



Libertad y Orden

República de Colombia  
Ministerio de Agricultura y  
Desarrollo Rural



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

# *Evaluación y calibración de algunas máquinas e implementos usados en la mecanización del sistema maíz - soya*

Gilberto Alonso Murcia Contreras\*

*Bogotá, enero de 2004*

---

\* *Ingeniero Agrícola. PhD. Programa Nacional de Recursos Biofísicos. CORPOICA, C.I. Tibaitatá.*

ISBN: 958-8210-60-7

© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA

© Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA  
Programas Nacionales de Recursos Biofísicos y Procesos Agroindustriales  
Centro de Investigación Tibaitatá

Km. 14 vía a Mosquera

Teléfonos: 422 7300 - 422 7333 - 4227373

Apartado Aéreo 240142 - Las Palmas

Edición: Junio de 2004

Tiraje: 1.000 ejemplares

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Diagramación, armada, fotomecánica,  
impresión y encuadernación



[www.produmedios.com](http://www.produmedios.com)

Tel.: 288 5338 Bogotá, DC - Colombia

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

## CONTENIDO

---

	Pág.
PRESENTACIÓN .....	5
INTRODUCCIÓN .....	7
PREPARACIÓN DE SUELOS.....	9
Descripción de los implementos .....	9
Evaluación de las propiedades físicas del suelo .....	10
Evaluación de campo.....	11
Parámetros de rendimiento .....	11
Resultados - Centro de Investigación La Libertad.....	13
SEMBRADORAS.....	22
APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS CON ASPERSORAS.....	24
Selección del sistema de aspersión.....	25
Manejo y operación de aspersoras de tractor.....	27
RECOLECCIÓN MECÁNICA DE MAÍZ Y SOYA.....	36
Introducción.....	36
Funciones de la combinada .....	36
Componentes de la combinada y flujo del material.....	37
Parámetros de operación de la combinada.....	38
Pérdidas durante la cosecha.....	41
Recolección a granel.....	46
Comparación económica de cosecha mecánica de maíz con manejo de granos en sacos y a granel.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	54
BIBLIOGRAFÍA .....	55



## **PRESENTACIÓN**

---

El boletín "Evaluación y calibración de algunas máquinas e implementos usados en la mecanización del sistema maíz - soya", aporta importantes conocimientos sobre evaluación, ajuste y manejo de algunas máquinas e implementos empleados en la mecanización de los sistemas que involucran estos granos. Por lo tanto, más que proveer soluciones, se sugieren alternativas, las cuales deben ser consideradas teniendo en cuenta la diversidad de condiciones físicas, sociales, económicas y políticas encontradas en cada una de las regiones, así como también, la dinámica de esta tecnología, la cual puede ser adaptada por agricultores, extensionistas e investigadores con el objetivo de disminuir los costos tanto económicos como ambientales, con relación a los métodos convencionales. Adicionalmente, mediante el diseño, adaptación y evaluación de máquinas e implementos agrícolas se han atendido algunas de las necesidades de la agricultura Colombiana, para las cuales no se encuentra oferta tecnológica en los mercados, o si existe, requiere un proceso de adaptación.

El presente documento es el resultado de una evaluación técnica conservacionista de algunos implementos empleados en la preparación de suelos, en el control de plagas y enfermedades mediante aspersoras y en la recolección mecánica de estos granos en las regiones productoras del Caribe Húmedo, del Valle del Cauca, del Piedemonte Llanero y de la Altillanura Colombiana, aunque para efecto de la publicación se han tomado resultados específicos de algunas de estas regiones.

Tanto el trabajo de investigación como la presente publicación, fueron financiados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, como un aporte de esta institución a los procesos de divulgación de la tecnología generada por CORPOICA, y como contribución al desarrollo agropecuario en las regiones productoras de granos del país.

