



EXPLORACIÓN Y PROCESOS MECANIZADOS
OPERATION AND MECHANIZED PROCESSES

Determinación de los principales parámetros de calidad que afectan la cosecha mecanizada de arroz

Determination of the main quality parameters that affect the mechanical harvest of rice

Alexander Miranda Caballero¹, Ciro E. Iglesias Coronel², Erwin Herrera González³, Nathali Abraham Ferro⁴ y Santiago Castells Hernández⁵

RESUMEN. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la calidad de la cosecha mecanizada de la semilla de arroz, realizada por las cosechadoras de arroz New Holland L521, en las condiciones de trabajo del Complejo Agroindustrial (CAI) Arrocerero “Los Palacios”. Fueron evaluados los parámetros tecnológicos de la cosechadora en función de la calidad del producto cosechado, tales como: grano entero, pelado y/o quebrado, contenido de impurezas y pérdidas totales. Los resultados obtenidos para los parámetros estudiados indican que para las cosechadoras New Holland L 521 el comportamiento del grano pelado y/o quebrado en los cinco rendimientos agrícolas observados tomó valores de 5,2-6,4% y el contenido de impurezas estuvo entre 8,3-9,6%, encontrándose ambos parámetros por encima de los límites establecidos, influyendo principalmente en este aspecto la mala regulación de los órganos de trilla, la velocidad trabajo y la mala capacitación de los operadores. La aplicación de estos resultados le permite al CAI Arrocerero Los Palacios disminuir las pérdidas. Durante la cosecha se redujeron las pérdidas de 206 kg/ha hasta 85 kg/ha, lo que representa un efecto económico de \$ 316 202.04 pesos cubanos y a la vez permite dejar de invertir aproximadamente por la compra del arroz cáscara para ser procesado para la alimentación de nuestra población 184 793.4 USD.

Palabras clave: cosechadora de arroz, parámetro, impureza.

ABSTRACT. The aim of this paper is to analyze the quality of the mechanical harvest of rice seeds, carried out by the New Holland L521 rice harvester machines, at the Rice Farm “Los Palacios”. Their technological parameters were evaluated depending on the quality of the harvested product, taking into account some aspects such as: the entire, peeled and/or broken grain, the impurity content and total losses. This resulted in values of 5,2- 6,4% for peeled and/or broken grain in the five agricultural yields. On the other hand, the impurity content was among 8,3-9,6%, so that both parameters exceed the established limits. This is mainly caused by: the bad regulation of thresh, the work speed and the poor training of operators. These results allow decreasing losses. During the harvest losses decreased from 206kg/ha to 85kg/ha which represents an economic effect of \$ 316 202.04 pesos. This also permits to stop investing about 184 793.4 USD on rice for our population feeding.

Keywords: rice harvester machine, parameter, impurity.

INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso tecnológico en la producción arrocera la recolección es un tema de indudable interés general, no sólo

porque es el intermedio entre la agricultura y la industria, sino también por el extraordinario impulso que la mecanización ha tenido en los últimos años, apareciendo sobre este tema en los trabajos de Navarro (2005); Miranda (2004); Laguna (2000);

Recibido 04/04/09, aprobado 21/09/10, trabajo 46/10, investigación.

¹ Dr.C., Director Estación Experimental del Arroz Los Palacios. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32700, E-✉: alex@inca.edu.cu

² Dr., Prof. e Inv. Titular, Universidad Agraria de La Habana-CEMA, La Habana. CP: 32700.

³ Ing., Prof., Centro Universitario Guantánamo, Cuba.

⁴ Ing., Instituto de Investigaciones del Arroz, La Habana, Cuba.

⁵ Ing., Director Complejo Agroindustrial Arrocerero “Los Palacios, Pinar del Río, Cuba.

Saakian (1973). Las pérdidas, los daños mecánicos e impurezas son aspectos contemplados en las exigencias agrotécnicas para la cosecha de arroz, los mismos no deben ser superiores a 2-7%, para los granos pelados y/o quebrados y para las impurezas de 8-10% (NRAG-920: 88 y NRAG-910: 88, 2008, *Directivas técnicas para la producción arrocerá*, 2008; *Instructivo técnico del arroz*, 2008).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, y ante la realidad actual del país, donde se han invertido cuantiosos recursos en la adquisición de equipos para el desarrollo del proceso cosecha de arroz con la mayor calidad, se desarrolló la siguiente investigación que tuvo como objetivo la evaluación de los factores que influyen en la calidad del grano de arroz cosechado en las condiciones de producción del CAI arrocerá "Los Palacios".

