

La cosecha mecanizada de arroz: experiencias y retos



Mechanized Harvest of Rice: Experiences and Challenges

Dr.C. Alexander Miranda-Caballero ^{I*}, Dr.C. Yanoy Morejón-Mesa <http://opn.to/a/Bf6Rq>
^{II}, Dr.C. Pedro Paneque-Rondón ^{II}

^IInstituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

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

RESUMEN: En Cuba la cosecha del arroz es una operación que se realiza con ayuda de la maquinaria agrícola lo que representa fuertes inversiones; por tal razón la dinámica del proceso productivo exige que las máquinas cosechadoras se hallen en perfecto estado técnico durante este período, motivo por el cual se hace necesario organizar y planificar debidamente el sistema de mantenimiento y reparaciones para asegurar el aumento de la productividad de forma eficiente. En el presente trabajo se enuncian los principales resultados y experiencias obtenidas en las investigaciones realizadas durante la cosecha mecanizada del arroz en la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios en la provincia de Pinar del Río con el objetivo de servir de base para la toma de decisiones a la hora de enfrentar la cosecha de este preciado grano; si se toma en consideración el gran número de cosechadoras de diferentes modelos que se han introducido en el país en los últimos años.

Palabras clave: maquinaria, productividad, eficiencia, operación, mantenimiento.

ABSTRACT: In Cuba, the rice harvest is an operation that is carried out with the help of agricultural machinery, which represents strong investments. For this reason, the dynamics of the production process requires that the harvesting machines be in perfect technical condition during this period, because of that it is necessary to properly organize and plan the maintenance and repair system to ensure the increase of productivity efficiently. In the present work, the main results and experiences obtained in the research carried out during the mechanized harvesting of rice in Los Palacios Agribusiness Company of Grains in Pinar del Río Province, are stated. That was made to serve as a basis for decision making during the harvest of this precious grain; if one takes into consideration the large number of harvesters of different models that have been introduced in the country in recent years.

Keywords: Machinery, productivity, efficiency, operation, maintenance.

INTRODUCCIÓN

La cosecha de arroz presenta características muy particulares, tales como: gran cantidad de materia verde, grano muy abrasivo, húmedo y delicado, que sumado a las dificultades del tránsito de la maquinaria por la escasa sustentabilidad del suelo, frecuentemente en condiciones de elevado grado de humedad, hacen de esta labor una tarea más compleja que en otros cultivos. Esta situación provoca mayores posibilidades de encontrar altas pérdidas en el

proceso de cosecha ([Miranda et al., 2002](#), [2003](#); [De la Cruz et al., 2013](#)).

En Cuba las pérdidas durante la cosecha de arroz pueden llegar a alcanzar valores de hasta el 30%, debido a: exceso de arvenses, acción de los microorganismos, granos partidos o granos muy húmedos, deficiencia en la planificación de la cosecha y diferentes regulaciones de los cuando estos se mantienen con un contenido de humedad superior al 13%, por lo cual pueden perderse lotes enteros ([De Datta, 1986](#); [García, 2004](#)).

*Author for correspondence: Alexander Miranda Caballero, e-mail: alex@inca.edu.cu

Recibido: 13/11/2018

Aceptado: 29/04/2019

El desarrollo de la mecanización de la cosecha de arroz ha tenido un gran auge en los últimos 50 años. Existen países capitalistas con un alto grado de mecanización agrícola que tienen una mayor parte de sus áreas agrícolas totalmente mecanizadas, lo que ha ocasionado una difícil situación económica-social. Sin embargo, todavía existen países con un bajo grado de mecanización ([Miranda et al., 2004, 2005](#); [García y León, 2010](#); [Castell et al., 2015](#)).

En el transcurso de los últimos años la maquinaria de recolección ha experimentado numerosas innovaciones técnicas dirigidas principalmente a aumentar su capacidad de trabajo. Se han realizado varias investigaciones relacionadas con la mecanización del cultivo, la cosecha, el mantenimiento de las cosechadoras, el costo energético de la cosecha mecanizada ([Paneque y Sánchez, 2006](#); [Paneque et al., 2009](#); [Miranda et al., 2016](#); [Crespo et al., 2018](#)). El objetivo final de una cosechadora es el de obtener una gran capacidad de trabajo, versatilidad, obtención de un producto de alta calidad, confort y fácil mantenimiento de las mismas ([Miranda et al., 2003](#); [Herrera et al., 2011](#)). En el mundo actual la competitividad de las empresas productoras de máquinas agrícolas es cada vez mayor, la tendencia de los diseñadores y fabricantes es obtener cosechadoras de mayor productividad, fiables y con un uso mínimo de metal, en fin, más eficientes ([Miranda et al., 2016](#)).

En el presente trabajo se enuncian los principales resultados y experiencias obtenidas en las investigaciones realizadas durante la cosecha mecanizada del arroz en la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios en la provincia de Pinar del Río con el objetivo de servir de base para la toma de decisiones a la hora enfrentar la cosecha de este preciado grano; si tomamos en consideración el gran número de cosechadoras de diferentes modelos que se han introducido en el país en los últimos años.

DESARROLLO DEL TEMA

Tecnologías para la cosecha mecanizada del arroz

A nivel mundial existen fundamentalmente dos tecnologías para la cosecha de cereales: cosecha

de cereales por fases y cosecha directa de cereales.

La cosecha de cereales por fases, como su nombre lo indica se realiza en dos fases. La primera: la fase de corte e hilerado, en la cual se utilizan plataformas de corte (máquinas segadoras). La segunda fase es la recogida, trilla y limpieza; esta se realiza con máquinas trilladoras. Esta tecnología de cosecha se utiliza en lugares donde la propagación de malezas es abundante en el cultivo, donde existen niveles de humedad muy altos, donde el período de maduración no es uniforme y la temporada de crecimiento es corta; no posibilitando que el grano se madure completamente. Por tanto, es más efectivo realizar el hilerado del producto cosechado para lograr un secado más rápido y su posterior almacenaje sea el adecuado.

