

## **Estudio de las prestaciones de cabezales arroceros con sistema draper**

### **Study of performance of rice with system draper heads**

Ramón Hidalgo <sup>1</sup>, Oscar Pozzolo <sup>2</sup>, Emiliano Serafini <sup>1</sup>, Fabio Domínguez <sup>1</sup>, Julio Beltramino <sup>3</sup>, Guido Botta <sup>4,5</sup>

Originales: Recepción: 30/11/2015 - Aceptación: 01/04/2016

#### **RESUMEN**

En un establecimiento arrocero de la provincia de Corrientes se evaluó el desempeño de una cosechadora axial equipada con un cabezal de 25 pies con sistema draper. Se realizó cuatro tratamientos: cosechadora con cabezal 625D a velocidad 3 km/h (T1); 3,5 km/h (T2); 4 km/h (T3); 4,5 km/h (T4). Las variables en estudios (variables respuestas) fueron: pérdidas por cola, daño mecánico al grano, ruido. Las determinaciones de daño mecánico se realizó en cuatro lugares: draper, sinfines alimentadores del cilindro axial, extremo inferior de noria y tolva de almacenamiento. Para las determinaciones de ruido se realizó mediciones de acuerdo con las normas sugeridas por el Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar. Conclusiones: 1) Los daños ocasionados a los granos, medidos como grano quebrado, tienen como principal responsable al mecanismo alimentador de sinfines. 2) El sistema draper se comportó en forma eficiente produciendo el conjunto draper, molinete y cuchillas de corte daños mínimos. 3) Los sistemas de alimentación (cabezal) y el sistema de trilla axial no mostraron saturación aún a las velocidades más altas de 4,5 km/h comportándose eficientemente. 4) A partir de los 3,2 km/h el sistema de separación y el de limpieza comenzaron a mostrar saturación elevándose las pérdidas en forma no proporcional. 5) El ruido para el operador dentro de la cabina satisface las normativas para realizar jornadas completas de labor demostrando un alto nivel de insonorización respecto del ruido exterior de la máquina.

#### **Palabras clave**

cosechadora • pérdidas de granos • daño mecánico • ruido

- 
- 1 Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Sargento Cabral 2138 - (3400) Corrientes. rhidalgo@agr.unne.edu.ar
  - 2 Estación Experimental INTA Concepción del Uruguay.
  - 3 Especialista de Productos de Cosecha de Industrias John Deere Argentina S.A.
  - 4 Universidad Nacional de Luján, Ruta Nacional 5 y Av. Constitución (6700) Luján, Buenos Aires. Argentina.
  - 5 Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA), Av. San Martín 4453, Buenos Aires. Argentina.

## ABSTRACT

In a rice establishment of the province of Corrientes was evaluated an axial combine equipped with a head of 25 feet draper system. Four treatments were carried on: head 625D Combine at 3 km/h (T1), at 3.5 km/h (T2), 4 km/h (T3) and 4.5 km/h (T4). The variables under study were grain losses, grain mechanical damage and noise. Mechanical damage was determined in four locations: draper, auger feeders axial cylinder, grain wheel and grain tank. The determination of noise was with standards suggested by the Institute of Rural Engineering INTA Castelar. Conclusions: 1) Damage to the grain is primarily responsible auger feeder mechanism. 2) The draper was working efficiently with minimal damage. 3) Feeding systems (head) and the axial threshing showed no saturation even at the highest speeds of 4.5 km/h. 4) From the 3.2 km/h the system of separation and cleaning began to show saturation. 5) The sound inside the cabin was not over the standards.

### Keywords

combine • grain mechanical damage • grain loss • noise

## INTRODUCCIÓN

Mundialmente se reconoce con el nombre de arroz a un grupo de unas 19 especies de plantas anuales de la familia de las Gramíneas (9) siendo la especie *Oriza sativa* L., por su aporte alimenticio, la de mayor importancia para la humanidad ya que constituye el principal alimento en la dieta de más de la mitad de la población mundial (2).

Investigaciones realizadas por Bahgat (2004) indican que este cultivo es la base de su dieta para más de 4,4 mil millones de personas incrementándose su demanda anual en un 3%, esta tendencia se mantiene en la actualidad (22).

Más de un 85% del área de cultivo se realiza por irrigación debido a que esta metodología permite aumentar los rendimientos (14, 21).

Russell (2001) señala que el arroz irrigado contribuye con el 80% de la producción total mundial y que, según el IRRI (International Rice Research Institute), el arroz de secano solo aporta el

5%, manteniéndose en la actualidad esta tendencia (13, 15).

El riego por inundación le da características particulares a este cultivo inclusive en la cosecha, causando dificultades en el tránsito de la maquinaria por la escasa sustentabilidad del suelo (10, 18, 23, 24) originando baja eficiencia de cosecha (6).

