para una mayor efectividad en su uso y en consecuencia aumentar la productividad y reducir los costos.

correcta del movimiento y de utilización de los medios de transporte, de la carga, la distancia, las condiciones de los viales y de los índices dinámicos y económicos. El movimiento ocurre por una ruta definida. Se denomina ruta a la dirección y al orden por el que se moverá el medio de transporte entre los puntos de partida y de destino de la carga.

En el proceso cosecha-transporte del arroz se utiliza la ruta pendular la cual se compone de dos trayectos (recorrido con carga hacia el Centro de Recepción y recorrido vacío hacia el campo) (Goberman, 1975). Durante el movimiento del medio de transporte desde el campo en cosecha hasta el Centro de Recepción y de retorno es consumido un tiempo, al que se denomina tiempo de ciclo el cual se puede determinar a través de la siguiente expresión:

$$T_c = t_l + t_r + t_e, h \quad (1)$$

lizan en flujo, tienen una gran importancia puesto que, influyen decisivamente en la productividad y en los costos del proceso tecnológico. De los parámetros constructivos y de explotación de los medios de transporte, así como de la organización del proceso, dependen que la cosecha se realice de forma armónica con las mínimas paradas no productivas y utilizando al máximo las posibilidades técnicas de todos los componentes del proceso. Los indicadores califican la utilización de los medios de transporte y brindan la posibilidad de evaluar y tomar las medidas oportunas para una mayor efectividad en su uso y en consecuencia aumentar la productividad y reducir los costos.

- **Determinación del costo económico para el medio de transporte durante el proceso de cosecha-transporte.** Los costos, para su análisis, se dividen en dos categorías: Costos Fijos (C_f) y Costos Variables (C_v) y la suma de los costos fijos y los costos variables dan lugar a los costos totales o de explotación (C_{exp}) (Iglesias, 2002; Hunt, 1983; Muñante, 2002), es decir:

$$C_{exp} = \sum_{i=1}^n C_{fi} + \sum_{i=1}^n C_{vi}, \text{ peso/h} \quad (8)$$

Costos específicos (C_{esp}). Los costos específicos, definen el costo en peso por cada unidad de trabajo realizada, es decir, la relación existente de los costos de explotación en peso/h, entre la productividad (W) en ha/h, en t/h o bien t-km/h, para todo el complejo de cosecha-transporte o solamente algún eslabón y se determina por:

$$C_{esp} = \frac{C_{exp}}{W}, \text{ peso/ha, peso/t, peso/t - km} \quad (9)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados de la evaluación tecnológica y de explotación de los medios de transporte

Para los resultados de esta investigación se consideró un rendimiento promedio de 3,7 t/ha, evaluándose el proceso tecnológico y de explotación del tractor NEW HOLLAND TS-6020 con remolque RA-6, el cual tiene una capacidad nominal de 8 t.

El ciclo de transportación del arroz en el CAI, se describe como un proceso el cual se lleva a cabo en tres etapas:

Etapas I. Estancia de los medios de transporte en el campo, en espera para ser cargados de grano;

Etapas II. Traslado de los medios de transporte con carga hacia el Centro de Recepción y retorno vacíos al campo en cosecha;

Etapas III. Estancia de los medios de transporte en el Centro de Recepción para la descarga del grano.

Para la evaluación del tiempo de ciclo fueron analizados 12 elementos, desde el campo en cosecha hasta el Centro de Recepción y de retorno. El remolque que conforma este medio de transporte tiene una capacidad nominal de 8 t; la distancia media total de tiro de 18 km, de ellos 13 km por viales asfaltados y el resto viales de terraplén y como base para el cálculo del tiempo de ciclo el valor de cada uno de los elementos se determinó a través del cronometraje (Morejón, 2012).