La cosecha directa de cereales, se basa en integrar el corte, la trilla, la limpieza y la entrega del grano a los medios de transporte, todo en un proceso tecnológico continuo realizado por una cosechadora. Para esta tecnología, según [Griffin \(1973\)](#), la altura de corte recomendada debe mantener una relación grano-paja de 1,0...1,5; lo cual a su vez está en función de la densidad de plantas por m² y la humedad del grano se encuentra alrededor del 18 a 25%. Las pérdidas de grano no deben exceder el 4% y las impurezas el 8% ([Minag, 2014](#)). La velocidad de avance debe también ser ajustada, normalmente es de 4,0...5,6 km/h dependiendo de las condiciones del cultivo y el terreno. La pérdida de grano deberá ser menor de 1% en la barra de corte y cóncavo, respectivamente.

En Cuba se utiliza generalmente la cosecha directa con máquinas cosechadoras, pero por las condiciones del suelo y de los equipos involucrados en el proceso se utilizan distintos métodos para la organización del mismo, los cuales han sido descritos con anterioridad por autores como [García \(2004\)](#) y [Miranda \(2006\)](#), específicamente en las condiciones EAIG “Los Palacios”:

- El primer método es el que se utiliza en época de lluvia, cuando el terreno está hídricamente saturado y se hace imposible la entrada de los medios de transporte al campo en cosecha, por lo que se utilizan para transportar el arroz,

tolvas autopropulsadas (tractolva), que como elemento de rodaje utilizan esteras. Durante la realización de la cosecha, la cosechadora va almacenando el grano en la tolva, cuando el sensor de llenado emite la señal de que la tolva ha completado su capacidad, la cosechadora detiene el corte y la tractolva se dirige hacia ella, donde recibe el grano cosechado, después de haber completado su llenado, regresa al camino o guardarraya, donde esperan los medios de transporte para efectuar la entrega del grano (Figura 1). Este método tiene como desventaja que el tiempo de descarga del grano cosechado a los medios de transporte y el tiempo de movimiento de la tractolva dentro del campo, son muy elevados, por lo que se atrasa el proceso.

- El segundo método es el que se utiliza cuando no se cuenta en la cosecha con tractolva y las condiciones de los campos en cosecha no permiten la entrada de los medios de transporte. En este método la cosechadora después de haber llenado la tolva interrumpe el corte y se dirige a la cabecera del campo donde se encuentran los medios de transporte para realizar la descarga del grano (Figura 2a). En este método la cosechadora pierde tiempo de cosecha debido a la entrega del grano a los medios de transporte en la guardarraya, esto detiene el flujo del complejo mecanizado, puesto que el elemento principal del proceso cosecha-transporte interrumpe la operación para suministrar a los medios de transporte el grano cosechado.

- El tercer método se utiliza fundamentalmente en época poco lluviosa donde las condiciones de los suelos permiten la entrada de los medios de transporte al campo en cosecha. En esta variante se utiliza para transportar el grano hasta los remolques el tractor movedor NEW HOLLAND sobre neumáticos u otro tractor que sus características lo permitan. Este tractor forma trenes de dos o tres remolques que son trasladados hacia el interior del campo en cosecha, situándolos lo más cerca posible de las cosechadoras, para que cuando estas tengan totalmente llenas sus tolvas se pueda efectuar la descarga del grano cosechado. Después de estar llenos los remolques, el tractor movedor los traslada hacia el camino, donde los deja y engancha los restantes, esta operación se repite hasta que quede formado el tren de dos, tres o cuatro remolques que son llevados hacia el centro de recepción (Figura 2b).

Este método en época de lluvia se dificulta, debido a que los remolques se atascan, y se dificulta el tiro de los mismos por los tractores movedores, esto ocasiona una gran pérdida de tiempo, afectándose la productividad del proceso.

En cualquiera de los tres métodos, después que los remolques son colocados en el camino, se enganchan unos con otros, para formar trenes de dos, tres y hasta cuatro remolques, luego los tractores de tiro enganchan estos trenes de remolques y lo trasladan a los diferentes secaderos de la EAIG recorriendo largas distancias a través de diferentes viales generalmente en malas condiciones, una vez estando en el centro de recepción, los remolques

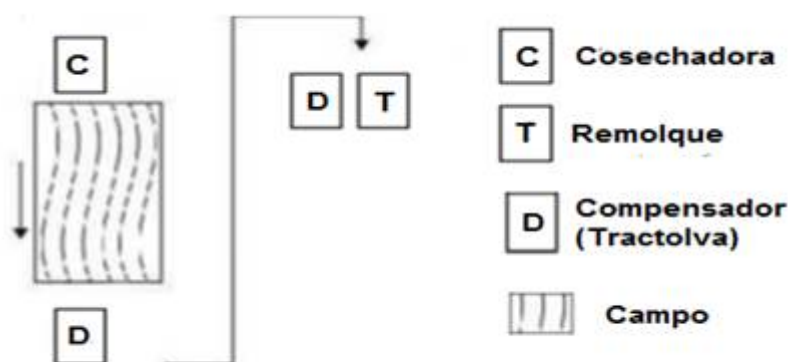


FIGURA 1. Método de cosecha donde se emplea tractolva. Fuente: [Miranda \(2006\)](#).