En la actualidad, el manejo del cultivo permite realizar cosecha en seco solucionando en gran medida este inconveniente.

Sin embargo, desde el punto de vista de las pérdidas de cosecha se observa un nivel que durante las últimas campañas ascienden, en promedio, a valores de 100 kg/ha que representan aproximadamente 25.855 t traducidas en 3,9 millones de dólares (11).

Desde el punto de vista de diseño de elementos constitutivos de las cosechadoras, existen varios factores incidentes en las pérdidas, uno de ellos es la conducción del material recolectado desde los extremos del

cabezal hacia el embocador; los cabezales tradicionales conducen el material recolectado por medio de un sinfín hacia el sistema de trilla (20).

Este sistema frecuentemente produce alimentaciones desuniformes, principalmente debido a que el material cortado no ingresa directamente al sinfín, al existir una distancia entre la cuchilla de corte y las espiras pudiendo provocar acumulaciones de material, además de desordenarlo retorciéndolo.

Esta desuniformidad del material que ingresa a la cosechadora provoca ineficiencias en el proceso de trilla (sea axial o tradicional), debido al mayor esfuerzo que se produce cuando ingresa el bolo causando una sobrealimentación, con aumento en el consumo de combustible y mayores pérdidas de granos por cola, dado que resulta más difícil que los granos sueltos cuelen hacia el sistema de limpieza (4).

En los últimos años la oferta tecnológica del parque de cosechadoras en Argentina, se ha visto revolucionada con la llegada de los cabezales con alimentación por lonas o Draper, constituido de un chasis, una barra de corte que en algunos cabezales cuentan con sistema de copiado del terreno flexible/flotante y un molinete especial orbital. Otros cuentan con barra de corte fija y molinete con dedos unidireccionales.

A diferencia de los cabezales tradicionales, en el cabezal draper el sinfín acarreador se ve reemplazado por un conjunto de bandas de caucho acarreadoras.

Las mismas trabajan llevando el material cortado desde los laterales del cabezal hacia el centro, que según el modelo y marca pueden tener una sola lona por cada lado o dos lonas en cada mitad del cabezal.

Una vez en el centro, el material es depositado en una lona dispuesta en el mismo sentido de avance de la

cosechadora o tomado por un rotor que lo deja en el embocador (Pozzolo, comunicación personal. Dr. Ing. Agr. Oscar Pozzolo es especialista en Mecanización Agrícola y Director de la Estación Experimental INTA de Concepción del Uruguay, Argentina).

Este tipo de cabezal posibilita la alimentación del órgano de trilla de la máquina con un flujo uniforme y parejo, ya que el material cortado por la barra de corte, forma un colchón que ingresa ordenadamente a la máquina, sin retorcerse. Esto se traduce en varias ventajas, en primer lugar una potencial disminución en las pérdidas, fundamentalmente en cultivos con altos índices de cosecha como lo es el arroz, y en segundo lugar, menores esfuerzos en el órgano de trilla, pudiendo incluso mejorar la capacidad de trabajo ante variaciones en el contenido de humedad del material, lo que significa menores consumos y más horas de trabajo (12). Sin embargo, la principal motivación del ingreso de estos sistemas ha sido la posibilidad que dan de aumentar el ancho de labor con menor peso, alimentación uniforme y menos problemas de flexión como lo tienen los sinfines.

Actualmente en Argentina se están construyendo cabezales sojeros de 40 pies (12 m) (3) dimensión muy difícil de alcanzar utilizando sistema de sinfín.

Otro aspecto, cada vez más tenido en cuenta por parte de los fabricantes, es lo relacionado con la ergonomía, definida como el descubrimiento y aplicación del conocimiento sobre las habilidades, limitaciones y otras características del ser humano al diseño de herramientas, máquinas, sistemas, empleo y medio ambiente para lograr un uso seguro, confortable y efectivo por parte del hombre (5).

Dentro de este campo, uno de los parámetros estudiados es el ruido causado por los mecanismos y sistemas de las maquinarias y su efecto al ser humano.

En este sentido, el draper puede ser un mecanismo que presente ventajas sobre los sinfines al utilizar materiales con menor capacidad de generación de ruido.

Se define como ruido a cualquier sonido que contenga información no deseada o perturbadora para quien deba escucharlo.

La contaminación por ruido y los niveles tolerables, medidos en decibelios (dBA), son tratados en varias legislaciones.

Existen distintas legislaciones y normativas en relación con el ruido, algunas de las cuales se refieren específicamente al ruido, y otras lo incluyen como parte de una problemática más amplia. Según Miyara (2000), en Argentina existen dos leyes laborales que incluyen *in extenso* la cuestión del ruido: la Ley N° 19.587/72, de Higiene y Seguridad en el Trabajo, con su decreto reglamentario N° 351/79, la Ley N° 24.557/95, de Riesgos del Trabajo, que va acompañada por los decretos reglamentarios N° 170/96 y N° 333/96, la resolución N° 38/96 SRT y el laudo N° 156/96 MTSS. Estas leyes protegen directa o indirectamente al trabajador y establecen límites de exposición diaria.

