

Original

Determinación de las pérdidas durante la cosecha mecanizada de arroz con cosechadora CLAAS

CROP TIGER 30 TERRA TRAC en la campaña 2021-2022

Determination of losses during the mechanized harvesting of rice with a CLAAS CROP TIGER 30 TERRA TRAC combines in the 2021-2022 season

Est. Jichel Figueredo Sariol. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba ⁽¹⁾

Est. Yosbani Solares Peña. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba ⁽²⁾

MSc. Romilio Lorenzo Quezada Matos. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba ⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudiante de 4º año de la carrera de Ingeniería Agrícola, miembro del grupo científico de Energía de la Procesos Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma. jfigueredos@estudiantes.udg.co.cu

⁽²⁾ Estudiante de 5º año de la carrera de Ingeniería Agrícola, miembro del grupo científico de Energía de la Procesos Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma. ysolaresp@estudiantes.udg.co.cu

⁽³⁾ Profesor Auxiliar de la carrera de Ingeniería Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma. rquesdam@udg.co.cu ID0000-0002-4853-9457

Resumen

El trabajo se desarrolló en la campaña 2021-2022, en campos pertenecientes a la Granja Arrocera No. 10 “Antonio Maceo”, Empresa Agroindustrial de Granos “Fernando Echenique” de la Provincia Granma. Se evaluaron las pérdidas de granos durante la cosecha con CLAAS CROP TIGER 30 TERRA TRAC. Suelos predominantes Vertisoles, topografía llana, buena nivelación y drenaje, con sistema para el riego con curvas de nivel. Variedad de arroz: Selección-1. Temperatura ambiental entre 29 a 32°, humedad relativa entre 80,9 y 85,5 %. Se tuvieron en cuenta las condiciones climatológicas, características del cultivo y parámetros operacionales de la cosechadora. Producción estimada del lote: 141,87 t, y real 115,5 t (81,4 %). Se reportaron las siguientes pérdidas: pre cosecha 60 kg·ha⁻¹ promedio, que representan 1, 23 t



para el área del lote de 19,87 ha; en la sección receptora valores medios de 0,000 027 t·ha⁻¹, para un 4,5 %; sistema de trilla valor medio de 0,000017 t·ha⁻¹, para el 2,84 %; sistemas de separación y limpieza valores medios de 0,000065 t·ha⁻¹, para un 1,10 %. Todos los valores se comportaron por debajo del 5 % establecido por normas técnicas. Los valores medios totales de pérdidas durante la cosecha con la máquina, fueron de 0,000115 t, las que representan el 1,92 %, siendo las pérdidas en la sección receptora las mayores con 4,5 % del total cosechado.

Palabras claves: máquina; limpieza; trilla; arroz

Abstract

The work was carried out in the 2021-2022 campaign, in fields belonging to the “Antonio Maceo” Rice Farm No. 10, “Fernando Echenique” Agroindustrial Grain Company of the Granma Province. Grain losses during harvest were evaluated with the CLAAS CROP TIGER 30 TERRA TRAC. The of Vertical predominant soils, flat topography, good leveling and drainage, with irrigation system with contour lines. Variety of rice: Selection-1. Ambient temperature between 29 to 32°C, relative humidity between 80.9 and 85.5%. The weather conditions, characteristics of the crop and operational parameters of the combine were taken into account. Estimated batch production: 141.87 t, and real 115.5 t (81.4%). The following losses were reported: pre-harvest 60 kg•ha⁻¹ average, which represents 1.23 t for the plot area of 19.87 ha; in the receiving section average values of 0.000 027 t•ha⁻¹, for 4.5 %; threshing system mean value of 0.000017 t•ha⁻¹, for 2.84 %; separation and cleaning systems mean values of 0.000065 t•ha⁻¹, for 1.10 %. All values behaved below 5% established by technical standards. The total average values of losses during the harvest with the machine were 0.000115 t, which represent 1.92%, with the losses in the receiving section being the highest with 4.5% of the total harvested.