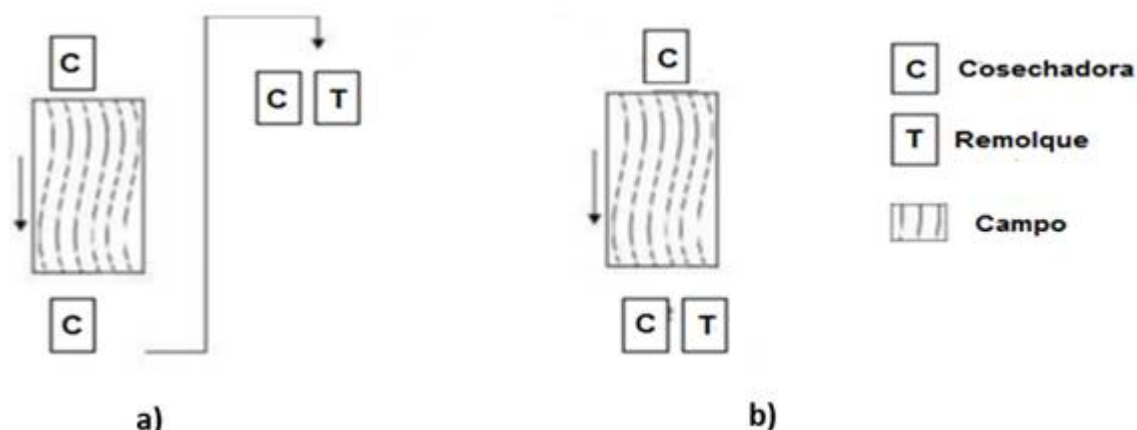


FIGURA 2. Métodos de cosecha donde no se utiliza tractolva: a) en suelos hídricamente saturados; b) en suelos con baja humedad. Fuente: [Miranda \(2006\)](#).

son pesados, se desenganchan del tractor de tiro y se transportan uno por uno hasta el lugar donde se realiza el control de la calidad y posteriormente se realiza la descarga del grano por otro tractor que brinda este servicio.

Esta variante de movimiento de los conjuntos dentro del secadero no es factible, porque hay pérdida de tiempo en cuanto al transporte, por lo que es recomendable la existencia de un tractor movedor en el centro de recepción, con el propósito de despersonalizar el tractor de sus remolques, o sea el tractor llega al secadero, deja los remolques llenos y regresa con los que se encuentren vacíos dejados por otro tractor ([Betancourt y Bullaín, 2007](#)).

Organización de los medios técnicos para la cosecha

Las operaciones de cosecha-transporte del arroz conforman una cadena productiva, donde cada uno de sus eslabones componentes garantiza el correcto desarrollo del proceso, siendo la cosecha, un complejo donde la interacción de cada uno de los elementos posibilita el desarrollo normal de las diferentes operaciones ([Morejón, 2009](#); [Iglesias et al., 2012](#); [Morejón et al., 2012](#)).

En Cuba, la maquinaria que participa en la cosecha de arroz, pertenece a una determinada Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) y se agrupa en complejos mecanizados, que a su vez conforman los eslabones productivos de la cosecha, aspecto que permite lograr una mejor atención a los problemas organizativos, técnicos y tecnológicos que surjan durante el proceso productivo.

La estructura y composición del eslabón productivo de cosecha es uno de los aspectos fundamentales que predeterminan la eficiencia del proceso tecnológico de la cosecha del arroz.

Entre las causas que encarecen las operaciones poscosecha del arroz, la transportación del producto desde el campo en cosecha hasta el centro de recepción del grano, posee una marcada influencia. Los costos correspondientes a los trabajos de transportación pueden ascender del 40...60% del total de los costos del proceso de cosecha, 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-recepción, esto trae como consecuencia la baja estabilidad de flujo del proceso tecnológico y su costo ([Morejón, 2016](#)).

Para la explotación de las cosechadoras y medios técnicos que participan en el proceso cosecha-transporte del arroz se orientan un grupo de medidas previas al corte [Ribet \(2012\)](#), las cuales están dirigidas a lograr el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles durante la campaña arrocera, pero no se precisan con exactitud los patrones de trabajo a seguir por las cosechadoras en función del tipo de campo. Sin embargo, la diversidad en la tipificación de los campos arroceros incide en la productividad del sistema debido a las diferencias en cuanto a longitud y ancho de éstos, que hace que se realicen mayor o menor cantidad de giros en las cabeceras de campos y por consiguiente se afecte la productividad de las cosechadoras.

En la práctica se emplean distintos tipos de giros como se muestra en la [Figura 3 a, b y c](#), estos se caracterizan por la longitud del giro, el número de acciones sobre los órganos de dirección del movimiento de la máquina (en conectar y desconectar los embragues de fricción lateral en girar las ruedas guías) y por la anchura mínima de la franja de giros ([González, 1993](#)).

Los giros más utilizados durante la cosecha del arroz son: en besanas y circular con giros de 90° en los sistemas ingenieros y de 180° en los sistemas tradicionales.

Determinación de la capacidad de trabajo de las cosechadoras

Como es conocido, la prolongación de los períodos agrotécnicos de siembra, atención y cosecha de los cultivos traen consigo grandes pérdidas en la cosecha de los cultivos ([Miranda et al., 2010a](#)). La disminución de los períodos de trabajo en el campo es posible lograrlo mediante el aumento de la cantidad de máquinas o elevando la productividad de éstas. De todos los puntos de vista, el camino más favorable es el segundo, es decir, mediante el aumento de la productividad de las máquinas y conjuntos que realizan las labores agrícolas.

La utilización racional del tiempo de turno de las máquinas presenta una gran reserva de la elevación de la productividad de éstas. Durante el trabajo de una máquina o un complejo de máquinas, el tiempo de turno nunca se utiliza completamente en el trabajo principal o útil, sino solamente una parte de éste, el resto se pierde en el desplazamiento de las máquinas en vacío, en giros y paradas por diversas causas ([Herrera et al., 2011](#); [Miranda et al., 2015](#); [Utaro, 2017](#)).

Durante la observación del cronometraje de la cosechadora, como regla, se fijan los gastos de tiempo en las siguientes operaciones:

1. Operaciones preparativas-conclusivas (T_{pc}), la misma incluye la preparación de la máquina para el trabajo y el mantenimiento diario;
2. Los giros y desplazamientos en vacío por el campo en cosecha (T_{mov});
3. El servicio tecnológico en la entrega del grano al medio de transporte (T_{tec});
4. Eliminación de desarreglos del proceso tecnológico, el cual se relacionan los atoramientos de masa vegetal durante el proceso de cosecha, pérdidas de tiempo por reparaciones tecnológicas, comprobación del trabajo, etc. (T_{proc});
5. El servicio técnico a la máquina durante el trabajo en el campo, relacionado con la eliminación de pequeños desarreglos: apriete correa, cadena, resortes, goteo de aceite, combustible, etc. (T_{st});
6. La mayoría de los componentes del tiempo de turno mencionado son funciones casuales productivas, e explotación y de otras condiciones de trabajo de la máquina.