En el Decreto N° 351/79, que reglamenta a la ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo, se introduce el concepto de Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE) como el nivel sonoro de un ruido constante a lo largo de la jornada laboral.

El máximo NSCE admisible es de 90 dBA para una jornada laboral de 8 horas. Esto implica que se toleran 90 dBA continuos durante 8 horas, o bien 93 dBA durante 4 horas, o bien 96 dBA durante 2 horas, etc. Vale decir que se admite un aumento del nivel sonoro de 3 dBA por cada reducción a la mitad del tiempo de exposición, si bien existen otros criterios, estos son muy similares en términos generales (17).

Sobrepasar estos límites implica que al cabo de 20 años de actividad laboral,

un 22% de los expuestos experimentarán déficit auditivo irreversible (según lo indicado en la recomendación internacional ISO R 1999/70). A partir de esta información, el decreto reglamentario impone un límite de precaución de 85 dBA. Por encima de este nivel sonoro, deben realizarse exámenes audiométricos periódicos a todos los expuestos, y en caso de notarse un aumento del umbral, el trabajador deberá obligatoriamente utilizar protectores auditivos.

A pesar de la masiva adopción de los sistemas draper en grandes cabezales por parte de la mayoría de los fabricantes, en la bibliografía no se observa información del comportamiento de estos sistemas en parámetros particularmente importantes para el cultivo de arroz, tales como: daño mecánico al grano, ruido y capacidad operativa en función del incremento de velocidad de avance. Todos ellos considerados relevantes para establecer un perfil del comportamiento de este sistema, más allá de sus bondades respecto del tamaño, que en este cultivo no son relevantes al presentar limitaciones por desniveles, producto de los camellones. Por tales motivos, se consideró importante realizar investigaciones que puedan aportar conocimiento sobre estas variables para su uso en este cultivo.

### **Objetivo**

Evaluar el comportamiento de una cosechadora equipada con cabezal draper en un cultivo de arroz desde el punto de vista de pérdidas de granos, daño mecánico al grano y ruido.

### **Hipótesis**

Los cabezales draper presentan un mejor comportamiento que los convencionales de tornillo sinfín respecto de menores niveles de ruido, pérdidas de grano y daño al mismo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el establecimiento arrocero Santa Marina de la empresa Adeco Agropecuaria SRL, ubicado en cercanías de la localidad de Itá Ibate, provincia de Corrientes (35°7' Sur; 57°1' Oeste). El criterio de elección del sitio fue la disponibilidad de equipo agrícola de diferentes características, en óptimas condiciones para realizar los tratamientos y de personal de campo en forma permanente, con experiencia en el cultivo y en la utilización de la maquinaria para el trabajo.

El lote elegido correspondió a un arroz con un rendimiento de 8260 kg/ha, considerado homogéneo en un suelo clasificado como Albacualf típico Serie Chequín (7), con muy escasa pendiente y sistematizado a nivel cero sin presencias de taipas (camellones de igual cota que permite mantener la misma altura de lámina de agua dentro del lote).

El ensayo se realizó durante el período de cosecha, en el mes de marzo, utilizándose una cosechadora axial John Deere STS 9570; equipada con cabezal de 25 pies, (7,6 m), con sistema draper mod. 625D, la tolva tenía una capacidad de 8800 l.

Para el ensayo se contó con el apoyo de técnicos de J. Deere SA de manera de asegurar la utilización de regulaciones recomendadas por el fabricante.

Se trabajó a cuatro velocidades: 3; 3,5; 4 y 4,5 km/h las que constituyeron los tratamientos, las condiciones del lote sistematizado a nivel cero sin presencia de taipas, posibilitaron trabajar a estas velocidades.

Para cada uno de ellos se evaluó pérdidas por cabezal y cola. Todos los tratamientos se realizaron en el mismo lote con una misma variedad y momento del día.

Para la determinación de pérdidas se utilizó dos metodologías, la primera desarrollada por la Cátedra de Mecanización Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE y el INTA PRECOP (2004) haciendo uso de aros ciegos de  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup>.

Esta metodología, si bien se considera precisa para mediciones a campo, puede tener una tendencia a sobrevalorar las pérdidas ya que utiliza una superficie fija de medición. Por tal motivo, se utilizó en forma paralela, un segundo método, propuesto por los técnicos de John Deere SA, utilizado frecuentemente en ensayos, de acuerdo con las recomendaciones de la norma ANSI/ASAE S396.2, 1991. Así fue utilizada una lona de 2,0 m de ancho, necesario para que todo el material que salga por la cola caiga sobre la lona.