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en CAI Arrocerá "Los Palacios", en la provincia de Pinar del Río, durante los años de campaña de cosecha 2007-2008. El trabajo de campo, la caracterización del sitio experimental y del cultivo se realizó en las condiciones de cosecha de los Sistemas Ingenieros, por ser áreas típicas, a solicitud de los directivos del CAI, en la variedad de arroz INCA LP-5, por ser la más sembrada. La evaluación tecnológica, de explotación, y de la calidad del grano cosechado, fueron llevadas a cabo con cosechadoras marca New Holland modelo L521. Para encontrar una respuesta a la problemática, se establecen las bases científicas y mecanismos de solución. Se utilizaron las normas cubanas NC 34-47 (2003) y NC 34-38 (2003).

Metodología utilizada para la determinación de la calidad de la cosecha mecanizada de arroz Análisis de la productividad de la cosechadora de arroz New Holland L521

La productividad es una de las principales características de la máquina, que ejerce una influencia notable en los gastos de trabajo vivo, combustible, recursos financieros, utilización del metal de la máquina y otros indicadores de los procesos de mecanización en la agricultura. Como es conocido, la prolongación de los periodos agrotécnicos de siembra, atención y cosecha de los cultivos traen consigo grandes pérdidas en la cosecha. La cantidad de trabajo puede ser medida en toneladas de grano procesado por hora.

$$W_k = 0,1 \cdot B_r \cdot V_k \cdot U_g \cdot K_{exp}, \text{ t/h} \quad (1)$$

Donde:

K_{exp} – coeficiente de explotación de la cosechadora = 0,54, en las condiciones del CAI arrocerá "Los Palacios" (Miranda 2006).

La alimentación de la cosechadora

Una alimentación estable de la cosechadora se logra a partir de su ancho real de trabajo, manteniendo a un nivel

constante la cantidad de masa biológica cosechada. Esto se logra si la velocidad de trabajo de la máquina está en función del rendimiento agrícola del grano [$V_k = f(U_g)$], es decir la velocidad de la cosechadora disminuye proporcionalmente al aumento de la masa vegetal por su rendimiento biológico e inversamente.

La alimentación de la cosechadora se puede determinar por:

$$A_C = \frac{(B_{tr} \cdot K_B) V_k U_g}{36 \alpha}, \text{ kg/s} \quad (2)$$

donde:

K_B - coeficiente de utilización del ancho de trabajo, 0,9-0,99 (NC 34-47);

V_k - velocidad de la cosechadora;

U_g - rendimiento agrícola del grano;

α - coeficiente de contenido de grano (0,25 recomendado según Miranda (2006);

A partir de la ecuación 2 se puede calcular el rango de velocidad de trabajo de la cosechadora entre los rendimientos mínimos y máximos del grano, despejando V_k :

$$V_{max} = \frac{36 A_C \alpha}{B_{tr} U_{g \min}}, \quad V_{min} = \frac{36 A_C \alpha}{B_{tr} U_{g \max}}, \text{ km/h} \quad (3 \text{ y } 4)$$

La entrada real (A_r) de masa vegetal a la cosechadora debe ser igual a la capacidad de alimentación de la misma, es decir a la cantidad que puede trillar la máquina con pérdidas de granos en los límites permisibles (A_p); según Zhalinin (1977), ésta deberá ser de 1,5-2%

$$Ar \leq Ap$$

Hay que tener que tener en cuenta que la alimentación de la cosechadora a una misma velocidad y ancho de trabajo fluctuará, ya que el rendimiento agrícola en el campo es un valor promedio que va de un mínimo a un máximo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alimentación de la cosechadora

Durante el desarrollo de las investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de la alimentación de la cosechadora durante la cosecha, se pudo observar que para condiciones reales de producción, esta toma valores entre 8,2-10,24 kg/s, en los rendimientos agrícolas del grano estudiados (Figura 1). Por los resultados obtenidos se puede plantear que se evidencia una subutilización de las potencialidades productivas de la máquina, en lo referido a su posible alimentación. Esto nos indica que de esta alimentación es de donde se obtendrían los valores óptimos de composición de la masa vegetal, y la máquina posee la capacidad técnica y tecnológica que hace posible trabajar con un máximo de productividad y que a valores inferiores de alimentación aumentan los daños al grano y las impurezas.