La estructura general de los elementos tiempo de turno se puede presentar en forma de un esquema, [Figura 4](#).

Productividad de la cosechadora

En el ámbito nacional e internacional se han realizado múltiples investigaciones sobre el proceso cosecha-transporte, no solo del cultivo del arroz, sino de otros cultivos como la cebada y

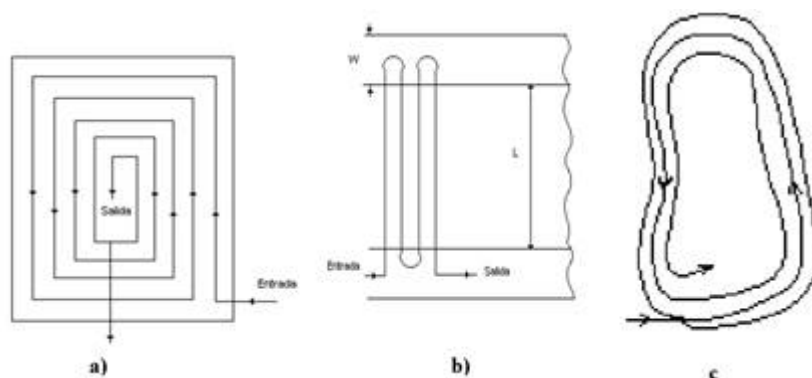


FIGURA 3. Esquemas de movimiento y giros de las cosechadoras en la cosecha de arroz a) circular con giros de 90°, en besanas hacia fuera; b) y c) circular con giros de 180° con lanzadera y circular.

Fuente: [González \(1993\)](#).

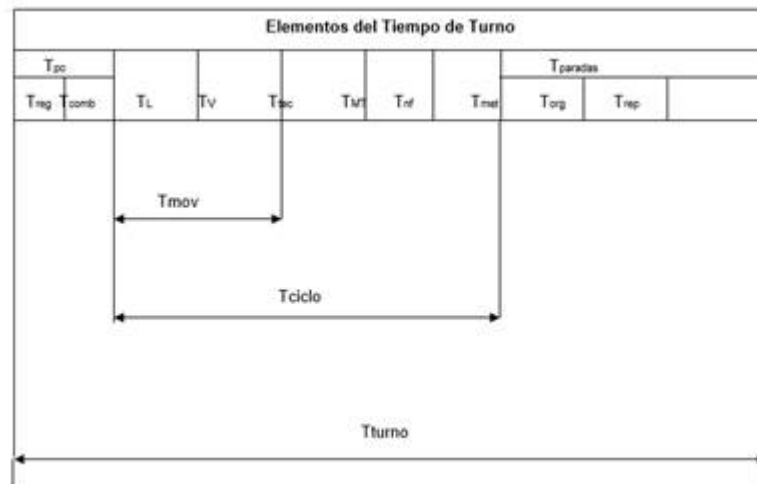


FIGURA 4. Elementos del tiempo de turno. Fuente: [Miranda \(2006\)](#)

la caña de azúcar. En estas se han estudiado los aspectos técnicos, tecnológicos y organizativos y su influencia en la calidad y eficiencia del proceso ([Jodosh, 1975](#); [Jordas, 2005](#)).

Considerándose los aspectos señalados por [Bragachini \(2000\)](#); [Kiamco y Nunn \(2000\)](#); [Laguna \(2000\)](#); [Miranda \(2006\)](#), es imprescindible el estudio de la productividad de las cosechadoras, dado que estas constituyen el eslabón principal del proceso objeto de estudio y que no solo la renovación de las cosechadoras garantiza la eficiencia del proceso de cosecha - transporte y aumenta la productividad de todo el sistema, dado que existen otras deficiencias, como son: picos de cosechas como consecuencia de germinaciones masivas, coincidencia del período de corte con el período de lluvias, problemas de organización al utilizar esquemas de trabajo no apropiados que inciden en el aumento del tiempo de ciclo de transportación, pérdidas de tiempo de las cosechadoras en la realización de maniobras durante la descarga del grano cosechado a los medios de transporte, deficiente utilización de las capacidades de carga de los medios de transporte, aprovechamiento del ancho de trabajo, la velocidad de movimiento malas condiciones de los viales, falta de una base fundamentada para la etapa de explotación y de la periodicidad de los mantenimientos técnicos, problemas de comunicación que hacen que el tiempo de espera para la gestión y traslado de piezas para la solución de las fallas sea superior.

En Cuba investigaciones realizadas por [Miranda et al. \(2015\)](#), demostraron que la utilización del tiempo de turno durante la

explotación de la cosechadora CLAAS DOMINATOR 130 durante el período agrotécnico de la cosecha de arroz en cinco rendimientos agrícolas que variaron de 3,7...5,8 t/ha, ([ver figura 5](#)); en periodo de observación de 140,0 horas totales con 91,7 horas de tiempo limpio equivalente al 65,5% del tiempo total; por las paradas improproductivas ocasionadas en su mayoría por las paradas tecnológicas (Ttec) las cuales representa el 10,2% de este tiempo total, las paradas por fallas (Tr) el 1,5%, el tiempo preparativo-conclusivo (Tpc) fue de 3,0%, los mantenimientos técnicos (Tm) alcanzó un valor de 7,0 %, el tiempo por paradas organizativas (To) fue de un 11,5% y el tiempo para la realización de necesidades fisiológicas y descanso (Tdf) alcanzó el 1,3%.