El largo de la lona es de 2,80 m que multiplicado por 7,6 m (ancho de corte de la plataforma), da un tamaño de muestra de 21,30 m<sup>2</sup> donde se recolectó todo el material procesado por el sistema de trilla, separación y limpieza, el que pesado en totalidad determinaba la ingesta para cada velocidad en estudio.

En cada método se tomó tres repeticiones por velocidad. Para realizar las determinaciones de pérdidas por cola fue necesario quitar los desparramadores de rastrojo.

Para determinar la incidencia del draper en el daño mecánico al grano, se trabajó a similares velocidades que para la determinación de pérdidas, tomándose 3 muestras de panojas de planta en pie, es decir, previo al pasaje de la cosechadora, las que fueron desgranadas manualmente y los granos secados a temperatura controlada hasta 12-13% de humedad, al igual que el resto de las muestras. Los granos enteros y quebrados se determinaron por molinillo Zatake bajo los estándares comerciales usuales.

En el sistema draper se tomó 3 muestras (una en la lona derecha, una en la lona izquierda y una del rotor alimentador al embocador).

A modo de contar con otras variables explicativas y para tener una información comparativa con otros elementos causantes de daño mecánico al grano, se tomó 3 muestras del sistema de trilla a la altura de los sinfines alimentadores del cilindro axial, 3 muestras del extremo inferior de noria y 3 muestras de la tolva de almacenamiento de la cosechadora, realizándose 3 repeticiones por cada determinación (fotos).

Se tomó la velocidad real de avance por medio de GPS con un error de  $\pm 0,3$  km/h, corroborado mediante el tiempo tardado en recorrer 100 m. Se analizó tiradas de 100 m de largo por el ancho del cabezal.

Para determinar el ruido provocado por la cosechadora equipada con el cabezal con sistema draper, se utilizó un decibelímetro marca Extech Modelo 407764, N° de serie 991200218, con un rango variable entre 30 y 130 dB y Data Logger de la información. Fue calibrado mediante el calibrador Extech 407769 - IEC 942 Class 2 - ANSI S1.40 - 1984 con n° de serie 000507227.



**Foto.** Lugar de muestreo para determinación de daño mecánico al grano. a) Draper, b) sinfines alimentadores, c) extremo inferior de noria, d) tolva de almacenamiento.

**Photo.** Location of sampling for determination of mechanical damage to the grain. a) Draper, b) auger feeders axial cylinder, c) lower end of grain wheel, d) grain tank.

Las mediciones se realizaron de acuerdo con las normas sugeridas por el Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar, tomándose datos dentro de la cabina en cuatro sitios distintos: a la altura del oído izquierdo, del oído derecho, en el frente y atrás del conductor, con el equipo de aire acondicionado en marcha.

Por otra parte, se realizó mediciones fuera de la cabina y a nivel de la plataforma de acceso, cuando la cosechadora estaba cosechando. Estas mediciones, dentro de cabina y en plataforma de acceso, se realizó con tres repeticiones para cada velocidad en estudio.

Paralelamente a ello y a nivel del suelo con la máquina en posición estática, es decir no cosechando, pero con los mecanismos en funcionamiento, se evaluó los niveles de ruido en el centro, extremo derecho e izquierdo del cabezal, de manera de contar con una variable explicativa complementaria, tomándose tres repeticiones.

El diseño experimental propuesto fue en bloques completamente aleatorios, los tratamientos principales fueron:

- T1. Cosechadora con cabezal 625D a velocidad 3 km/h.
- T2. Cosechadora con cabezal 625D a velocidad 3,5 km/h.
- T3. Cosechadora con cabezal 625D a velocidad 4 km/h.
- T4. Cosechadora con cabezal 625D a velocidad 4,5 km/h.

Las variables en estudios (variables respuestas) fueron:

- Pérdidas por cola.
- Daño mecánico al grano.
- Ruido.

Además, en las evaluaciones de pérdidas, se analizó si ambas técnicas son apropiadas para determinaciones a campo correlacionándolas por medio del método de correlación de Pearson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Daño mecánico al grano

Estadísticamente no se registraron diferencias entre velocidades y dentro de los sitios de muestreo, lo que indica que los diferentes sistemas continuaban teniendo capacidad, a pesar del aumento de la tasa de ingestión producto de aumento de la velocidad.

Si se considera que la tendencia de los sistemas de trilla y acarreo es a producir mayores daños en la medida que se saturan, es posible inferir que los mismos estaban lejos de este punto, ya que tampoco se visualiza una tendencia a aumentar daños.