Key words: machine; cleaning; threshing; rice

Introducción



Disminuir las importaciones de alimentos es un desafío estratégico para la agricultura cubana. En función de esto, agricultores estatales y campesinos trabajan arduamente en la siembra de arroz como parte del programa estructurado en el país para aumentar la producción del grano. De acuerdo con informes recientes del Ministerio de Economía y Planificación, anualmente la Isla compra en el exterior unas 389 000 t del cereal. La Mayor de las Antillas tiene una de las tasas per cápita de consumo más altas del mundo, ya que resulta el alimento básico para los cubanos y, por lo tanto, una de las principales prioridades del Estado. A nivel de país, gran parte del arroz se entrega para la distribución en la canasta básica familiar y la comercialización en la red de mercado. La cosecha es la culminación de todos los procesos agrotécnicos del arroz, precedido de numerosas labores, esfuerzos y aplicaciones de costosos productos. Ello exige el análisis de todos los factores que concurren en su ejecución, así como de las causas de las pérdidas y las correcciones pertinentes para cada caso y sistema de trabajo de las máquinas.

Máquinas mini cosechadoras

La utilización de grandes máquinas cosechadoras, en campos de mediana a pequeñas dimensiones, resulta en la mayoría de los casos incosteable debido a los elevados gastos de explotación; es por ello que existe la tendencia en países en vías de desarrollo y grandes productores de cereales como República Popular China, Tailandia y Vietnam, entre otros a incentivar las producciones de manera familiar y cooperativa en plantaciones pequeñas e irregulares, por lo que se han desarrollado familias de aperos y máquinas con dimensiones reducidas, entre ellos las mini cosechadoras como las producidas por las marcas AZEUS MACHINERY en la Unión Europea, la CLAAS CROP TIGER 30 TERRA TRAC en Alemania y la LOVOL AF 100 de procedencia china diseñada especialmente para las condiciones de nuestro país, actualmente en fase de pruebas de la Serie 1 para su aceptación por el Centro para el Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA) en la Provincia de Holguín.

Actualmente, los índices de pérdida de granos admisibles durante la cosecha comprenden hasta el 5 % del total recolectado, sin embargo se en ocasiones, alcanzan cifras que pueden duplican ese valor, provocadas



fundamentalmente por mal manejo de las máquinas y cuestiones agrotécnicas del arroz, estas máquinas poseen sensores con indicadores de barras que permiten determinar si está existiendo pérdida de granos por limpieza y trilla, y así tomar acciones para corregir el problema, sin embargo el dato cuantificado en unidad de medida aún no se conoce, lo que limita a hacer análisis postcosecha para revertir de forma positiva la pérdida en el campo, Pozzolo (1993).

Uno de los criterios más importantes aplicados a las pruebas de cosechadoras es la producción relativa al área cosechada. Ella está limitada por las pérdidas de granos que pasa a través de la máquina que aumenta a medida que aumenta la cantidad de material que pasa por dentro de la máquina que son definidas como pérdidas en la barra segadora y pérdidas en la trillado, separación y limpieza (cilindro, saca pajas y harneros) (Valero, 2011).

Aunque las máquinas cosechadoras tengan sensores de pérdidas, es necesario realizar ensayos de campo para obtener resultados precisos. En los ensayos de pérdidas se hacen recuentos de los granos caídos antes de la cosecha, del que queda debajo de la máquina, se cuentan los granos partidos y se recogen con lonas lo que caen de los sacudidores y de las cribas.

En respuesta a este problema, durante los últimos diez años se han desarrollado máquinas de pequeño porte para la recogida de las panículas (espigas) sin cortar la paja. Tales máquinas son conocidas como Strippers; también se han construido con mucho éxito máquinas con procesos tecnológicos semejantes al de las grandes cosechadoras, pero con dimensiones reducidas.

La “UEB Prestación de Servicios Técnicos Yara” perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos Fernando Echenique de la provincia Granma cuenta con 7 mini cosechadoras CLAAS CROP TIGER 30TERRA TRAC a la que hasta el momento no se le ha realizado ningún estudio de pérdidas.

Objetivo general: Determinar las pérdidas en todos los sistemas de la máquina CLAAS CROP TIGER 30 TERRA TRAC, así como las ocurridas en el campo antes de la cosecha.

Desarrollo



En la figura 1, se muestran los principales sistemas de la mini cosechadora autopropulsada CLAAS CROP TIGER 30 TERRA TRAC, de procedencia alemana y fabricada en la India.