Alimentación de la cosechadora

Según [Morejón \(2016\)](#), la alimentación real de la máquina está determinada por la velocidad, el ancho real de trabajo y el rendimiento del cultivo. La tendencia que se muestra en la [Figura 6](#), muestra la relación de que a mayor rendimiento, mayor será la alimentación máxima de la cosechadora, sin embargo para el rendimiento agrícola de 4 t/ha, la cosechadora alcanza la mayor alimentación con un valor de 10,14 kg/s, observándose que para valores superiores de alimentación se producen atascamientos en la máquina y daños físicos al producto cosechado, este valor no depende solamente de la velocidad y del rendimiento agrícola. Otro aspecto de relevancia es el aprovechamiento del ancho de trabajo, el cual fue aprovechado en un 92,96%, pues el ancho constructivo de la cosechadora

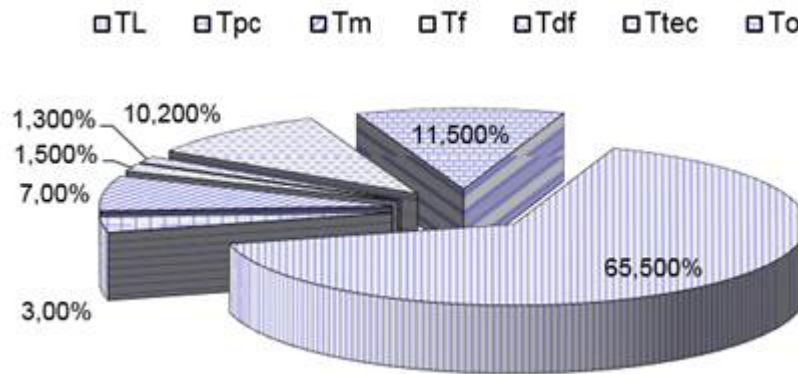


FIGURA 5. Comportamiento de la utilización del tiempo de turno por la cosechadora CLAAS DOMINATOR-130. Fuente: [Miranda et al. \(2015\)](#)

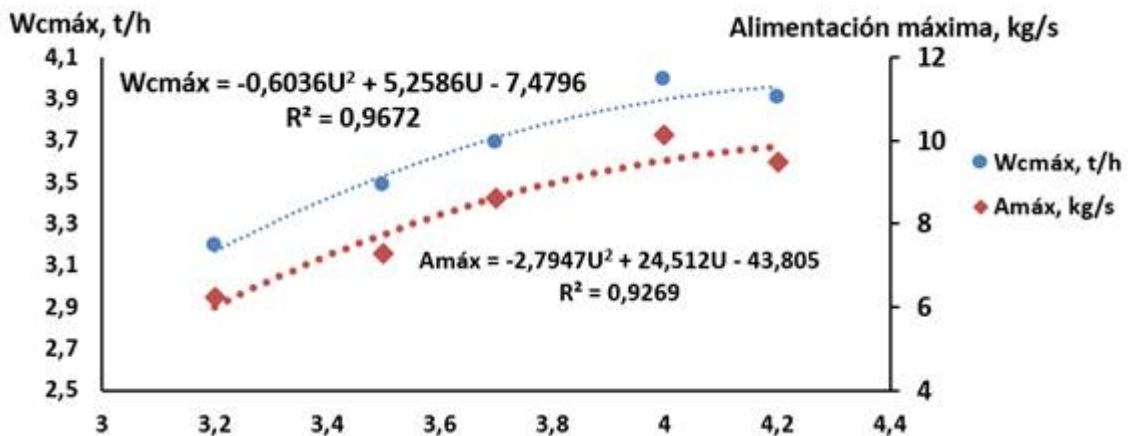


FIGURA 6. Comportamiento de la productividad máxima ($W_{cmáx}$) y la alimentación máxima ($A_{máx}$) de la cosechadora NEW HOLLAND TC-57 en función del rendimiento agrícola del grano cosechado (U). Fuente: [Morejón \(2016\)](#).

(B_c) es 5,40 m y se obtuvo un ancho real (B_c) de 5,02 m. El rendimiento medio agrícola del grano tomado para los cálculos fue de 3,7 t/ha, siendo este el valor real de producción. El coeficiente contenido del grano (α) alcanzado para este rendimiento fue de 0,25 y la altura media de corte fue de 27 cm.

El aprovechamiento de la alimentación máxima de la cosechadora durante la cosecha en los rendimientos agrícolas investigados, osciló entre 6,22...10,14 kg/s. Por los resultados obtenidos se puede afirmar que se evidencia una subutilización de las potencialidades productivas de la máquina.

La productividad máxima de la cosechadora se alcanza cuando la velocidad y el ancho de trabajo de la misma son óptimos (valores superiores al 98% de los máximos a alcanzar) o sea cuando la velocidad oscila entre 4,10...4,20 km/h y el ancho de trabajo oscila entre 5,30...5,40 m. Esta máquina en las condiciones antes mencionadas,

para rendimientos agrícolas superiores a 4 t/ha debe reducir la velocidad para evitar paradas tecnológicas innecesarias por atascamiento, ocasionadas por la sobrealimentación y de esta forma conservar la calidad del producto cosechado, lo cual está dado por sobrepasar la capacidad de alimentación de diseño de la máquina.

En el análisis de la alimentación real en función de la velocidad desarrollada por la máquina en cada uno de los rendimientos agrícolas estudiados, la primera tiende a aumentar sin que se produzca el atascamiento, pues el valor máximo de alimentación real de la máquina es 5,15 kg/s. Este valor es inferior al máximo potencialmente alcanzable en 4,99 kg/s, lo que evidencia una subutilización en la alimentación de la cosechadora, pues se dejan de introducir a los sistemas de corte, trilla y limpieza de la máquina 17,96 t/h de masa vegetal (paja +

grano); este comportamiento se muestra en la [Figura 7](#).

Las [Figuras 6](#) y [7](#), indican que cuando la alimentación máxima de la cosechadora asciende a 10,14 kg/s y los valores de composición de la masa vegetal son óptimos, la máquina alcanza el máximo valor de productividad y de calidad del grano cosechado, lo que evidencia que esta máquina está siendo subutilizada.