A pesar de que el análisis no fue realizado entre lugares de muestreo sino entre velocidades, de acuerdo con los valores registrados, se observa que los sinfines alimentadores del cilindro axial y el extremo inferior de noria fueron los que causaron más daño, determinándose en promedio 0,76% y 0,72% respectivamente, mientras que en el draper el porcentaje de daño fue de 0,30%.

Es relevante destacar que en ningún caso se detectó la presencia de panojas trilladas en forma incompleta.

Debe considerarse que en el muestreo del draper involucra la incidencia que pudo haber tenido el molinete y eventuales acciones de la cuchilla.

De acuerdo con lo observado, es posible inferir que el draper prácticamente no provoca alteraciones en la calidad del grano.

Si se analizan las mediciones como porcentuales del total dañado, se destaca las roturas producidas por los sinfines alimentadores. Estos son responsables del 34% de los granos dañados que llegan a la tolva, superando a lo dañado por el sistema de trilla y por la noria, que en su conjunto llegan al 32%.

Por otro lado se puede observar que el promedio total de grano quebrado producido por la cosechadora fue del 2,22%, no muestra tendencia a aumentar con el incremento de la velocidad. (tabla 1 y tabla 2, pág. 73)

### Pérdidas de grano

Las pérdidas de grano fueron determinadas a nivel de la cola de la máquina, es decir, contabilizando las producidas por los mecanismos de limpieza y separación tal como fue explicitado en materiales y métodos por medio de dos métodos

diferentes, el propuesto por INTA (2004) y el basado en la norma ANSI/ASAE S396.2, 1991 para cada tratamiento. Los resultados pueden observarse en la tabla 3 (pág. 73).

Debido a que este último recoge todo el material arrojado por la cola de la máquina, es posible estimar la ingesta total de la cosechadora por hectárea.

En la superficie de muestra de 21,30 m<sup>2</sup> el promedio de la cantidad de rastrojo medido fue de 9,75 kg para las cuatro velocidades analizadas el cual llevado a hectáreas resulta 4.577,46 kg de paja que ingresan a la máquina.

**Tabla 1.** Análisis estadístico del daño mecánico al grano en los sitios de muestreos y para las cuatro velocidades en estudio.

**Table 1.** Statistical analysis of mechanical damage to the grain in the sampling sites and for four speeds in study.

Daño mecánico. Valores promedios en porcentaje Granos enteros (%)									
Velocidad (km)	Grano en planta	Draper	Rotura Draper	Sinfines alimentadores	Rotura sinfines	Extremo inferior de noria	Rotura extrema inferior de noria	Tolva	Rotura Tolva
3,0	55,43 a	55,17 a	0,26	54,37 a	0,80	53,60 a	0,77	53,13 a	0,47
3,5	55,43 a	55,13 a	0,30	54,40 a	0,73	53,70 a	0,70	53,27 a	0,43
4,0	55,43 a	55,07 a	0,36	54,30 a	0,77	53,63 a	0,67	53,23 a	0,40
4,5	55,43 a	55,17 a	0,26	54,43 a	0,74	53,70 a	0,73	53,20 a	0,50
Promedio	55,43	55,14	0,295	54,38	0,76	53,66	0,72	53,21	0,45
Desvío Estándar	--	0,05	0,047	0,06	0,032	0,05	0,043	0,06	0,044
C.V. (%)	--	9	16	11	4	9	6	11	9,8

Números seguidos de letras diferentes en filas y columnas registran diferencias significativas  $p > 0,05$ . Análisis por columnas.

Numbers followed by different letters on rows and columns recorded significant differences  $p > 0.05$ . Analysis by columns.

**Tabla 2.** Daños producidos como porcentajes del total del grano quebrado por la cosechadora a cuatro velocidades

**Table 2.** Damages as percentages of the total grain broken by the combine at four speeds.

Daño mecánico en % causado por draper, sinfines alimentadores, noria y mecanismos de tolva.							
Velocidad (km)	Grano entero en planta	Grano entero en tolva	Daño Draper	Daño Sinfines alimentadores	Daño noria	Daño Tolva	Total daño grano
3,0	55,43	53,13	11,3	34,78	33,47	20,43	2,30
3,5	55,43	53,27	13,88	33,79	32,40	19,90	2,16
4,0	55,43	53,23	16,36	35,0	30,45	18,18	2,2
4,5	55,43	53,20	11,66	33,18	32,73	22,42	2,23
Promedio	55,43	55,14	13,3	34,19	32,26	20,34	2,22

**Tabla 3.** Pérdidas de grano por cola a cada velocidad de ensayo.

**Table 3.** Losses of grain per queue at each test speed.

Velocidad km/h	Pérdida por método S396.2		Método INTA-UNNE
	Peso total muestra (kg)	Pérdida en kg/ha	Pérdida en kg/ha
3,0	10,5	61,97 a	75,7 a
3,5	10,0	68,00 a	89,6 a
4,0	8,5	56,33 a	105,6 a
4,5	10,0	145,50 b	152,5 b

Números seguidos de letras diferentes en filas y columnas registran diferencias significativas  $p > 0,05$ .  
Análisis por columnas.