**GILBERTO ALONSO MURCIA CONTRERAS**  
*Investigador Programa Nacional  
Recursos Biofísicos*



## INTRODUCCIÓN

---

En Colombia, la producción de maíz considera básicamente dos grandes sistemas "*el tradicional*" y "*el tecnificado*". Según FENALCE, en el año 2003 el área sembrada en maíz fue de 588.385 ha, siendo el 64% en el sector tradicional y el 36% en el mecanizado, con una producción total de 1.384.919 toneladas proveniente en un 42% y 58% de cada sistema, mientras, los rendimientos fueron de 1.5 y 3.8 t/ha en el convencional y mecanizado, respectivamente. Entretanto, según la FAO, en el año 2002 el área sembrada en soya en Colombia fue de 23.993 ha, con una producción de 54.038 toneladas, equivalente a un rendimiento promedio de 2.25 t/ha, aunque en algunos nichos donde no se requiere aplicar riego suplementario y con agricultores progresistas, se han obtenido hasta 3 t/ha. En un estudio de caso realizado por Fenalce en el departamento de Córdoba para el mismo año, los costos totales de producción de una hectárea de maíz tecnificado se encontraron distribuidos así: 30% para insumos agrícolas, 36.5% en costos indirectos y 33.5% en labores culturales de los cuales el 76% correspondió a maquinaria agrícola y el restante 24% a mano de obra.

En el país, la preparación mecanizada de suelos para el establecimiento de cultivos limpios transitorios, se interpretó durante muchos años como la última fase de adecuación de tierras, situación que aún persiste en muchas áreas agrícolas. La mecanización en los sistemas convencionales de labranza, sobre todo las rastras de discos, contribuyen a formar el pie de arado, a aumentar la degradación del suelo y por ende, a disminuir la capacidad productiva de éstos. Para romper estas capas compactadas originadas por el uso de implementos de discos, surge el arado de cincel rígido parabólico; sin embargo, el mal uso de esta tecnología hace que sus condiciones de operación en algunos casos sean impropias, con consecuentes daños, ya sea al suelo o al tractor. En el cultivo de maíz, el uso de sembradoras en mal estado y mal calibradas, constituye finalmente densidades de siembra inadecuadas. Los efectos finales de esta condición de siembra son los ya enunciados para otras labores: ineficiencia, sobrecostos, desperdicio de recursos genéticos e insumos y de los esfuerzos empleados en el desarrollo de los cultivos. En consecuencia, resulta inaplazable el establecimiento de acciones tendientes a estimular la adopción de equipos y métodos de siembra de precisión, buscando la competitividad y la recuperación de la inversión efectuada en el cultivo.

La siembra directa es un método conservacionista, donde los residuos de la cosecha anterior permanecen sobre la superficie del suelo, trayendo ventajas como reducción de la erosión, mayor infiltración de agua lluvia, mayor humedad del suelo, mayor fertilidad del suelo, menor daño ecológico, etc., resultando finalmente en mayor sostenibilidad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que antes de adquirir la sembradora para la siembra directa, el productor, el técnico, el investigador y los suelos deben cumplir otros requisitos como son: mejorar el nivel de conocimientos relacionados con el sistema de siembra directa, realizar los análisis de suelos para verificar las necesidades de correctivos, descompactar el terreno cuando se ha usado continuamente la rastra de discos, mejorar los drenajes tanto internos como los superficiales, producir cobertura vegetal ya sea mediante los abonos verdes

o residuos de cosecha, y recién después se deberá adquirir la sembradora especializada para tal fin. Muchas veces se observa que algunos agricultores compran la sembradora de siembra directa y la utilizan, sin reunir estos requisitos, lo cual los ha llevado generalmente al fracaso de la técnica.

En el control de plagas y enfermedades mediante la utilización de aspersoras, no se tienen en cuenta las condiciones ambientales en el momento de la aplicación, la escogencia del producto (tipo, presentación o formulación), el volumen de aplicación, el número y ubicación de las boquillas, la velocidad de operación, así como tampoco la selección de boquillas para la aplicación de herbicidas, insecticidas o fungicidas, dependiendo el control que se pretenda realizar. Los efectos finales de esta situación son igualmente los ya enunciados para otras labores. En consecuencia, se requieren equipos y sistemas que permitan precisión en la entrega de estos insumos al suelo y al cultivo. A pesar de que algunos equipos se encuentran disponibles para el agricultor, la poca demanda de esta tecnología, el conocimiento, la selección y operación de estos equipos, ha impedido un uso racional de esta tecnología.