Considerando la productividad y la alimentación máxima de la cosechadora para distintos rendimientos agrícolas, se determinó el porcentaje de pérdidas totales de grano, a partir de las pérdidas obtenidas en los sistemas de corte, trilla, separación y limpieza.

Como se aprecia en la [Figura 8](#), para los rendimientos agrícolas estudiados los porcentajes de pérdidas totales de grano por efecto de la cosechadora oscilan entre 4,2... 8,2%; los cuales se encuentran en los rangos de pérdidas (0,9... 8,5%) obtenidos en diferentes cultivos por varios autores; entre los que se pueden citar: [García \(2004\)](#); [Miranda et al. \(2010\)](#); [Pérez et al. \(2014\)](#). Estos porcentajes de pérdidas representan una

pérdida de grano que se encuentran entre 0,18... 0,26 t/ha. Estos resultados indican que es necesaria la correcta calibración y ajuste de las zarandas, la regulación y control del flujo de aire, la velocidad de trabajo óptima de la máquina en función del rendimiento agrícola y la experiencia del operador.

Unido a estos elementos, se puede plantear que en bajos valores de alimentación se incrementan los daños al grano y el contenido de impurezas; lo cual está dado por los regímenes de velocidad desarrollados por la máquina.

A partir de lo planteado anteriormente se obtuvo que el porcentaje de granos pelados y quebrados oscila entre 3,2...5% y el porcentaje de impurezas alcanza valores entre 5,7...6 ([Morejón, 2016](#)). ([Figura 9](#)), evidenciándose que los porcentajes de pérdidas de granos, impurezas y granos quebrados y/o partidos son superiores a los límites establecidos por el [Instructivo Técnico del cultivo del arroz \(2014\)](#). De ahí la necesidad de que la cosecha se realice en el período agrotécnico establecido, de controlar las regulaciones del sistema trilla, específicamente la

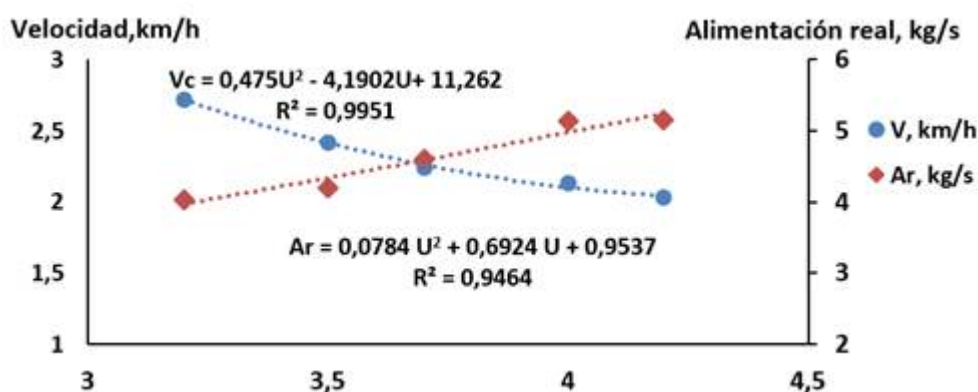


FIGURA 7. Comportamiento de la velocidad real de la cosechadora (V_c) y la alimentación real (A_r) de la cosechadora NEW HOLLAND TC-57 en función del rendimiento agrícola del grano (U). Fuente: [Morejón \(2016\)](#).

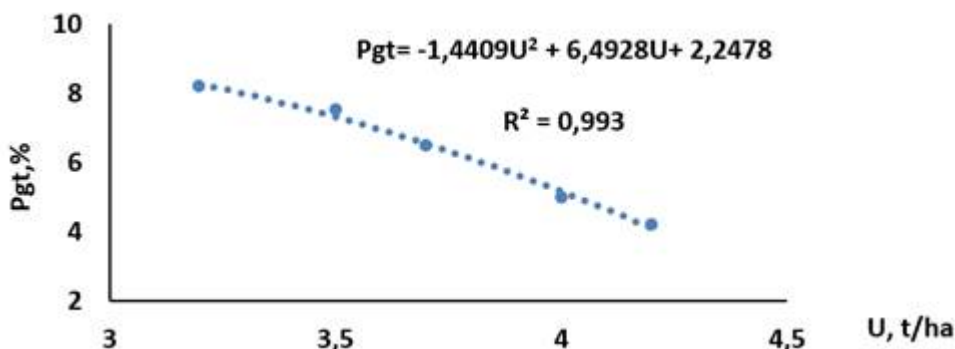


FIGURA 8. Comportamiento del porcentaje de pérdidas de granos (P_{gt}) en función del rendimiento agrícola del grano (U). Fuente: [García, 2004](#).

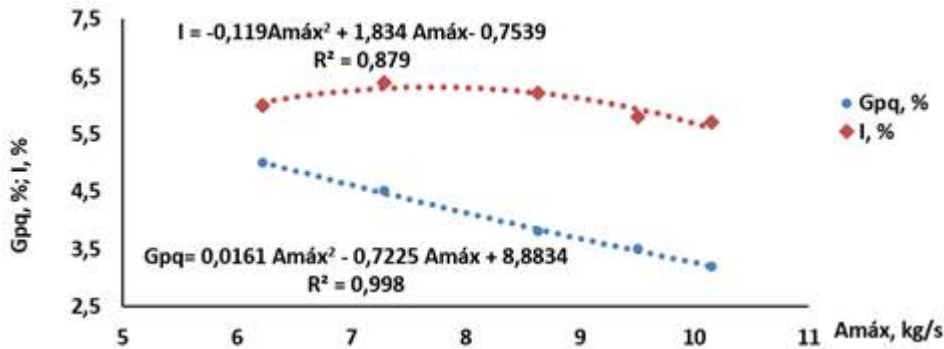


FIGURA 9. Comportamiento del porcentaje de granos pelados y quebrados (Gpq) y del porcentaje de impurezas (I) en función de la alimentación máxima de la cosechadora (Amáx). Fuente: [Morejón \(2016\)](#).

separación entre el cóncavo y el tambor trillador y de controlar el flujo de aire en el sistema de separación y limpieza del grano.