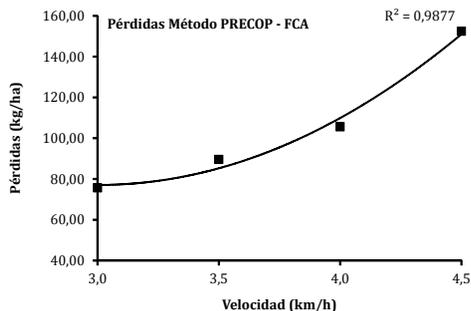
Numbers followed by different letters on rows and columns recorded significant differences  $p > 0.05$ .  
Analysis by columns.

Si a este valor se le suma el rendimiento promedio de granos por hectárea (8.260 kg/ha) se obtiene la ingesta total de 12.837,46 kg de material (grano + paja).

Tal como era esperable, el método INTA-UNNE arrojó valores ligeramente más altos que el otro. Cabe destacar que en la velocidad de 4 km/h, en el método S396.2 se observa el mínimo valor tanto, de pérdida (56,33 kg/ha), cuanto de peso

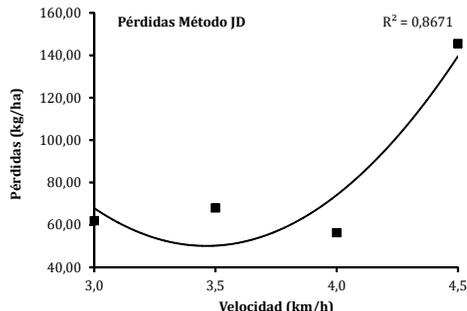
total de la muestra (8,5 kg) indicando un menor ingreso de material que incidió en los resultados.

En las figuras 1 y 2 (pág. 74), se puede observar que ambas metodologías indican que las pérdidas van aumentando con la velocidad en forma no proporcional como es esperable a medida que se van saturando los mecanismos de limpieza.



**Figura 1.** Pérdidas de grano por separación y limpieza a diferentes velocidades por método INTA-UNNE.

**Figure 1.** Losses of grain separation and cleaning at different speeds by INTA- UNNE method.



**Figura 2.** Pérdidas de grano por separación y limpieza a diferentes velocidades por método S396.2.

**Figure 2.** Losses of grain separation and cleaning at different speeds by method S396.2.

Efectuando la ecuación de regresión, se encuentra que la función de ajuste polinómica de grado 2 utilizada tiene la siguiente expresión:

$$y = 32,95x^2 - 197,8x + 374,1$$

Si se realiza la derivada, la expresión queda reducida a  $65,9x - 197,8$

A partir de la expresión anterior se calcula que la velocidad crítica, donde los sistemas entran en fase de saturación, se encuentran por encima de los 3 km/h, momento a partir del cual no convendría aumentar la velocidad de cosecha en este cultivo, al menos para las condiciones del ensayo.

Si se realizara un procedimiento similar a partir de los valores obtenidos por el método S396.2, y aplicando una ecuación de regresión polinómica de segundo grado similar al estudio anterior, se obtiene  $y = 83,14x^2 - 575,7x + 1046,3$ , nuevamente si se deriva la ecuación

resulta en  $166,28x - 575,7$ , lo que indica que según este procedimiento la velocidad máxima más conveniente es de 3,46 km/h.

Estos valores son interesantes de contrastar con los resultados observados en rotura de granos. Si se toma el daño al grano y a la ausencia de panojas sin trillar o parcialmente trilladas como un indicador del comportamiento de los sistemas de trilla y alimentación, se puede inferir que los mismos no mostraban signos de saturación. A partir de lo cual, la limitación en la capacidad de trabajo de esta cosechadora, por lo menos para el cultivo de arroz que presenta altos volúmenes de material, está dada por su sistema de separación axial o sistema de limpieza y no por el resto de los mecanismos. En este sentido se deberían realizar otros estudios para determinar en cuáles de los mecanismos se presentan las principales limitaciones, sistema de separación axial, sistema de limpieza (zarandón, zaranda o ventilación).

A partir de los valores obtenidos es posible estimar una capacidad de trabajo teórica partiendo de un ancho de corte efectivo de 7,5 m, una eficiencia de trabajo en arroz del 0,8 y una velocidad óptima de cosecha promediando los dos métodos utilizados de 3,23 km/h a través de la siguiente expresión:

$$\frac{[(7.5 * 3230 \text{ m/h}) * 0,8]}{(10000 \text{ m}^2 / \text{ha})} = 1,94 \text{ ha/h}$$

Para saber si las metodologías pueden ser utilizadas en determinaciones a campo se correlacionaron, dando como resultado un valor de  $r=0,892$   $P\text{-valor}<0,001$  indicando correlación entre ambos métodos por lo que se puede inferir que cualquiera de estas técnicas pueden ser usadas sin mayores inconvenientes (tabla 4).

