

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE PERDIDAS EN COSECHA MECANIZADA EN EL CULTIVO DEL SORGO *Sorghum bicolor* (L.) Moench EN LOS MUNICIPIOS DE PALMIRA Y CANDELARIA

Yolanda Liliana Herrán Jaramillo *

Julio Eduardo Londoño Callejas *

Oscar Alonso Herrera Gutiérrez **

COMPENDIO

En el período comprendido entre febrero y julio de 1993, se realizó un ensayo en cuatro fincas localizadas en los Municipios de Palmira y Candelaria, Departamento del Valle del Cauca, con el fin de identificar las pérdidas y los sistemas de las máquinas que presentan los valores más elevados, evaluar sus causas y cuantificar las pérdidas totales debidas a las máquinas, en la cosecha mecanizada de cuatro cultivares de sorgo. Utilizando la metodología propuesta por CHAPARRO (1986), parcialmente modificada en este estudio, se lograron detectar pérdidas en los sistemas de corte, trilla, separación y limpieza, además de fugas de grano en otros componentes, siendo el sistema de trilla el que presentó las mayores pérdidas debido al desgaste excesivo de las piezas de este sistema o a una calibración poco técnica del mismo; las pérdidas totales debidas a máquinas presentaron valores hasta de 215 kg/ha y niveles superiores al 10%. Dado el tamaño y el alto grado de tecnificación de las fincas de este estudio, que las hace representativas del sistema de producción local, se infiere que en la zona se pueden estar presentando pérdidas elevadas por este concepto, al cual no se le está dedicando la atención debida.

ABSTRACT

A trial on four farms, located in the municipalities of Palmira and Candelaria, from February to July in 1993 was carried out in order to: - Identify machinery systems which cause the most losses; and - evaluate the causes and quantify the losses given rise to by the use of machinery in the mechanized harvest of four sorghum cultivars. Using the methodology proposed by CHAPARRO (1986), which was partially modified, it was achieved detection of losses in cutting systems, in the threshing, parting and cleaning, in addition to grain lost in other parts. The threshing system was seen to produce the greatest losses due to the excessive wearing of parts in this system, also as a result of poor calibration in a technical sense. The total losses calculated show values of up to 215 kg/ha and more than 10% of the total harvest. Given the representative nature of these farms, considered typical for the Cauca Valley, due to their size and their level of mechanization and technology, it can be inferred that similar high losses are being produced across the board, in this area.

INTRODUCCION

El aumento creciente y sostenido en los costos de producción de la agricultura empresarial que se viene observando con particular énfasis a partir de la segunda mitad de la década de los setenta, debido a su fuerte dependencia de tecnología e insumos importados, la hace cada vez menos competitiva a nivel internacional, en términos de precios de los productos en el mercado. Situación que se ha potenciado con los procesos de la apertura económica, al desaparecer herramientas de protección como los subsidios y los precios de sustentación.

Lo anterior obliga a un replanteamiento general del sistema que debe ser abordado desde múltiples ángulos. El presente trabajo se inscribe en esta perspectiva, enfatizando en la detección, diagnóstico y reducción significativa de todo tipo de pérdidas en el proceso de producción, las cuales implican costosos desperdicios que bajo la actual coyuntura no son sostenibles.

Se han detectado pérdidas hasta de dos toneladas por hectárea de grano que se dejan en el campo en el proceso de recolección mecanizada, debido

* Estudiante de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

** Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. A.A. 237.

a la humedad del grano en el momento de la recolección, experiencia del operador, condiciones y ajustes de la cosechadora, velocidad de avance de la máquina y de sus componentes, parque de cosechadoras obsoletas e insuficientes, empleo inapropiado de las pocas máquinas nuevas (GRIFFIN, 1973; JOHN DEERE, 1976; CHAPARRO, 1985 y 1986; HUNT, 1986; FORERO Y BRIGARD, 1987; MARTINEZ; FENALCE, 1987; CACAIS, 1992).