Finalmente, considerando que durante los próximos años, la producción de maíz debe incorporar nuevas áreas y se debe ir tecnificando para cumplir con las políticas gubernamentales, los hábitos de la cosecha con sistemas y prácticas tradicionales de recolección, deben igualmente ir cambiando por sistemas apropiados como la utilización de combinadas con cabezote para maíz, con elementos de trilla de barras, con picador y esparcidor de residuos, junto a un manejo de granos a granel para hacer más ágil y eficiente el proceso de recolección. Mediante una investigación preliminar, realizada por CORPOICA y Fenalce, en diferentes zonas cerealeras del país, se evidenció el estado de obsolescencia de las máquinas cosechadoras. Este nivel de obsolescencia, la utilización de elementos inadecuados en la combinada y la falta de capacitación, son las principales causas de las altas pérdidas de grano en la cosecha mecanizada de maíz; sin embargo, en evaluaciones y demostraciones de campo, con el uso de elementos adecuados, ajustes de las condiciones de operación en la combinada y realización de la cosecha con un nivel óptimo del cultivo y de humedad del grano, las pérdidas se lograron reducir a 1.64%, con los correspondientes beneficios económicos. Queda claro entonces, que una reducción de las pérdidas a niveles admisibles del 5 % equivaldría a un aumento de producción de 15.000 hectáreas, o a una incorporación al parque de cosechadoras de 100 unidades aproximadamente.

Se puede verificar entonces que en los sistemas de producción tecnificada de maíz y soya, el uso de maquinaria agrícola es alto; sin embargo, en la mayoría de las labores agrícolas se presentan problemas e ineficiencias, las cuales pueden dar origen a bajos rendimientos y a sobrecostos en la producción, tornándola poco competitiva. Por esto, recientemente CORPOICA, en las áreas de mecanización y manejo de suelos, ha desarrollado estudios en diferentes regiones del país, mediante la evaluación e introducción progresiva de las máquinas e implementos agrícolas conservacionistas en las distintas etapas de la producción, las cuales adicionalmente deben ayudar a disminuir los costos tanto económicos como ambientales, con relación a los métodos convencionales.

## **PREPARACIÓN DE SUELOS**

---

Debido a la permanente protección que se debe dar a los recursos naturales y a la constante innovación en los procesos agrícolas, especialmente en lo relacionado con la maquinaria agrícola, se hace necesario encontrar una compatibilidad entre las herramientas utilizadas y las condiciones de los suelos de las diferentes regiones. Dicha compatibilidad, puede establecerse por medio de evaluaciones, ajustes y adaptaciones de máquinas e implementos agrícolas. Según la FAO (1994), estos procedimientos mejoran la calidad de un sistema productivo, beneficiando a varios miembros de la cadena productiva como son los productores, investigadores, fabricantes de máquinas e implementos agrícolas, asistentes técnicos, fuentes de crédito, planificadores y ejecutores de los sectores agrícola e industrial.

La evaluación y ajuste de los implementos involucrados en el proceso de mecanización del sistema de rotación maíz-soya es de gran importancia, si se tiene en cuenta por ejemplo, que en el caso específico de la preparación del suelo, las labores inadecuadas son la principal causa de la erosión. Desde el punto de vista conservacionista, se debe evaluar el efecto de la humedad del suelo y de la velocidad de operación del implemento sobre algunas de las variables técnicas de respuesta de ciertos implementos como el arado de cincel rígido, el arado de cincel vibratorio, el mulch tiller, etc.

### **Descripción de los implementos**

---

El arado convencional de discos fue diseñado para terrenos pesados y adherentes, en los que existe gran dificultad de desplazamiento del suelo sobre la superficie de volteo; igualmente, para terrenos con bastante contenido de raíces y piedras, ya que el disco tiende a rodar sobre el obstáculo. El grado de penetración de este arado depende principalmente del peso, del ángulo del disco y de su estado; sin embargo, esta labor realizada siempre a la misma profundidad puede producir compactación, justo debajo de la profundidad que alcanza el implemento, lo cual puede restringir el crecimiento de las raíces y el movimiento del agua.

El arado de cincel rígido fue diseñado para penetrar en suelos duros y romper capas compactadas, dejando la superficie del suelo roturada y abierta, para atrapar y mantener el agua lluvia. El trabajo desarrollado por este implemento permite que la mayor parte de los residuos vegetales queden sobre la superficie del suelo y de esta forma, ayudar a reducir la erosión y la evaporación del agua.

De otra parte, el arado de cincel vibratorio, igualmente, fue diseñado para penetrar en suelos no muy duros, romper capas compactadas, y a la vez, reducir el tamaño de los terrones en función de la vibración de los brazos del implemento, dejando la superficie del suelo roturada para recoger y mantener el agua lluvia. El trabajo desarrollado por este implemento permite asimismo, que la mayor parte de los residuos vegetales queden sobre la superficie del suelo, ayudando a reducir la pérdida de suelo por erosión.