#### Niveles de ruido

Otro de los aspectos evaluados fueron los niveles de ruido producidos por la máquina equipada con la plataforma 625D.

Los resultados se pueden observar resumidos en la tabla 5 (pág. 76).

Es importante destacar que dentro de la cabina en ningún momento y en ninguna de las posiciones de muestreo

del operador, fueron superados los 75 dB manteniéndose por debajo de las exigencias máximas para cumplimentar una jornada de trabajo, a pesar de que incluso el equipo de aire acondicionado se encontraba encendido.

Respecto del nivel de ruido que ocasionaba el equipo, exteriormente los niveles fueron importantes superando valores de 92 dB, los que aumentaron en la medida que se aumentaba la velocidad de cosecha, encontrándose diferencias significativas a partir de los 4 km/h. Esta situación demuestra el grado de insonoridad logrado constructivamente en la cabina que equipaba la máquina.

Desde el punto de vista del ruido ocasionado por el cabezal draper, es importante, más de 90 dB detectándose una mayor fuente de ruido en su parte central. En este sentido es importante destacar que las mediciones, si bien fueron tomadas a nivel del cabezal, están contaminadas por los otros sistemas complementarios, tales como acarreador, cadenas, eje cardánico, etc., de existir una mejora en el nivel de ruido provocada por este sistema se vería enmascarada por el resto de los mecanismos, incluido el ruido del motor.

**Tabla 4.** Correlación entre metodologías de determinación de pérdidas.

**Table 4.** Correlation between methods of determination of losses.

	Método 1	Método 2
Método 1	1.0000000	0.0000001
Método 2	0.8919799	1.0000000

Referencia: Método 1 = Método INTA-UNNE / Método 2 = Método S396.2.

Reference: Method 1 = INTA-UNNE / Method 2 method = method S396.2

**Tabla 5.** Ruido producido por la cosechadora a cuatro velocidades en diferentes ubicaciones.**Table 5.** Noise produced by the combine at four speeds in different locations.

Velocidad (km/h)	Sitios de muestreo. Valores en Decibeles (dB)								
	Cabina. Altura cabeza del conductor				Fuera de cabina		Estático funcionando medido en el cabezal		
	oído izquierdo	oído derecho	delante	atrás	Arriba	Extr. izq.	Centro	Extr. derecho	
0	---	---	---	---	---	90,66	94,78	90,72	
3,0	75,31c	74,85c	74,02c	74,73c	92,16 b	---	---	---	
3,5	75,10c	74,63c	74,29c	74,61c	92,89ab	---	---	---	
4,0	74,57c	74,48c	75,15c	75,07c	93,47ab	---	---	---	
4,5	74,54c	74,76c	74,57c	74,44c	94,63a	---	---	---	
Prom.	74,88	74,68	74,57	74,71	93,29	---	---	---	

Números seguidos de letras diferentes en filas y columnas registran diferencias significativas  $p > 0,05$ .

Numbers followed by different letters on rows and columns recorded significant differences  $p > 0.05$ .

## CONCLUSIONES

Los daños ocasionados a los granos, medidos como grano quebrado, tienen como principal responsable al mecanismo alimentador de sinfines.

El sistema draper se comportó en forma eficiente produciendo daños mínimos, el conjunto draper, molinete y cuchillas de corte.

Los sistemas de alimentación (cabezal) y el sistema de trilla axial no mostraron saturación aún con las velocidades más altas de 4,5 km/h comportándose eficientemente.

A partir de los 3,2 km/h el sistema de separación y el de limpieza comenzaron a mostrar saturación elevándose las pérdidas en forma no proporcional.

El ruido para el operador dentro de la cabina satisface las normativas para realizar jornadas completas de

labor demostrando un alto nivel de insonorización respecto del ruido exterior de la máquina.

## RECOMENDACIONES

Sería muy conveniente repetir el ensayo con dos cabezales, un draper y un sinfín, de manera de cuantificar diferencias de sistemas. De poder realizar este ensayo se debería ubicar algún sector de arrocería sin presencia de barro o agua, de manera de contabilizar pérdidas específicas de cabezal y no solamente cola.

En el mismo ensayo se considera importante identificar cual/es sistema/s de limpieza y separación son los primeros en saturarse.