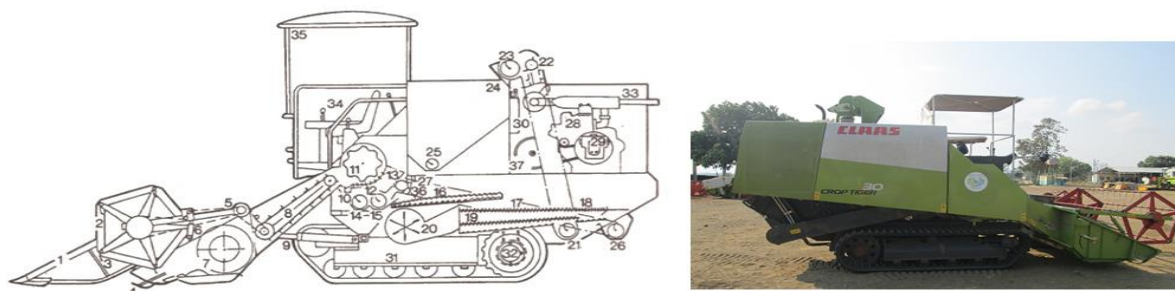


Figura 1. Esquema del proceso tecnológico de la cosechadora CLAAS CROP TIGER 30 TERRA TRAC (Fuente: Manual del operador. 2012. En Ingles).

- Sección receptora: se encuentran los órganos separadores y levantadores (molinete) de tallos, el aparato para el corte alternativo de los tallos y los transportadores para alimentar la trilla (transportador helicoidal transversal, transportador inclinado o embocador).
- Sistema para el beneficio primario: se sitúan, los sistemas para la trilla y separación (cilindro trillador de dientes y cóncavo ajustable), en el que se realiza el desprendimiento de los granos de las espigas y la separación de los granos de la masa de paja gruesa, también se le denomina primera limpieza.
- Sistema para beneficio secundario: compuesto por un rotor de tipo axial longitudinal para la limpieza de la masa de los granos de las restantes impurezas (restos de paja fina, tamo, granzas, polvo, etc.), una mesa para la selección y un ventilador centrífugo.
- Sistema para el almacenamiento y descarga: compuesto por un transportador sinfín para los granos hacia la tolva o depósito para los granos cosechados, uno para la retrilla y un tubo con sinfín para la descarga, con accionamiento hidráulico.
- Sistema para la traslación: sobre esteras de goma.
- Sistema para la conducción y control: sistema de semicabina con el puesto de mando para el operador.
- Sistema de fuerza y transmisión: motor, distribuidores y todos los sistemas para la transmisión (mecánicos e hidrostáticos).



- Sistema eléctrico: sistema indispensable para el trabajo de la cosechadora, en él se encuentran, todos los dispositivos eléctricos, electro-hidráulicos y electrónicos que garantizan el buen funcionamiento de la máquina.

Indicadores presentes en el proceso de cosecha mecanizada

La cosecha mecanizada implica la utilización de máquinas para realizar las diferentes labores de corte, trilla, limpieza del grano y traslado a un medio de transporte. En dependencia de los tipos de máquinas empleadas, la cosecha mecanizada se puede hacer en diferentes operaciones o en una sola. Se hace en varias operaciones cuando la siega del arroz se realiza con un tipo de máquina, mientras que la trilla se hace con otro tipo, en este caso una trilladora móvil o estacionaria. En una sola operación se puede efectuar la cosecha cuando se emplean las combinadas autopropulsadas integrales que realizan la siega, trilla y limpieza de forma simultánea, entregando a un medio de transporte el grano de cereal o leguminosa prácticamente limpio y sin impurezas para ser trasladado al secadero (MINAG, 2020).

La organización de la cosecha, así como su realización, es un proceso complejo que comienza mucho antes del momento en que se efectúa, con vista a garantizar el éxito de esta.

En Cuba se ha organizado un sistema de estimados de cosecha que constituye la base del trabajo organizativo, previo a su realización. Este trabajo está basado en los aspectos siguientes:

Establecimiento de los rendimientos planificados de cada campo, que es motivo de un estudio objetivo de los rendimientos de cosechas anteriores, de las condiciones reales existentes y de las posibilidades de incrementarlas sobre la base de una mayor organización del trabajo y del empleo de la técnica de control de los resultados de las inspecciones técnicas que se hacen periódicamente en cada campo; la realización del estimado final de la cosecha se realizará 15 o 20 días después de la brotación de la panícula.