## Evaluación de las propiedades físicas del suelo

---

El suelo está compuesto de sólidos, aire, agua y organismos, conformando una estructura cuya resistencia a la deformación o al rompimiento depende de la naturaleza y relación de sus componentes, del tipo de carga y acciones a las que sea sometida. La labranza produce una modificación artificial de la disposición natural de los sólidos del suelo y cuando esta alteración es excesiva, perjudica la estructura y reduce el espacio poroso, según el IGAC (1990).

En el país, la preparación de los suelos casi nunca se realiza en función del tipo y condiciones del suelo ni del cultivo a establecer, normalmente se efectúa con el propósito de facilitar el trabajo de las sembradoras convencionales, lo cual obliga a excesos de preparación de los suelos, sin que se obtengan incrementos en la producción y en cambio si se aumentan los costos de producción y se perjudica la estructura del suelo. Por lo tanto, el conocimiento de las siguientes propiedades físicas de los suelos, permite distinguir la importancia y los efectos de actividades agrícolas fundamentales, como el tipo de labranza a establecer, el riego y manejo adecuado de los suelos, especialmente desde el punto de vista de sostenibilidad del recurso.

**Textura:** Esta característica resulta de integrar porcentajes de las fracciones arena, limo y arcilla. Según predomine una u otra fracción, el suelo presentará características muy diferentes que van a influir en su aireación, permeabilidad, retención de humedad, volumen explorado por las raíces, suministro de nutrientes, etc.

**Estructura:** La estructura del suelo está dada por la ordenación de las partículas primarias en la forma de agregados en ciertos modelos estructurales, que incluyen necesariamente el espacio poroso. Aunque no sea considerada un factor de crecimiento para las plantas, la estructura del suelo ejerce influencia en el aporte de agua y de aire a las raíces, en la disponibilidad de nutrimentos, en la penetración y desarrollo de las raíces y en el desarrollo de la macrofauna del suelo. La estructura se evalúa cuantitativamente a través de la estabilidad estructural, la cual se define como la resistencia de los agregados del suelo a desintegrarse por la acción del agua y la manipulación, permitiendo conocer el grado de agregación del suelo, la cual es una característica que cambia con el tipo de labranza y los sistemas de cultivo empleados.

**Densidad aparente y real:** La densidad aparente es una relación que refleja el estado de poros del suelo, mientras que la real omite el volumen de éstos. Esta característica es de vital importancia para determinar el grado de compactación, además afecta la difusión de gases en el suelo, su permeabilidad y el grado de penetración radicular, entre otras.

**Porosidad:** La porosidad es la relación existente entre el volumen de poros de un suelo y el volumen total que ocupa éste. La porosidad determina los procesos de intercambio gaseoso y de desplazamiento de gas por líquido, condiciona procesos como el de movimiento del agua en el suelo y la actividad microbiana.

**Infiltración de agua:** La infiltración de agua en el suelo es un parámetro hidrodinámico de importancia para lograr un manejo adecuado del agua. Al conocer la tasa de entrada de agua en un suelo, se puede definir el tiempo de aplicación del agua que permite que una lámina determinada sea almacenada en la zona de raíces de un cultivo.

**Resistencia a la penetración:** Es usada para evaluar la resistencia del suelo al desarrollo de las raíces. Estudios muestran que el índice de cono sirve para determinar la "impedancia" mecánica al crecimiento de raíces y la emergencia de las plantas. Se pueden presentar alteraciones en el suelo como el aumento de la densidad por reducción de los espacios porosos y en consecuencia, inadecuada disponibilidad de agua, fenómenos que en conjunto reducen la capacidad productiva del suelo.



**Figura 1. A:** Arado de cincel vibratorio. **B:** Arado de cincel rígido. **C:** Arado de discos.

## Evaluación de campo

Para la medición de la fuerza de tracción de cada implemento se utilizó la metodología de la FAO (1994). Las tres medidas principales que se manejaron en este estudio fueron: la resistencia a la penetración del suelo que es representada por el índice de cono; la fuerza de tracción que necesita un implemento para labrar el suelo; el perfil de suelo disturbado que incluye los perfiles de suelo tanto trabajado como incrementado, además de la profundidad y del ancho máximo de trabajo. Usando estas tres medidas, es posible adoptar un conjunto de parámetros para describir el rendimiento de la relación máquina-suelo desde el punto de vista conservacionista. Adicionalmente se evaluaron los requerimientos de potencia, eficiencia de trabajo, etc., así como también algunas de las propiedades físicas de los suelos.