Para valores de alimentación superiores a 10,24 kg/s se producen atascamientos, debido a que no fue seleccionada la velocidad óptima de trabajo en función del rendimiento.

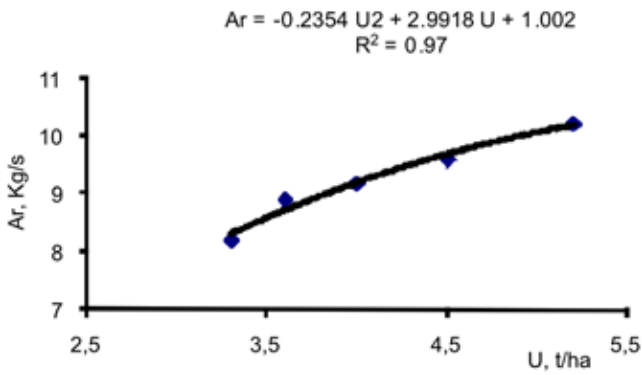


FIGURA 1. Alimentación real de la cosechadora New Holland L521 en función del rendimiento agrícola.

Como se conoce, la alimentación de la cosechadora está dada por dos parámetros fundamentales, el rendimiento biológico del grano y la velocidad de desplazamiento de la cosechadora; el rendimiento del grano en el campo es una magnitud media, que fluctúa entre un máximo y un mínimo. Partiendo de estos aspectos queda claro que es necesario determinar una relación entre el rendimiento del grano y la velocidad, que nos brinde una alimentación “estable”.

El ancho constructivo de trabajo de la cosechadora (Bc) es 5,40 m y fue aprovechado en un 92 %, con lo cual se obtuvo ancho real (Btr), de 5,00 m. El rendimiento medio agrícola del grano tomado para los cálculos fue de 4,12 t/ha, siendo este el valor real de producción. El coeficiente (α) contenido del grano alcanzado fue de 0,25, considerando una altura media de corte de 30 cm.

Análisis de los parámetros en relación al daño del grano cosechado (Gdp) e impurezas (Me)

En el caso particular de la semilla arroz, los impactos causados por los mecanismos de trilla, adquieren una gran importancia, ya que son la principal fuente de daños mecánicos y causantes de las disminuciones en el vigor y la germinación de la misma. Analizando la Figura 2, se observa que a medida que aumenta la alimentación de las cosechadoras, el porcentaje de granos quebrados y pelados por la máquina va aumentando, llegando a oscilar entre 5,2-6,4% (2a) y para impurezas de 8,3-9,6 % (2b), siendo superior a lo establecido, respectivamente, por lo que es necesario seguir trabajando en controlar las regulaciones del sistema de trilla, principalmente la separación del cóncavo con el tambor del trillador, así como controlar que la cosecha se realice en el período agrotécnico establecido para las diferentes variedades que se cosechan. Otro factor que incide es que no se realiza una limpieza de los órganos de trilla como está estipulado, después de terminar de la jornada de trabajo, lo que trae consigo la acumulación de masa vegetal pegada en la superficie de estos órganos, lo que impide un correcto trabajo de los mismos.

Además la inadecuada regulación del cabezal supera la tolerancia de pérdidas por plataforma, donde se observan molinetes con elevada velocidad de giro (índice de molinete) y baja posición de trabajo de sus dientes en situaciones innecesarias. El mal mantenimiento de la barra de corte (puntones y cuchillas). No solo la mala regulación de la cosechadora o el uso de variedades no adaptadas explican las elevadas pérdidas totales.

La calidad de la cosecha también se vio afectada por el deficiente drenaje externo e interno del suelo, al producir un insuficiente desarrollo de la planta y por lo tanto provocó variaciones en la altura de corte y el atascamiento de los sistemas de corte de las cosechadoras.