El estimado final de rendimiento que se obtiene en cada campo debe tener en cuenta:

- Cumplimiento de todas las labores técnicas que se realizan durante el desarrollo del cultivo;
- Uniformidad en la población de plantas en el campo;



- Número de espigas por m² y llenado de los granos;
- Rendimientos históricos del campo;
- Fecha de recolección y condiciones en que se realizará esta;
- Situación del campo en cuanto a mezclas, plagas y enfermedades.

Determinación del origen de las pérdidas

Las pérdidas ocasionadas por la máquina, pueden detectarse de varias maneras, siempre teniendo presente que el chequeo del operario y el técnico del lote es vital en la disminución de este indicador.

Dentro del cabezal, el molinete es el mayor causante de la alteración de este indicador, por excesivo o insuficiente régimen cinemático, que es la relación entre su velocidad de rotación ($r \cdot \text{min}^{-1}$) y la velocidad de la máquina ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) y se calcula por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{U_{mol}}{V_m} = \frac{w \cdot r}{V_m}$$

Dónde:

U_{mol} – velocidad periférica de las paletas del molinete;

w – velocidad angular de las paletas del molinete;

r – radio del molinete.

V_m - velocidad de la máquina.

Según Silveira, (1982) el valor de λ puede variar de 1,25 a 1,75. Cuando $\lambda > 1,75$ las paletas golpean sobre las espigas y desprenden los granos, ocasionando que aumenten las pérdidas durante la cosecha.

Cuando $\lambda < 1,25$ el molinete no agarra ni levanta todos los tallos, por lo que gran parte de la masa de tallos no recibe su acción, ocasionando esto también un aumento de las pérdidas.

En el caso del operador, debe constantemente estar pendiente del funcionamiento de la máquina y detectar las fallas y desajustes de los diferentes sistemas durante el trabajo, observando los indicadores analógicos, digitales, lumínicos y sonoros que se emiten como aviso preventivo o conclusorio de algún desperfecto,



así como controlar cada cierto tiempo la calidad del rastrojo que sale por los laterales y parte trasera de la cosechadora, de esta forma se garantiza una cosecha eficiente y de alta calidad.

Tabla 1. Causas de posibles pérdidas en una cosechadora convencional y regulaciones para corregirlas

Incidencia	Causa	Solución
Caída de grano al suelo desde la plataforma de corte sin que entren en la máquina	Molinete muy adelantado	Retrasarlo
	Molinete bajo	Subirlo
	Velocidad de rotación del molinete excesiva	Reducirla hasta lograr un régimen cinemático adecuado
	Barra de corte muy alta	Bajarla
Cilindro trillador atascado	Velocidad excesiva de avance	Reducir velocidad (3 a 6 km·h ⁻¹)
	Velocidad lenta del cilindro	Aumentar velocidad (960 r·min ⁻¹)
	Cóncavo muy apretado	Aumentar la holgura con el cilindro
	Mies húmeda	Cambiar de campo o esperar a que se sequela mies
	Cilindro batidor lento	Tensar correa
	Sacudidor no da salida a la paja	Aumentar revoluciones o quitar telones, si los hay

Tabla 2. Causas de posibles pérdidas en una cosechadora convencional y regulaciones para corregirlas (continuación).

Incidencia	Causa	Solución
Pérdidas de grano en el sacudidor	Trilla insuficiente	Ajustar holgura entre el cilindro y el cóncavo
	Velocidad del sacudidor muy reducida	Tensar correa
	Excesiva cantidad de paja	Reducir la velocidad de avance o subir el corte
	Orificios de cóncavo o del sacudidor obturados	Limpiarlos
Pérdidas de grano en las cribas	Ventilación excesiva en las cribas	Reducirla (cerrando las chapas laterales o bajando las revoluciones)
	Orificios de las cribas demasiado cerrados	Abrirlos (si son regulables)
	Velocidad reducida de las cribas	Tensar correa