Analizándose la [Figura 10](#) se observa que a medida que aumenta la alimentación máxima de la cosechadora el porcentaje de granos quebrados y pelados (Gpq) por efecto de la máquina va decreciendo, pues el daño del grano disminuye conforme aumenta el rendimiento, lo cual está dado porque la paja sirve de protección contra el contacto brusco del grano con los órganos de trabajo.

Velocidad de trabajo

Como se conoce sobre alimentación de la combinada influye la velocidad de desplazamiento de la cosechadora, por lo que es necesario establecer una relación entre la velocidad y la alimentación, para que esta última sea “uniforme”.

En la [Figura 10a](#), se representa la tendencia de la velocidad de trabajo de las cosechadoras para los rendimientos estudiados, donde se alcanzaron valores de 4,41...2,9 km/h, lo cual es inferior a la velocidad de trabajo recomendada para cosechadoras cereales a nivel internacional que es de 6,5...3 km/h, es necesario señalar que estas bajas velocidades limitan la productividad de las mismas ya que no pueden desarrollar su potencialidad de alimentación al no poder trabajar a los regímenes requeridos ([Miranda, 2006](#); [Morejón, 2016](#)).

Para lograr un aumento de la velocidad de las cosechadoras durante la realización de la cosecha es necesario realizar un análisis sobre la necesidad de utilizar cuando las condiciones del terreno lo permitan (época poca lluviosa), sustituir las esteras por rodamientos de

neumáticos (lo que disminuye las vibraciones en las máquinas), lo que le posibilitaría alcanzar velocidades muy cercanas a las establecidas internacionalmente y aumentar la productividad. ([Figura 10b](#)) Pero cuando el operador no conoce la alimentación real de la máquina, tiende a limitar la velocidad de la misma con el aumento del rendimiento agrícola por miedo a que ocurra el atoramiento de la misma.

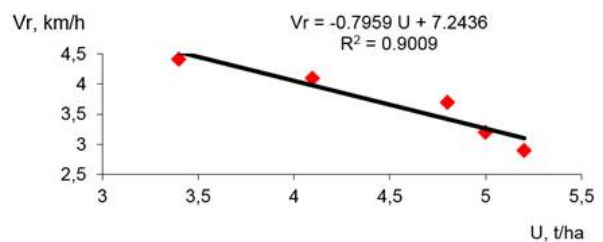


FIGURA 10a. Velocidad real (Vr) de trabajo de la cosechadora New Holland L-520. Fuente: [Miranda \(2006\)](#).

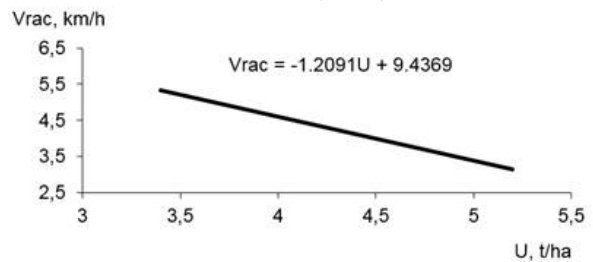


FIGURA 10b. Velocidad (Vrac) de la cosechadora en función de la alimentación óptima (Ar) calculada. Fuente: [Miranda \(2006\)](#).

CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas durante la cosecha mecanizada del arroz, así como los resultados obtenidos en la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios, provincia de Pinar del Río, pueden ser utilizados para el desarrollo de la mecanización eficiente y sirven

de base para la toma de decisiones, a la hora de enfrentar la cosecha mecanizada del arroz y otros granos en Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETANCOURT, Y.; BULLAÍN, A.: Modelación de los medios de transporte en el proceso de cosecha del arroz por camiones con la utilización de la Teoría del Servicio Masivo, Universidad Agraria de La Habana. Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Eng. Thesis, San José de las Lajas, Habana, Cuba, 2007.
- BRAGACHINI, M.: Pérdidas de cosecha. Evaluación tolerancia en la cosecha de soja, maíz, girasol y trigo, Inst. INTA, Proyecto INTA, Manfredi, Argentina, 2000.
- CASTELL, S.; MIRANDA, C. A.; DÍAZ, G.; PÉREZ, N.: “Análisis de los servicios de mecanización en la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 24(4): 45-51, 2015, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- CRESPO, A. R.; PANEQUE, R. P.; MIRANDA, C. A.: “Determinación del costo energético y de explotación de la cosecha mecanizada del arroz”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 27(2): 1-10, 2018, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- DE DATTA, S.: Principles of Rice production, Ed. Limusa, Wiley & Sons ed., México D. F., 688 p., 1986.
- DE LA CRUZ, P. A.; MIRANDA, C. A.; SHKILIOVA, L.; RIBET, M. Y.; FERNÁNDEZ, A. O.: “Análisis de la disponibilidad técnica de la cosechadora de arroz CLAAS DOMINATOR 130”, Avances, 15(4): 385-393, 2013, ISSN: 1562-3297.
- GARCÍA, C. E.: Conformación racional de los medios técnicos en la cosecha transporte del cultivo de arroz en el Complejo Agroindustrial Ruta Invasora, Universidad de Camagüey, PhD. Thesis, Camagüey, Cuba, 2004.
- GARCÍA, C. E.; LEÓN, F.: “Evaluación de la explotación de los medios técnicos en la cosecha transporte del arroz”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 19(1): 01-08, 2010, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- GONZÁLEZ, V. R.: Explotación del parque de maquinaria, Ed. Editorial Félix Varela, primera ed., La Habana, Cuba, 1993, ISBN: 959-07-0028-4.
- GRIFFIN, G. A.: Fundamentos de operación de la máquina FMO. Recolección con Cosechadora. John Deere, Inst. John Deere Company, Moline, Illinois, USA, 1973.
- HERRERA, G. E.; SHKILIOVA, L.; MIRANDA, C. A.: “Determinación de los tiempos de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto de las cosechadoras de arroz en el Complejo Agroindustrial Arroceros Los Palacios”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 20(4): 57-62, 2011, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- IGLESIAS, C. C.E.; MOREJÓN, M. Y.; LLANES, D. R.: “Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en el Complejo Agroindustrial Arroceros Los Palacios”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 21(2): 24-29, 2012, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- JODOSH, M. S.: Transportación por camiones de carga, Ed. Transport, vol. en idioma ruso, Moscú, Rusia. URSS, 1975.
- JORDAS, M.: Perfeccionamiento de la organización actual de los mantenimientos técnicos de las cosechadoras de arroz NEW HOLLAND L-520 en el período de cosecha, Universidad Agraria de La Habana, Eng. Thesis, San José de las Lajas, Habana, Cuba, 70 p., 2005.
- KIAMCO, L. C.; NUNN, E. W.: Development of elf clearing combine harvester for research plots at IRRI, Inst. International Rice Research Institute, Central Research Farm, Philippines, 222-226 p., 2000.
- LAGUNA, A.: Maquinaria Agrícola, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, 361 p., 2000.
- MINAG: Instructivo técnico del cultivo del arroz., Inst. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Granos, La Habana, Cuba, 2014.