Las pérdidas se clasifican de la siguiente manera:

Pérdidas naturales. Ocurren en el campo antes de la recolección y son causadas por una combinación de condiciones climatológicas adversas y problemas fitosanitarios que originan volcamiento del cultivo, caída de panojas y pérdidas de grano por ataque de patógenos e insectos. Con excepción de estas pérdidas, las demás se originan en la máquina.

Pérdidas en el cabezote. La ocurrencia de las pérdidas en este sistema está relacionada con el funcionamiento y la calibración de varios mecanismos: ubicación del molinete con respecto a la máquina e índice del molinete, estado de las cuchillas, altura de corte, alimentación del caracol.

Pérdidas en la trilla. Tienen que ver con la calibración de la separación cilindro-cóncavo, estado de las barras del cilindro, velocidad del cilindro, estado del cóncavo, limpieza de la reja del cóncavo.

Pérdidas por separación y limpieza. Se relacionan con la calibración del grado de cierre de la zaranda y con la velocidad del ventilador que puede producir una corriente de aire demasiado rápida o demasiado lenta.

De acuerdo con la literatura revisada, en Colombia no hay evidencias de un trabajo sistemático que permita tener un diagnóstico y unas soluciones en relación con las pérdidas por recolección mecanizada de los principales granos que se producen en el país. La mayoría de los estudios

corresponde a trabajos de grado desarticulados entre sí, realizados de manera puntual en diferentes zonas y diferentes épocas. Quizás los únicos trabajos que obedecen a una secuencia y han permitido llegar a un diagnóstico y a unas propuestas de solución son los que ha liderado CHAPARRO en el Tolima con estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia. Los siguientes autores han trabajado el tema: DEVIA y ZEA en 1982 citados por CHAPARRO (1985) y CHAPARRO, CARDENAS y HERRERA en 1985, evaluaron pérdidas de grano en arroz en el Tolima; PIEDRAHITA en 1983 estudió pérdidas en sorgo en Sucre; OÑATE hizo lo mismo con sorgo en el Huila en 1985, PELAEZ, ROMERO y PIEDRAHITA en 1980 hicieron lo propio en el cultivo de la soya.

En general, los trabajos concluyen que según la época y sitio de estudio y el tipo y condiciones del cultivo, el mayor valor de pérdidas se localiza en distintos sistemas de la máquina; así, en los primeros estudios los informes apuntan a que las principales pérdidas se originaban en el sistema de corte, probablemente debido a que inicialmente no se habían adaptado suficientemente los híbridos y variedades a la cosecha mecánica (ésto es particularmente válido en soya), no se habían adoptado técnicas de cultivo apropiadas a la misma y no había suficiente experiencia de los operarios al respecto. En tiempos más recientes, las mayores pérdidas se están presentando en el sistema de trilla, evidenciando el estado de deterioro de las máquinas. En arroz de la variedad IR-22, se logró sistematizar los ajustes de los mecanismos de la combinada, al punto que fue posible reducir el nivel de pérdidas desde valores superiores al 26%, hasta menos del 1%. Los estudios en sorgo han contribuido a esclarecer las variables en cuanto a operación y ajuste de la máquina que más influencia tienen sobre las pérdidas; son ellas: índice de molinete, altura de corte, separación cilindro-cóncavo, velocidad del cilindro, del sacapajas y del ventilador. En cuanto al estado del cultivo y a las condiciones ambientales -para todas las especies-, también influyen de manera importante la humedad del grano, altura de carga y dehiscencia en soya, estado general del cultivo en cuanto a aspectos como volcamiento,

estado de enmalezamiento, densidad de población y estado fitosanitario. Igualmente, humedad relativa y presencia de lluvias.