	Trilla excesiva	Reducir velocidad del cilindro o separar cóncavo
Granos partidos	Criba interior muy pequeña o demasiado cerrada (el grano retorna con las granzas al cilindro desgranador)	Abrir orificios o cambiar la criba
	Ventilación insuficiente	Aumentarla flujo de aire elevando las revoluciones o abriendo las chapas laterales
Grano sucio	Criba superior muy abierta	Cerrar orificios o cambiarla
	Máquina sobrecargada	Reducir velocidad de avance o subir el sistema para el corte

El trabajo se desarrolló del 9 al 14 de abril del 2022, en el primer campo del Lote 17, cercano al poblado de La Martí, pertenecientes a la Granja Arrocera No. 10 “Antonio Maceo”, del Municipio de Yara, Provincia de Granma.

Con suelo predominante del tipo Vertisol, según la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, (2006), con topografía llana, buena nivelación y drenaje, con sistema para el riego con curvas de nivel, buen acceso al lote arrocero y una situación favorable en los viales en sentido general.

La temperatura ambiental en los días del experimento osciló entre 29 a 32°, la humedad relativa entre 80,9 y 85,5 % y un promedio anual de lluvias de 110, 6 mm, según datos de la Estación Agro Meteorológica del CITMA en Veguitas, a unos 15 km de distancia.

Determinación de las pérdidas

- Variables a medir:

Pérdidas de granos en el campo (pre cosecha);

Pérdidas en la sección receptora o cabezal de la máquina;

Pérdidas por la cola (cribas de limpieza) y el lado lateral derecho de la cosechadora (expulsión de pajas).

- Parámetro a medir en la cosechadora:

Velocidad de rotación del cilindro trillador en $r \cdot \text{min}^{-1}$;



Velocidad del ventilador de la limpieza en $r \cdot \text{min}^{-1}$;

Velocidad de trabajo de la máquina en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Se realizó también una caracterización del campo y el cultivo sobre el que se trabajó, teniendo en cuenta la humedad relativa del aire y la humedad de la masa de granos cosechados (grado de maduración).

Pérdidas pre cosecha

Antes de evaluar las pérdidas de granos en cualquier mecanismo de la cosechadora es necesario determinar las pérdidas pre cosecha (granos caídos en el suelo antes del inicio de la cosecha, por acción de agentes externos, vientos, lluvias, acción del hombre y animales o maduración prematura) y así restar estas a las pérdidas provocadas por la máquina. En las pérdidas pre cosecha también se debe tener en cuenta el porcentaje de granos comidos por pájaros y roedores en caso de que su población sea significativa.

Metodología para determinar las pérdidas pre cosecha

Según la metodología de la Unión de Empresas Agroindustriales de Granos del Ministerio de la Agricultura, en una zona representativa de la terraza, se colocan en zigzag los 4 aros de alambre de 56 cm de diámetro igual a $0,25 \text{ m}^2$, (equivalentes a 1 m^2) de forma completamente aleatoria, teniendo en cuenta que en su distribución no sobrepasen el ancho de trabajo de la máquina y que se encuentren a más de 10 m de distancia de los laterales del campo para evitar el efecto de borde.

Se tuvo sumo cuidado al entrar al campo debido, a que generalmente existe una importante masa vegetal con panojas entrelazadas que facilita el desgranado por efecto de la acción de las personas, particularmente importante con humedades del grano por debajo del 17 %. Las pérdidas pre cosecha se evaluaron, contando los granos y panojas sueltas, correspondientes a la masa delimitada por el perímetro de cada aro se ensacaron, identificaron y se guardaron para su posterior pesaje.

Para determinar las pérdidas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), se unieron los granos sueltos y los obtenidos de las espigas desgranadas en los 4 aros; pesaron y se promedió su peso, siendo este $6,2 \text{ g} = 0,0062 \text{ kg}$.



Metodología para determinar las pérdidas en la sección receptora o cabezal

Para la determinación de estas pérdidas se tapó con una manta las zonas de expulsión lateral y trasera de la combinada y se distribuyeron los 4 aros en zigzag a lo largo del ancho de corte de la máquina, haciéndola luego avanzar 50 m cosechando, según se muestra en la figura 3.