- MIRANDA, A.; IGLESIAS, C.; ANILLOS, J.; CASTELLS, S.; RIVERO, R.: "Investigación sobre la incidencia de los principales parámetros tecnológicos y de explotación de las cosechadoras de arroz New Holland, en el tiempo de turno durante la cosecha en el CAI arrocero "Los Palacios"", En: AGROCENTRO' 2003. Universidad Central de las Villas "Martha Abreu", vol. CD-ROM, Villa Clara, Cuba, 2003.
- 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", Universidad Agraria de La Habana, PhD. Thesis, San José de las Lajas, Habana, Cuba, 2006.
- MIRANDA, C. A.; IGLESIAS, C. C.; ANILLO, J.; FALCÓN, L.; FIGUEROA, R. R.; RIVERO, R. M.; HERNÁNDEZ, R. M.; BECERA, C. A.: "Evaluación tecnológica y explotación de las cosechadoras de arroz New Holland L-520", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 11(4): 13-15, 2002, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, C. A.; IGLESIAS, C. C.; ANILLO, J.; FIGUEROA, R.: "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.
- MIRANDA, C. A.; IGLESIAS, C. C.E.; FALCÓN, L.; RIVERO, F. R.: "Influencia de los principales parámetros tecnológicos y de explotación de las cosechadoras de arroz New Holland, en el tiempo de turno durante la cosecha en el Complejo Agroindustrial Arrocero Los Palacios", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 14(1): 15-19, 2005, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, C. A.; IGLESIAS, C. C.E.; HERRERA, G. E.; ABRAHAM, F. N.; CASTELLS, H. S.: "Determinación de los principales parámetros de calidad que afectan la cosecha mecanizada de arroz", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 19(4): 01-05, 2010, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, C. A.; PANEQUE, R. P.; ABRAM, F. N.; RIBET, M. Y.; SANTOS, G. F.: "Determinación del costo energético de la cosecha mecanizada del arroz", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 25(4): 32-38, 2016, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, C. A.; SHKILIOVA, L.; CASTELLS, H. S.; LARA, H. Y.; RIBET, M. Y.: "Determinación del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica y de costo para cosechadoras CLAAS Dominator", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias , 24(3): 35-38, 2015, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- MOREJÓN, M. Y.: Evaluación económica y energética de dos esquemas tecnológicos del complejo mecanizado cosecha-transporte del arroz .Estudio de caso: CAI Arrocero Los Palacios., Ed. Anuario de la Ciencia, Universidad Agraria de La Habana, vol. Monografía, San José de las Lajas, Habana, Cuba, 2009, ISBN: 978-959-26-1163-5.
- MOREJÓN, M. Y.: Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en la Empresa Agroindustrial de Granos "Los Palacios", Universidad Agraria de La Habana, PhD. Thesis, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 100 p., 2016.
- MOREJÓN, M. Y.; IGLESIAS, C. C.E.; LLANES, D. E.: Conformación de la brigada cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo, en el CAI Arrocero "Los Palacios", Ed. Anuario de la Ciencia, Universidad Agraria de La Habana, vol. Monografía, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2012, ISBN: 978-959-16-1372-1.
- PANEQUE, R. P.; MIRANDA, C. A.; ABRAHAM, N.; SUÁREZ, M.: "Determinación de los costos energéticos y de explotación del sistema de cultivo del arroz en seco", Revista Ciencias Técnicas

Agropecuarias , 18(1): 7-10, 2009, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.

PANEQUE, R. P.; SÁNCHEZ, R. Y.: “Costo energético de la cosecha mecanizada del arroz en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* , 15(1): 19-23, 2006, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.

PÉREZ, L. C.; MIRANDA, C. A.; PEDRERA, N. I.; IGLESIAS, C. C.; CASTELLS, H. S.: “Evaluación de la calidad de cosecha de la cosechadora New Holland TC57”, *Avances*, 16(4): 381-390, 2014, ISSN: 1562-3297.

RIBET, Y.: Determinación de la disponibilidad de las cosechadoras de arroz LAVERDA 225 REV y NEW HOLLAND TC- 57 en las condiciones del Complejo Agroindustrial Arrocerero “Los Palacios”, Universidad Agraria de La Habana, MSc. Thesis, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2012.

UTARO, N. F.: “Análisis de la disponibilidad técnica de la cosechadora CaseAustoft 7000 en el Estado Trujillo, Venezuela”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(1): 3-7, 2017, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.

Alexander Miranda Caballero, Inv. Titular, Director del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: alex@inca.edu.cu

Yanoy Morejón Mesa, Profesor Auxiliar, Director del Centro de Mecanización Agropecuaria, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yym@unah.edu.cu

Pedro Paneque Rondón, Profesor e Investigador Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: panequerondon1940@gmail.com

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

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.