De manera similar sería muy interesante identificar las fuentes externas de ruido.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bahgat, R. M. 2004. Rice lands of South and South East Asia-Some soil physical aspects. Department of Soil Science, CSKHPAU, Palampur-176062, H. P. INDIA. 49-61.
2. Bolsa de cereales de Buenos Aires. 1970. Anuario de Números Estadísticos Buenos Aires. República Argentina. 47 p.
3. Bragachini, M. 2011. Crecimiento del Sector de la Maquinaria Agrícola Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: [www.agriculturadeprecision.org](http://www.agriculturadeprecision.org).
4. Bragachini, M.; Peiretti, J.; Sanchez, F.; Ustarroz, F. 2011. Cosecha de Trigo con valor agregado en origen. Actualización Técnica N° 68. INTA. Disponible en: [www.cosechaypostcosecha.org](http://www.cosechaypostcosecha.org).
5. Chapains, A. 1999. The chapains chronicles, 50 years of human factors research, education and design. Aegean Publishing Company, Santa Barbara.
6. De Datta, S. 1986. Principles and of rice production. Editor: Wiley & Sons. Limusa. 688 p.
7. Escobar, E. H.; Ligier, H. D.; Melgar, R.; Matteio, R.; Vallejos, O. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes. 1:500.000. Convenio MAGIC - INTA. Recursos Naturales, EEA INTA Corrientes. 215 p.
8. Facultad de Ciencias Agrarias-INTA PRECOP. 2004. Metodología de determinación de pérdidas en arroz. Disponible en: [www.cosechaypostcosecha.org](http://www.cosechaypostcosecha.org).
9. Grist, D. H. 1975. Rice. Editorial Longman Group Limited. Editorial Continental. 716 p.
10. Hidalgo, R.; Mirón, M.; Pozzolo, O.; Ferrari, H.; Curró, C. 2005. Análisis de diferentes aspectos relacionados con la eficiencia en la cosecha de arroz. En: Memorias CADIR 2006 1: 94- 98. VII Congreso Argentino de Ingeniería Rural. San Luis. Argentina.
11. Hidalgo, R.; Pozzolo, O. 2007. Cosecha. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo de Arroz en Corrientes. Convenio Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA) - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 65-71.
12. Hidalgo, R.; Pozzolo, O. 2011. Nuevas tecnologías en cosecha de arroz. Proyecto de eficiencia en cosecha y postcosecha. Informe Técnico. 8 p.
13. Hidalgo, R. J.; Botta, G. F.; Tolón Becerra 4, A.; Pozzolo, O. R.; Dominguez, J. F.; Serafini, E. 2014. Rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.) en sistemas de siembra directa: alternativas de manejo. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 46(2): 163-175.
14. Kawaguchi, H.; Kyuma, K. 1977. Paddy Soils in tropical Asia. The material nature and fertility. The University Press of Hawaii, Honolulu. 12(2): 177-192.
15. Méndez del Villar, P. 2007. Rice markets of the America's. An analyst view. Congreso de arroz de las Américas. Cancún, México.
16. Miyara, F. 2000. Aspectos legales de la lucha contra el ruido y pautas para su mejoramiento. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/legales.htm>. Visita: 2/12/2013.
17. Navarro Zamorano, S. 2007. Cómo proteger la audición. Disponible en: <http://www.revistaalcorac.es/tsfc2007/MNPROTEGERAUDICION2004.htm> Visita: 2/12/2013.
18. Pozzolo, O.; Hidalgo, R. 1996. Efecto del tránsito inundado. 1 Rueda Pala. Congreso Internacional de Ingeniería Rural. Neuquén, Argentina. 1: 130-135.
19. Russell, F. 2001. Nuffield Scholarship Report. 2001 Asia - Europe - North America Tour. Self organized study tour studying rice seeding techniques, spraying and monitoring equipment. Self organized visits and meetings to Rice Research and Extension facilities, Rice Seed Facilities, Rice Farmers and Rice Food Processors. 47 p.
20. Stadler, S.; Botta, G. F. 2015. Caracterización parcial de los contratistas de servicios de maquinaria agrícola en la micro región 2 –provincia de La Pampa, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 47(2): 135-143.

21. Tinarelli, A. 1988. *Il Riso*. Edagricole. Edizioni Agricole. 575 p.
22. United nations Food And Agriculture (FAO). 2014. *World rice statistics*. Report November. 67 p.
23. Varade, S. B.; Ghildyal, P. B. 1967. Effect of varying bulk densities on low land rice growth. *Il Riso*. 16: 33-40.
24. Varade, S. B.; Ghildyal, P. B. 1968. Effect of bulk density and seed placement on up-land rice seeding emergence. *Agronomy Journal*. 60: 240-341.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Agr. Julio Beltramino y a la Firma Demartin por el apoyo y predisposición para la realización de los ensayos.

Al Sr. Mario Autanac del Instituto de Ingeniería Rural de Castelar por apoyo en las determinaciones de ruido.