Pretendiendo evaluar este tipo de pérdidas en la zona objeto de estudio, se planeó este trabajo con los siguientes objetivos:

- Identificar las pérdidas en cosecha mecanizada en cuatro cultivos de sorgo, empleando tres cosechadoras - combinadas.
- Cuantificar las pérdidas totales debidas a las máquinas, detectar los sistemas que presentan mayores pérdidas y las causas posibles.

METODOLOGIA

Las evaluaciones de campo se realizaron en las fincas El Molino, El Socorro, La Liliana y Villa Mery, ubicadas en los corregimientos La Herradura y el Bolo en el Municipio de Palmira y Juanchito en el Municipio de Candelaria, entre febrero y julio de 1993. La zona tiene una temperatura media anual de 24°C, precipitación de 1000 mm, humedad relativa del 76% y altitud sobre el nivel del mar de 1000 m. Los cultivos de sorgo correspondieron a los híbridos FUNK'S HW - 1758, ST DURO y CHAGUARAMAS VII y las cosechadoras combinadas fueron dos CLAAS MERCATOR 75 en diferente estado y una JOHN DEERE 955. En el Cuadro 1 se consignan las características de operación de las máquinas.

Para la identificación y cuantificación de las pérdidas se empleó la metodología propuesta por CHAPARRO en 1986, mediante la cual se miden las pérdidas naturales antes del tráfico de la cosechadora; las pérdidas en el cabezote se estiman en el sitio donde la mesa realiza el corte, la cual queda libre cuando la máquina da marcha atrás; las pérdidas por trilla se determinan recolectando panículas semitrilladas y pedazos de panícula del material que ha salido por la parte posterior de la combinada; para ubicar las pérdidas por separación y limpieza, del material que sale por la parte posterior de la combinada, se colectan los granos que se encuentran en el suelo.

Para el caso de las pérdidas naturales y en el cabezote, se lanza al azar al suelo del sitio apropiado, un cuadro de PVC de 0.5 x 0.5m, de esta área se recoge el material; en el caso de las pérdidas por trilla y separación y limpieza, se usa un rectángulo de PVC de 0.5 m por el ancho de la parte trasera de la combinada, de cuya área se recoge el material necesario; en todos los casos, se pesa dicho material y se transforma a kg/ha y % mediante las siguientes expresiones:

$$PN = 40.000 \times A$$

$$PC = 40.000 \times (B - A)$$

$$PT = 20.000 \times C/W1$$

$$PSL = (20.000 \times D)/W1 - (40.000 \times W2 \times B)/W1$$

$$PTOT = PN + PC + PT + PSL$$

$$PTOTMAQ = PC + PT + PSL$$

$$\% GPP = \frac{GPP \times 100}{RB}$$

$$\% GPC = \frac{GPC \times 100}{RB}$$

$$\% GPT = \frac{GPT \times 100}{RB}$$

$$\% GPSL = \frac{GPSL \times 100}{RB}$$

$$\% TGP = \frac{TGP \times 100}{RB}$$

$$\% TGP MAQ = \frac{TGP MAQ \times 100}{RB}$$

En donde:

- PN - Pérdidas naturales (kg/ha)
- A - Grano recogido del suelo antes de cosecha (g)
- PC - Pérdidas en el cabezote (kg/ha)
- B - Grano recogido en el sitio por donde pasó la mesa (g)
- PT - Pérdidas por trilla (kg/ha)
- C - Grano de las panículas semitrilladas recogidas en la parte trasera de la combinada (g)
- PSL - Pérdidas por separación y limpieza (kg/ha)
- D - grano recogido del suelo de la parte trasera de la combinada (g)

CUADRO 1. Datos de operación de las combinadas

Condiciones de Operación	El Molino Claas Mercator 75	Villa Mery Claas Mercator 75	Socorro y Lilliana John Deere 955
Velocidad de la combinada (km/h)	4.0	3.5	3.5
Altura de la barra de corte al suelo (cm)	60	70	15-70
Altura de molinete a la barra de corte (cm)	28	30	23
Velocidad del cilindro (rpm)	1300	1000	850
Separación cilindro-cóncavo (entrada mm)	15	12	11
Separación cilindro-cóncavo (salida mm)	10	7.5	6.5
Graduación de las zarandas (mm)	7.0	6.5	7.5
Velocidad del ventilador (rpm)	1200	1200	800
Ancho de operación (m)	3.0	4.5	3.0