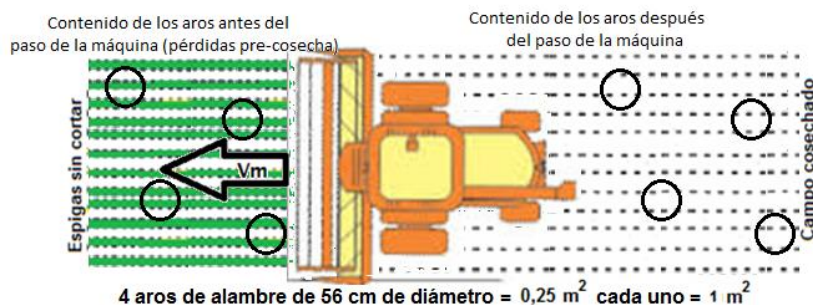


Fig. 3. Distribución de los marcos de $0,25 \text{ m}^2$ para la determinación de las pérdidas en la sección receptora

Se recogen todos los granos y panojas sueltas que quedan dentro de los cuatro aros de alambre, obteniendo así una muestra de 1 m^2 que incluye las pérdidas del cabezal, más las de pre cosecha que luego serán restadas.

Los granos y espigas caídos se recogieron en bolsas de polietileno, se pesaron y se promediaron.

En todos los casos, para expresar los valores obtenidos en kg de pérdidas por hectárea, se realizaron 25 mediciones para contrarrestar la falta de uniformidad del cultivo y se promediaron las evaluaciones para obtener datos más confiables.

Es importante destacar que además hay que realizar un diagnóstico de cómo se está realizando la trilla para:

- Observar la existencia de grano sin trillar;
- Grado de limpieza en la tolva;
- Granos partidos;
- Altura de corte de la plataforma.



De manera que además de cuantificar las pérdidas se analicen otros parámetros que definen la calidad de la recolección.

Todas las mediciones se realizaron de conjunto con el jefe del lote, tomando las medidas en cada caso para revertir cualquier exceso en los parámetros prefijados, recordando que la mejor cosecha es la que se realiza lo más rápido posible y con la menor cantidad de pérdidas posibles.

Metodología para determinar las pérdidas por la cola y el lado lateral izquierdo

Las pérdidas por la cola, son las producidas en la mesa de cribas para la limpieza.

Se coloca una manta en la parte trasera de la máquina por debajo de la mesa de cribas de limpieza y se hace trasladar la máquina cosechando hasta 50 m.

Una vez que pasa la cosechadora, fuera del área de experimentación, se procede a separar el material recolectado, primeramente se extrae todo el material grueso (paja y tallos), quedando en la manta los granos completos, partidos y vanos, siendo la separación manual de éstos últimos una tarea que demanda tiempo, pues regularmente, existe una gran cantidad de estos; para su separación y posterior pesaje, se colocan todos los granos obtenidos (enteros y vanos) en una botella plástica con la base cortada y la tapa roscada, de modo que el pico quede hacia abajo, a continuación se coloca agua hasta la mitad de la botella y se verifica que los vanos floten en la superficie, mientras que los demás se mantendrán inmersos en el fondo (contra la tapa), luego se vuelca cuidadosamente el agua con los vanos, para luego desenroscar la tapa y extraer los granos llenos logrando, de este modo, una correcta separación, a continuación se cuentan granos vanos y llenos, colocándose en sacos de polietileno, que serán etiquetados para su posterior pesaje.

La cosecha se realizó con un valor promedio de humedad del grano del 22% coincidiendo, con los valores recomendados por Montenegro (2000) que consideran como valores óptimos para la recolección de arroz entre 18 y 23% de humedad y con lo reglamentado en el Instructivo Técnico del cultivo del año 2016.

Se estimó una producción para el lote de 141,87 t, alcanzándose una producción real de 115,5 t, para un cumplimiento el 81,4 %, afectado en su mayoría por el ataque indiscriminado de roedores y aves.



Durante los ensayos, con la máquina fueron cosechadas 59,93 t, lo que representa el 51,86 % del total del lote, según reporte del Secadero “Emilio Lastre” en el poblado de Cayo Redondo.