- **Tiempo de ciclo (T_c).** Para el cálculo de la productividad de los medios de transporte es necesario determinar el tiempo de ciclo (T_c), el cual se determina a través del cronometraje de cada uno de los tiempos tecnológicos que intervienen en él. Para el tiempo de llenado del transporte (t_{ll}), se determina en primer lugar el tiempo de llenado de la tolva de la cosechadora (t_{llc}), cuyo resultado fue de 0,45 h. El tiempo de descarga del grano de la tolva de la cosechadora (t_{dc}) al medio de transporte fue de 0,04 h. El tiempo de recorrido promedio de la cosechadora (t_{rc}) en el campo en cosecha fue igual a 0,05 h. La velocidad de recorrido de la cosechadora con carga (V_{rcc}) y vacía (V_{rcv}) alcanzó valores de 3,63 y 4,44 km/h y una velocidad media de 4,03 km/h. La cantidad de tolvas de la cosechadora (N_c) que caben en el medio de transporte alcanzó un valor de dos por cada remolque RA-6. Por tanto, el tiempo de llenado del medio de transporte (t_{ll}) en el campo en cosecha fue de 1,33 h; el número de recorridos necesarios de la cosechadora (r_c) para realizar el llenado del medio de transporte fue dos.

Para determinar el tiempo de recorridos se debe considerar en primer lugar, la ubicación de los Centros de Recepción, los cuales para el rendimiento agrícola de 3,7 t/ha se encuentran a una distancia media de 18 km. Por tanto, los cálculos se realizaron a partir de esta distancia, el resultado para el tiempo de recorridos con carga en terraplén (t_{rct}) fue de 0,32 h; en asfalto (t_{rca}) de 0,72 h y en vacío en ambas condiciones (t_{rvt} , t_{rva}), 0,25 y 0,60 h. Por lo que, el tiempo medio de recorrido (t_r), desde el terreno cosechado hasta el Centro de Recepción y viceversa, arrojó el valor de 1,89 h.

Para el cálculo del tiempo de estancia promedio del medio de transporte en el Centro de Recepción (t_e) se obtuvo 0,80 h. Por tanto, el tiempo de ciclo (T_c) es de 4,02 h a partir de la

sumatoria de todos los componentes de tiempo que lo conforman para el rendimiento y la distancia de transportación anteriormente planteados.

- **Productividad teórica (W_{tt}) y real (W_r) de los medios de transporte.** La determinación de la productividad teórica del medio de transporte (W_{tt}) tractor NEW HOLLAND TS-6020 con remolque RA-6, arrojó valores de 1,99 t/h y 35,82 t-km/h, según las expresiones 3 y 4; a su vez la productividad real (W_r) alcanzó valores de 1,95 t/h y 35,10 t-km/h, según las expresiones 5 y 6 las que evidenciaron su aplicabilidad.

La productividad teórica del medio de transporte (W_{tt}), está en función de diversos parámetros técnicos y tecnológicos, además de la capacidad de carga nominal y el tiempo de ciclo, también del rendimiento del cultivo (U) y de la productividad de la cosechadora (W_c). La relación entre la productividad teórica del medio de transporte y el rendimiento agrícola se puede observar en la Figura 1., la línea de tendencia indica la alta correlación existente entre el rendimiento agrícola y la productividad del transporte hasta un 99,98 %, regido por la ecuación $W_{tt} = 0,5322U - 0,0183$ t/h.

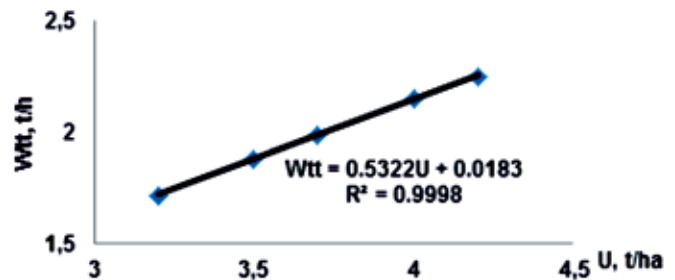


FIGURA.1. Comportamiento de la productividad teórica (W_{tt}) del tractor NEW HOLLAND TS-6020 con remolque RA-6 en función del rendimiento agrícola del grano (U).

De igual forma la productividad real del medio de transporte (W_r), la relación entre la productividad real del medio de transporte y el rendimiento agrícola se puede observar en la Figura 2., observándose que la línea de tendencia indica la alta correlación existente entre el rendimiento agrícola y la productividad del transporte hasta un 99,96%, regido por la ecuación $W_r = 0,5201U - 0,0194$ t/h.