## Parámetros de rendimiento

Para comparar el rendimiento de algunos implementos usados en la preparación de suelos destinados a los sistemas de producción maíz-soya en el Valle del Cauca, en el Caribe Húmedo, en el Piedemonte Llanero y en la Altillanura Colombiana, se usaron los siguientes parámetros, según la Figura 2.

$$\text{Tasa de pérdida de suelo } Tps = \frac{\text{Área del perfil de suelo incrementado}}{\text{Área del perfil de suelo trabajado}} * 100$$

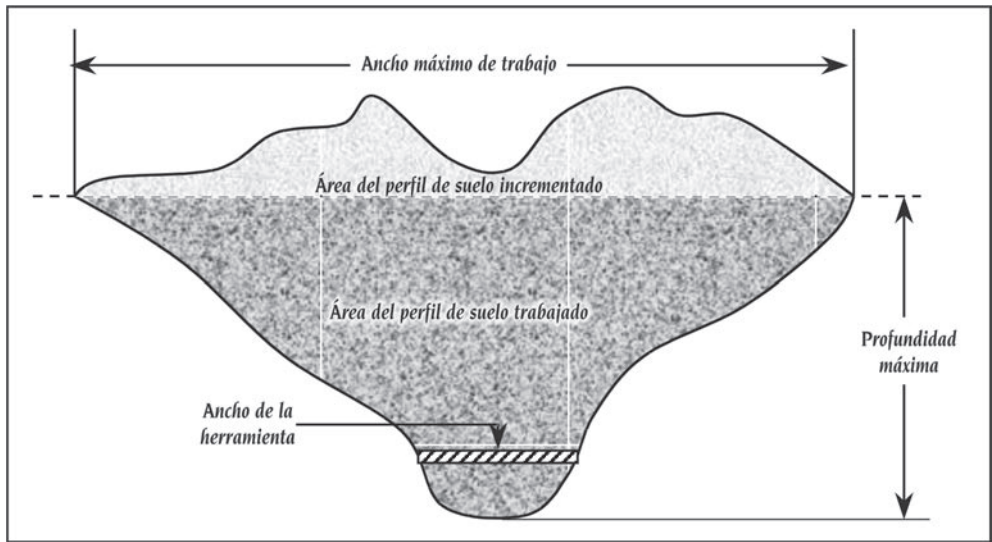
$$\text{Tiro específico } Te = \frac{\text{Fuerza horizontal}}{\text{Área del perfil de suelo trabajado}}$$

$$\text{Índice de tiro específico } I_{te} = \frac{\text{Tiro específico}}{\text{Índice de cono}} * 10^3$$

$$\text{Ancho medio de trabajo } A_{mt} = \frac{\text{Área del perfil de suelo trabajado}}{\text{Profundidad máxima de trabajo}}$$

$$\text{Profundidad media de trabajo } P_{mt} = \frac{\text{Área del perfil de suelo trabajado}}{\text{Ancho máximo de trabajo}}$$

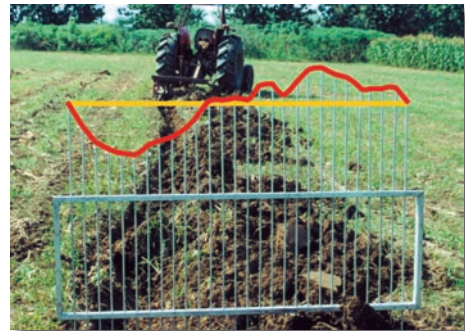
$$\text{Relación profundidad media / ancho de corte de suelo } R_{pac} = \frac{\text{Profundidad media de suelo trabajado}}{\text{Ancho de la herramienta}}$$



**Figura 2.** Perfil típico de suelo disturbado con arados de cincel



**Figura 3.** Perfil del suelo trabajado con el arado de cincel rígido



**Figura 4.** Perfil del suelo trabajado e incrementado con el arado de discos

## Resultados - Centro de Investigación La Libertad

Para efectos del presente documento, únicamente se analizaron los resultados correspondientes a los suelos del Piedemonte Llanero, mediante evaluaciones en el Centro de Investigación La Libertad. Se evaluó el efecto de la humedad del suelo y la velocidad de operación de un cincel rígido, de un cincel vibratorio y de un arado de discos, sobre algunos parámetros de rendimiento de estos implementos. El arado de discos se evaluó específicamente con el objetivo de comparar con los otros implementos algunos parámetros técnicos conservacionistas.