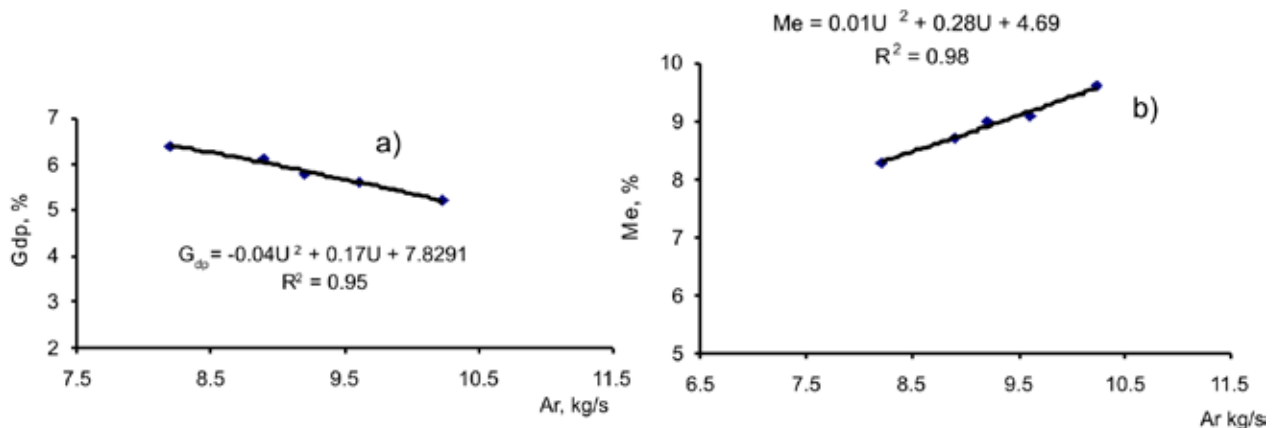


FIGURA 2. Comportamiento de la calidad del grano cosechado por la cosechadora New Holland L521 en función de la alimentación real; a). Grano pelado y quebrado (Gdp); b). Impurezas (Me).

Velocidad de trabajo

La efectividad de la cosecha mecanizada, evaluada a partir de la reducción de pérdidas en cantidad y calidad, ha sido relacionada con la integración de factores asociados con las características técnicas de las combinadas, las condiciones del terreno y del cultivo, así como la capacitación de los principales actores de la cadena productiva y el desarrollo de tecnologías ajustadas a las condiciones específicas de cada localidad.

En la Figura 3, se representa la tendencia de la velocidad de trabajo de las cosechadoras para los rendimientos estudiados, alcanzando valores de 3,9-4,8 km/h, lo cual es inferior a la velocidad de trabajo recomendada para este tipo de cosechadoras de cereales a nivel internacional, que es de 5-8 km/h.

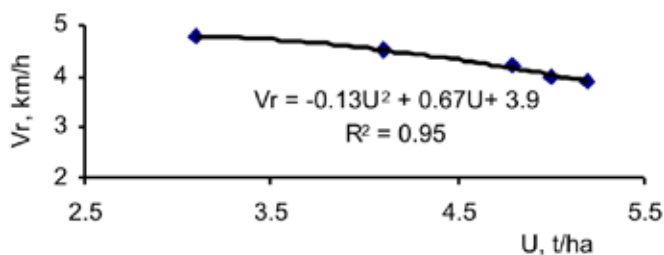


FIGURA 3. Velocidad de la cosechadora New Holland L-521.

Análisis económico de la calidad de la cosecha

Basándose en los resultados obtenidos en la investigación se propone el siguiente plan de medidas para aumentar la calidad de la cosecha mecanizada del arroz en el CAI Arrocero “Los Palacios”.

La aplicación correcta del plan de medidas obtenido durante desarrollo de esta investigación en las condiciones de cosecha mecanizada en el CAI arrocero Los Palacios permite reducir las pérdidas de 206 kg/ha hasta 85 kg/ha, equivalentes a \$316 202.04 MN y reducir el gasto en la compra de arroz cáscara para ser procesado para alimentación de nuestra población mercado internacional en 184 793.4 USD.

TABLA 1. Medidas implementadas para incrementar la calidad de la cosecha mecanizada del arroz en el CAI Los Palacios

Parámetros evaluados	Deficiencias	Recomendado	Observaciones
Velocidad de trabajo, km/h	3,9÷4,8	5÷8	Se disminuye la velocidad de avance para evitar el atoramiento de las cribas y las pérdidas.
Altura de corte, cm	35÷40	30	Se redujo la altura de corte en función del nivel de la carga
Velocidad del cilindro de trilla.	400	450-500	Se varió la velocidad del cilindro en dependencia de la densidad de siembra y la hora del día.
Alimentación, kg/s	7÷8	10,24	Se incrementó la apertura del cóncavo en función de la masa vegetal que entraba al sistema. Superiores al valor recomendado se producen atascamiento en el sistema de trabajo de la máquina.
Daños al grano, %	8÷10	5÷6	El mecanismo de corte no está operando a la velocidad indicada.
Impurezas, %	10÷16	8÷9	Acumulación de materias extrañas en la plataforma de corte y mala regulación del sistema de ventilación.
Pérdidas totales, kg/ha	206	85*	Ajustes y operaciones incorrectas por parte del operador.