W1 -	Ancho de la parte posterior de la combinada por donde sale el material de desecho y el grano perdido en trilla y separación y limpieza (m).
PTOT -	Pérdidas totales de la cosecha (kg/ha)
PTOT MAQ -	Pérdidas totales debidas a la máquina (kg/ha)
GPP -	Grano perdido en precosecha (kg/ha)
RB -	Redimiento a humedad estándar (kg/ha)
GPC -	Grano perdido en el cabezote (kg/ha)
GPT -	Grano perdido en la trilla (kg/ha)
GPSL -	Grano perdido en separación y limpieza (kg/ha)
TGP -	Total grano perdido (kg/ha)
TGP MAQ -	Total grano perdido debido a la máquina (kg/ha).

La metodología se modificó parcialmente en el campo, en virtud de que las pruebas se hicieron en cosecha comercial, condición en la cual tanto los propietarios de las máquinas como los de los cultivos no permiten pérdidas de tiempo realizando las pruebas, que duran no menos de 15 minutos cada una de ellas; se llegó al acuerdo de desviar la máquina de su trayectoria rectilínea en cada sitio de prueba, dar marcha atrás y continuar en el trabajo en línea recta; entre tanto, en el sitio del desvío se efectuaban los muestreos.

RESULTADOS

Las pérdidas de mayor importancia, se presentaron en el sistema de trilla en todas las fincas y con todas las máquinas (Cuadro 2). Dichas pérdidas fueron del orden de 178 kg/ha y 4.55% en la finca Villa Mery con una Claas Mercator

75; de 157 kg/ha y 8.22% en la finca El Molino con otra Claas Mercator 75; de 143 kg/ha y 2.45% en la finca El Socorro con la John Deere 955; y de 101 kg/ha y 2.71% en La Liliana con la misma máquina John Deere 955.

Las pérdidas de menor importancia se obtuvieron en el sistema de separación y limpieza y fueron de los siguientes órdenes: 7.10 kg/ha y 0.36% en El Molino; 11 kg/ha y 0.29% en La Liliana; 12 kg/ha y 0.20% en El Socorro; 4.30 kg/ha y 0.10% en Villa Mery.

Las pérdidas por el sistema de corte, en general, fueron poco importantes, lo mismo que las pérdidas naturales o de precosecha.

Las pérdidas totales debidas a las máquinas fueron de 215 kg/ha y 5.50% en la finca Villa Mery; 194 kg/ha y 10.11% en El Molino; 177 kg/ha y 3.04% en El Socorro; 135 kg/ha y 3.58% en La Liliana.

Los valores más altos o más bajos en kg/ha no corresponden con los valores más altos o más bajos, expresados en porcentaje; ello se debe a que los porcentajes están referidos al rendimiento del cultivo, de manera que un alto rendimiento puede minimizar las pérdidas porcentuales aunque sean elevadas en kg/ha y viceversa, bajos rendimientos maximizan las pérdidas porcentuales, a pesar de que en kg/ha sean bajas. No obstante, ambos valores son importantes, pues mientras los datos de pérdidas de producción física dan la medida de las pérdidas económicas, el valor porcentual permite juzgar acerca del estado mecánico y de calibración de la máquina.

DISCUSION

Las mayores pérdidas ocurridas en el sistema de trilla se originaron principalmente en la obsolescencia de las máquinas; esto es particularmente cierto para las dos Claas Mercator 75, una de las cuales -la de Villa Mery- presentó una falla mecánica que reducía las revoluciones del cilindro, en tanto que la de El Molino observó desgaste excesivo en las barras del cilindro; en

CUADRO 2. Productividad en las cuatro fincas y cultivos, y pérdidas en cosecha mecanizada.