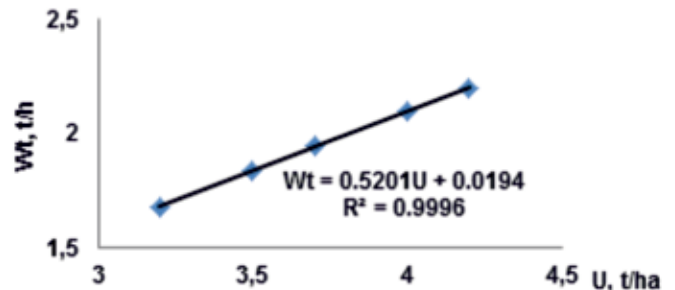


FIGURA 2. Comportamiento de la productividad real (W_r) del tractor NEW HOLLAND TS-6020 con dos remolques RA-6 en función del rendimiento agrícola del grano (U).

Por consiguiente se concluye que para ambos casos, a mayor rendimiento del cultivo y grano cosechado por la cosechadora, mayor es la productividad de los medios de transporte.

Resultados del análisis económico del medio de transporte durante el proceso de cosecha-transporte

Al emplear las expresiones 8 y 9, se obtiene un costo económico específico para la productividad teórica de los medios de transporte de 13,37 peso/h y para la productividad real de dichos medios se obtiene un costo de 13,65 peso/h, de esta forma si se utiliza al máximo la capacidad nominal de los medios de transporte es posible reducir los costos en 0,28 peso/h y si se considera que el turno de trabajo es de 10 h, entonces se una reducción por turno de 2,8 peso.

Otro aspecto que se debe considerar es que este estudio es para un solo remolque, y los conjuntos de transporte están formados por trenes de dos y tres remolques lo que influye directamente en la reducción de los costos si se utiliza la capacidad nominal de estos medios al máximo permisible.

CONCLUSIONES

- Las investigaciones experimentales realizadas a los medios de transporte tractor New Holland TS-6020 con remolque RA-6 en rendimientos agrícolas que oscilan de 3, 2...4, 2 t/ha, permitieron obtener ecuaciones del comportamiento de la productividad de dichos medios.
- El costo económico específico para la productividad teórica de los medios de transporte fue de 13,37 peso/h y para la productividad real de dichos medios se obtuvo un costo de 13,65 peso/h, de esta forma si se utiliza al máximo la capacidad nominal de los medios de transporte es posible reducir los costos en 0,28 peso/h (2,8 peso/turno)
- La variante tecnológica estudiada afirma la validez del uso eficiente de la capacidad nominal de estos medios de transporte en la reducción de costos bajo criterios económico y de explotación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GARCÍA, S.S.: El proceso de producción agrícola: ejemplo de análisis para el proceso tecnológico del transporte. En: **Memorias del IX Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola**, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1999.
2. GARCÍA, S.S y C. IGLESIAS: "Análisis tecnológico y de explotación del proceso de cosecha de cebada con la cosechadora John Deere 9500", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12(4): 15-18, 2003.
3. GARCÍA, S.S.: *Investigación del complejo mecanizado cosecha transporte de cebada en la región del Bajío Guanajuatense para elevar su eficiencia técnico-económica*, 161pp., **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)**, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2005.
4. GOBERMAN, V. A. *Manual de explotación del transporte en la agricultura*, Rossel'hozizdat, Moscú. (en idioma ruso), 1975.
5. HUNT, D. *Maquinaria agrícola, rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipo*, Manual de laboratorio y cuaderno de trabajo, Editorial LIMUSA, México, 1983.
6. IGLESIAS, C.E. *Administración de maquinaria agrícola, (apuntes para un libro de texto)*, 500pp., Universidad Autónoma Chapingo, México, 2002.
7. JROBOSTOV, S. N. *Explotación del parque de tractores y máquinas*, Editorial Mir. Moscú, 1977.
8. MIRANDA, C. A.; C. IGLESIAS; J. ANILLO y R. FIGUEROA: "Estudio comparativo de la productividad y el consumo de combustible de las máquinas cosechadoras de arroz Ideal 9075 y New Holland L5117 en función de los rendimientos agrícolas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(1): 31-35, 2004.
9. MOREJÓN, Y. *Determinación de la composición racional de la brigada cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en el CAI Arroceros "Los Palacios"*, 88pp., **Tesis (en opción al título de Master en Mecanización Agrícola)**, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, 2012.
10. MUÑANTE, P. D. *Formulación y evaluación de proyectos (apuntes para el curso)*, Centro de Educación Continua y Servicios Universitarios, Universidad Autónoma Chapingo, México. (impreso), 2002.



||| GIAF