El ensayo reportó que las pérdidas pre cosecha alcanzaron un valor promedio de $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, valor que se considera normal para las condiciones de la zona Sur de la Provincia Granma, según datos históricos del Departamento de Cosecha de la Empresa Agroindustrial de Granos “Fernando Echenique Urquiza”, lo que representa aproximadamente 1,23 t de pérdidas para el área total del lote de 19,87 ha.

Las pérdidas en la sección receptora alcanzaron valores medios de $0,000027 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, para un 4,5% inferior al 5 % establecido por Normas Técnicas, el fabricante, coincidiendo además con lo planteado por Kepner (2010).

La frecuencia de rotación del cilindro trillador varió durante la evaluación entre 850 a $960 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, siendo el último valor el recomendado. Las pérdidas en el sistema de trilla (cilindro-cóncavo) alcanzaron valores medios de $0,000017 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, lo que representa el 2,84 %, muy por debajo del 5% establecido por Normas Técnicas, el fabricante, coincidiendo con lo planteado por Kepner (2010).

Las pérdidas en los sistemas de separación y limpieza alcanzaron valores medios de $0,000065 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, para un 1,10 %, muy por debajo de lo establecido por el fabricante y diferentes autores como Silveira (1987) y Kepner (2010). A nuestro juicio se alcanzan estos valores fundamentalmente por la correcta regulación de la máquina, aunque la frecuencia de rotación del ventilador, fue excesiva, oscilando entre 750 y $900 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, con valores medios de $833,30 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, lo que no se corresponde con lo planteado por el fabricante, de que velocidades superiores a $750 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ no son recomendadas para la limpieza en este cultivo, teniendo en cuenta las propiedades aerodinámicas de los granos, tales como: velocidad crítica o de vuelo, coeficiente de resistencia al aire y coeficiente aerodinámico, lo que coincide con lo planteado por Silveira Remus (1982). El ventilador permite rotaciones hasta $1\ 200 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$. Las aberturas de las persianas para la orientación del flujo de aire coincidían con las recomendadas por el fabricante (superior 10 mm, inferior 13), por lo que estos valores pudieron ser menores.



Los valores medios totales de pérdidas durante la cosecha con la máquina, fueron de 0,000115 t, las que representan el 1,92 % considerándose muy bajas, teniendo en cuenta las condiciones adversas en las que se realizó la evaluación, siendo las pérdidas en la sección receptora las mayores con 4,5 % del total cosechado.

A nuestro juicio, los resultados satisfactorios se deben en gran medida a la correcta regulación de la máquina y a la experiencia en primer lugar del operador y de todo el personal involucrado en esta actividad.

Conclusiones.

1. Las pérdidas pre cosecha se consideran normales para la zona donde se realizó el ensayo.
2. Se demostró que las pérdidas son funciones de múltiples variables independientes, relacionadas con factores climatológicos y ambientales, del cultivo, y de la máquina, tales como: humedad ambiental relativa, grado de acamamiento y maduración de los granos, rendimiento del cultivo, regulaciones y eficiencia explotativa de la máquina.
3. La productividad media fue de 4,399 t·ha⁻¹, con pérdidas que representan el 11,50 % del total, considerándose medianamente altas.

Referencias bibliográficas.

- Kepner, R. (2010). *Principies of Farm Machinery*. Second Edruon AVI Publishing Co. Westport. Connecticut. USA.
- MINAG, 2020. *Instructivo técnico del cultivo del arroz*. Dirección de arroz del Ministerio de la Agricultura.
- Montenegro. G. (2000). *Influencia del contenido de humedad de los granos en la cosecha del Arroz*. *Revista de Ciencias Agrícolas*. Universidad de Nariño. 4(2): 3-15. Pasto. Colombia.
- Pozzolo, O. y Pirovani. A. 1993. *Cosecha de Arroz. Equipamiento, Regulación y Puesta a Punto de la cosechadora*. Cuaderno de actualización Técnica No 11. EEAINTA C. Uruguay. Serie PROPECO.



Valero, O. (2011). Ingeniería Rural. UPM Cosechadoras de cereal: historia, elementos y funcionamiento.

Principales características técnicas de las máquinas cosechadoras existentes en el mercado actual.

Silveira, J A. Máquinas agrícolas (1987). Segunda Parte. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