*Trabajar hasta llegar a valores entre 30÷50 kg/ha.

CONCLUSIONES

- Se elaboraron las bases teóricas y metodológicas para el desarrollo de las investigaciones experimentales que permiten evaluar la calidad del grano cosechado.
- El comportamiento del grano pelado y/o quebrado para la cosechadora New Holland L 521, para los diferentes rendimientos agrícolas, toma valores de 5,2 y 6,4, y el grado de impurezas se encontró entre 8,3 y 9,6 %, siendo necesario obtener una alimentación “estable”, lo cual permitiría mejorar la eficiencia de la calidad de la cosecha durante el empleo de estas máquinas.

- La velocidad de trabajo utilizada durante la realización de la cosecha para la cosechadora New Holland L 521, está por debajo de sus potencialidades, según lo recomendado por la bibliografía especializada, lo que no permite mantener la calidad del grano cosechado dentro de los límites permisibles.
- La aplicación del plan medidas recomendado en este trabajo le permitió al CAI Los Palacios reducir los valores de pérdidas durante la cosecha de 206 kg/ha hasta 85 kg/ha.
- Se logro un efecto económico de \$316 202.04 MN y a la vez se puede dejar de invertir aproximadamente por la compra de arroz cáscara en mercado internacional para la alimentación de nuestra población de 184 793.4 USD.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instructivo técnico del arroz*, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 2008.
- Directivas técnicas para la producción arrocera en el año 2008*, CUBA, Ministerio de la Agricultura, Unión CAI Arroz, La Habana, Cuba, 2008.
- MIRANDA, C. A.: *Estudio de la productividad de las cosechadoras New Holland L520 en función de la utilización del tiempo de turno en las condiciones del CAI arrocero “Los Palacios”*, 100pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2006.
- NAVARRO, I.: *Informes de prueba de las cosechadoras de granos New Holland L-517 y L-520, Impag y Cubar 90*, Informes de Prueba, Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), La Habana, Cuba, 2005.

- MIRANDA, C. A.: "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.
- LAGUNA, A.: *Maquinaria agrícola*, 361pp., Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, 2000.
- ZHALININ, E. V.: *Mecanización de la cosecha de arroz*, Rosseljoizdat, Moscú, URSS, 1977.
- SAKIAN, D. N.: *Control de la calidad de los trabajos mecanizados en la agricultura*, Kolos, Moscú, URSS, 1973.
- NRAG-920: 88: Arroz cáscara húmedo, Determinación de cáscaras, pajas y granos, La Habana, Cuba, 1988.
- NRAG-910:88: Arroz cáscara húmedo. Determinación de materias extrañas, La Habana, Cuba, 1988.
- NC 34-47: 2003: *Máquinas Agrícolas y Forestales, Metodología para la determinación de las condiciones de ensayo*, Vig. Febrero 2003.
- NC 34-38: 2003: *Máquinas agrícolas y forestales, Metodología para la evaluación económica*, Vig. febrero 2003.

Programa de Investigación en Ingeniería Agrícola

Se realizan investigaciones en áreas de la Ingeniería Agrícola y Agroindustrial que plantean soluciones a problemas sectoriales o regionales de impacto nacional.

Líneas de investigación:

- Geohidrología
- Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola
- Sistemas y tecnologías para la mecanización
- Ingeniería y tecnología de alimentos

Se cuenta actualmente con máquinas para la cosecha del maíz, frijol, transplantadoras de piña, reventadora de amaranto, cosechadora de jamaica, cosechadora de cacahuate, sembradoras de precisión de diferentes tipos y capacidades.

Coordinar con:

Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

Director del

Dpto. de Ing. Mecánica Agrícola

Tel.: (595) 2 1500 ext. 5719

Dpto. de Irrigación

Tel.: (595) 2 1500 ext. 5690

**"Marcando el rumbo
de la Ingeniería
Agrícola en México,
en el Tercer Milenio"**

**Universidad
Autónoma
Chapingo**