Pérdidas y Productividad	Combinadas, Fincas y Cultivos							
	Claas Mercator El Molino Funk's HW 1758	John Deere 955 El Socorro Chaguaramas VII	John Deere 955 La Lilliana Duro St	Claas Mercator Villa Mery Funk's HW 1758	kg/ha	%	kg/ha	%
Tipo de pérdida								
Naturales	21.23	1.11	11.35	0.19	10.71	0.28	22.38	0.569
Corte	29.73	1.55	22.92	0.39	23.33	0.58	32.5	0.82
Trilla	157.03	8.22	142.77	2.45	100.59	2.71	178.0	4.55
Separación y limpieza	7.10	0.36	11.69	0.20	11.05	0.29	4.30	0.10
Totales debidas a la máquina	193.87	10.11	177.25	3.04	134.83	3.58	214.80	5.5
Totales de grano	217.55	11.22	188.6	3.24	145.8	3.89	237.19	6.07
PRODUCTIVIDAD	1910		5820		3700		3900	

ambos casos, el desperfecto tuvo efecto negativo sobre dos calibraciones fundamentales para la trilla, como son la separación cilindro-cóncavo y la velocidad del cilindro.

En cuanto a la cosechadora John Deere 955, se encontraba en buen estado mecánico puesto que había sido reparada recientemente, reparación que consistió en reemplazar las barras del cilindro y el cóncavo; adicionalmente, su calibración se efectuó de manera más técnica. Ello explica las menores pérdidas por este concepto, ocurridas en las fincas El Socorro y La Liliana, en las cuales se realizó la cosecha con esta máquina.

No obstante, el nivel de las pérdidas por trilla, aún con esta máquina, sigue siendo alto, pues según los reportes de la literatura, es posible lograr pérdidas totales debidas a la maquinaria, inferiores al 1%. En estos dos casos, las pérdidas se explicarían por el hecho de que la máquina tuvo que enfrentarse a condiciones difíciles de los cultivos y ambientales: los días de las evaluaciones estuvieron nublados, el grano tenía alta humedad y uno de los lotes estaba volcado en gran parte y enmalezado (La Liliana); el volcamiento del cultivo obligó a bajar la mesa con lo cual ingresó mayor cantidad de tamo que lo normal, esto, unido a la humedad del grano, el tamo y la maleza, atascaron el material entre las barras del cilindro y las rejas del cóncavo, que obligaron a paradas frecuentes y aumentaron las pérdidas por trilla.

Por otra parte, este estudio parece confirmar la tendencia detectada en la revisión bibliográfica, en el sentido de que en los primeros estudios las pérdidas de mayor importancia ocurrían en la mesa de corte, en tanto que en estudios más recientes, las pérdidas más relevantes se ubican en el sistema de trilla, lo cual apoyaría los reportes de FENALCE sobre el envejecimiento actual del parque de cosechadoras combinadas.

En adición a lo anterior, esta situación revela a su vez el descuido de parte de agricultores y propietarios de máquinas con relación a la cosecha mecanizada en lo que tiene que ver con los volúmenes de grano que se dejan en el campo.

Si bien las pérdidas en la mesa de corte, en general no fueron importantes, se destacan las pérdidas relativamente altas en la finca El Molino con la máquina Claas Mercator 75, debidas al mal estado del componente de corte: cuchillas partidas y carentes de afilado.

Las pérdidas totales debidas a la máquina confirman el mejor estado mecánico de la combinada John Deere 955, al igual que una calibración "más técnica" de sus mecanismos (la calibración se efectuó por ensayo y error en el campo buscando el mejor ajuste, antes de iniciar el trabajo), dando como resultado unas pérdidas menores que en las otras dos máquinas.

Es preciso consignar que la metodología con la cual se llevó a cabo la evaluación plantea algunos inconvenientes que obligan a su revisión; de hecho, en este estudio fue necesario introducirle algunas modificaciones. Tales inconvenientes tienen relación con asuntos que a continuación se describen.

Las pérdidas naturales o de precosecha no se pueden evaluar lanzando al azar, en diversas partes del lote, el cuadro de 0.25 m², ya que eventualmente se pueden encontrar sitios en donde estas pérdidas superan significativamente a las medidas en el sitio por donde tuvo lugar el tráfico de la mesa de corte; como las pérdidas en el sistema de corte se obtienen de la resta entre las pérdidas bajo la mesa y las naturales, en tales casos se obtienen valores negativos que es preciso descartar. Por ello, es necesario que las pérdidas naturales se evalúen en el mismo sitio por donde trafficará la mesa de corte antes de que ocurra y no al azar.

Aunque las pérdidas naturales incluyen las causadas por condiciones climatológicas adversas (aguaceros y vientos fuertes) y por patógenos e insectos consumidores de grano, la metodología solo considera las ocasionadas por aguaceros y vientos, que se detectan recogiendo panojas que yacen en el suelo antes de la cosecha; la metodología no prevé un seguimiento al ataque de patógenos e insectos.

Finalmente, la metodología establece que las

evaluaciones se realicen deteniendo frecuentemente la máquina, haciéndola avanzar lentamente, luego retrocediéndola, maniobras que duran más de 15 minutos en promedio, tiempo que se multiplica según el número de repeticiones que usualmente es de 20. En condiciones comerciales, no hay agricultor ni dueño de máquina que soporte lo anterior, pues la cosecha es una labor que tiene un tiempo de oportunidad muy reducido. Por ese motivo se introdujo la variante que se describe en METODOLOGIA.

BIBLIOGRAFIA

- CACAIS, A. Operación y mantenimiento de cosechadoras de grano. Espinal : FENALCE, 1992. 70 p.
- _____. Una alternativa para la recolección de sorgo. Espinal : FENALCE, 1992. 20 p.
- CHAPARRO, J. Máquina cosechadora de granos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. SENA, 1986. 51 p.
- CHAPARRO, J; CARDENAS, H. y HERRERA, F. Ajustes en la combinada y pérdidas en la cosecha de arroz IR-22. En: Seminario 6 y Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola 3, Medellín, Octubre de 1985. (Memoria).
- FEDERACION NACIONAL DE CEREALISTAS. La mecanización y el manejo de suelos en Colombia. Bogotá : FENALCE, 1987. 63 p.
- FORERO, R. y BRIGARD, C. La maquinaria agrícola. Palmira : FENALCE, 1987. sp.
- GRIFFIN, G. Fundamentos de operación de la maquinaria: Recolección con cosechadora. Moline, Ill., John Deere, 1973. 195 p. (Serie FMO)
- HUNT, D. Manual de maquinaria agrícola : Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipo. Iowa State University, 1986, 224 p.
- JOHN DEERE. 955. Combine Operator's Manual. Moline, Ill., John Deere, 1976. sp.
- MARTINEZ, A. Manejo racional de cosechadoras para minimizar pérdidas en cosecha y postcosecha de granos de cereales. s.l. : FENALCE, sf. sp.
- OÑATE, R. Determinación de pérdidas en cosecha mecanizada de sorgo. Neiva, 1985. 150 p. (Tesis Ing. Agrícola). Universidad SurColombiana.
- PELAEZ, A.; ROMERO, J. y PIEDRAHITA, V. Evaluación de dos sistemas de recolección de soya Glycine max. Merrill en el Valle. Palmira, 1980. 85 p. (Tesis Ing. Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia.
- PIEDRAHITA, V. Evaluación de pérdidas de sorgo cosechado con combinadas. En: Seminario de Ingeniería Agrícola 4, Neiva, Octubre de 1983. sp. (Memoria).