Las condiciones bajo las cuales se evaluaron los implementos y según la Tabla 1, corresponden a suelos con topografía plana, en rastrojo y sin obstáculos. Se caracterizan por ser francos a franco-arenosos, presentando en los primeros 20 cm de profundidad una densidad aparente de 1.34 gr/cm<sup>3</sup> y una densidad real de 2.5 gr/cm<sup>3</sup>. En las pruebas se emplearon dos tractores John Deere 6310 DT de doble transmisión, de aproximadamente 100 hp al motor. Las evaluaciones se realizaron en un mismo lote pero en épocas diferentes, correspondiendo los contenidos de humedades del suelo a 14.2 y 18.5%, respectivamente. Los resultados de las pruebas de resistencia a la penetración mostraron una compactación limitante a partir de los 7 cm de profundidad, siendo el índice de cono de 2.7 mPa cuando la humedad del suelo fue de 14.2%, con tendencia a aumentar hasta alcanzar 4 mPa a los 31 cm de profundidad, para posteriormente descender con la profundidad. Cuando la humedad del suelo fue de 18.5 %, se encontró igualmente una compactación limitante a partir de los 7 cm de profundidad, siendo el índice de cono de 2.3 mPa, con tendencia a aumentar con la profundidad del suelo.

Cuando fue empleado el arado de cincel vibratorio para labrar el suelo, y de acuerdo con las Figuras 5 a 13 y las Tablas 2 y 3, el área del perfil de suelo incrementado fue menor para el suelo

**Tabla 1.** Condiciones de evaluación de los implementos en el C. I. La Libertad

Condiciones	Tipo de arado		
	Cincel vibratorio	Cincel rígido	Discos
<b>Suelo</b>			
Topografía del suelo	Plana	Plana	Plana
Cobertura sobre el suelo	Rastrojo	Rastrojo	Rastrojo
Obstáculos	Ninguno	Ninguno	Ninguno
<b>Implemento</b>			
Marca	Intall	Interagro	Apolo
Número ganchos/discos	1	1	1
Tipo de enganche	Tres puntos	Tres puntos	Tres puntos
Tractor 1 (tracción)	John Deere 6310 DT	John Deere 6310 DT	John Deere 6310 DT
Tractor 2 (implemento)	John Deere 6310 DT	John Deere 6310 DT	John Deere 6310 DT

con humedad de 14.2% y velocidades de desplazamiento del implemento inferiores a 6.4 km/h, aumentando posteriormente con la velocidad. Una tendencia muy similar presento el área total de suelo disturbado en los dos contenidos de humedad. Entretanto, el área de suelo trabajado por el arado de cincel vibratorio fue siempre mayor cuando el contenido de humedad del suelo correspondió a 18.5%, comparado con la humedad menor de 14.2 %. Con la menor humedad, el suelo presento una tendencia a ofrecer mayor resistencia a la penetración hasta los 20 cm de profundidad, permitiendo menor penetración de este implemento vibratorio en el suelo y consecuentemente, menor área de suelo trabajado, comparado con la humedad mayor del suelo. Dentro de la humedad de 18.5%, la mayor área de suelo trabajado se presento cuando la velocidad del cincel vibratorio fue de 5.8 km/h, disminuyendo posteriormente con el incremento de la velocidad, debido a que existe una tendencia a reducir la profundidad de trabajo con el aumento de la velocidad del implemento y consecuentemente, a disminuir el área de suelo trabajado.

La tendencia del implemento a exponer el suelo a la erosión, o tasa de pérdida de suelo, fue menor cuando la humedad del suelo correspondió a 14.2% y cuando la velocidad de desplazamiento del implemento estuvo próxima a 6.5 km/h. Para la humedad del suelo de 18.5%, la tasa de pérdida de suelo siempre fue mayor, aunque con la misma tendencia que la correspondiente al suelo con humedad de 14.2%, y de manera similar, la menor tasa de pérdida de suelo correspondió a la velocidad del implemento próxima a 6 km/h. La menor tasa de pérdida de suelo para la menor humedad estuvo influenciada básicamente por la disminución del área de suelo incrementada, como consecuencia de la reducción de la profundidad de trabajo del implemento.

La profundidad y el ancho de trabajo en función de la velocidad de operación del implemento son presentados en las Figuras 9 y 10, respectivamente, encontrando que la profundidad tendió a disminuir ligeramente con el aumento de la velocidad y con la disminución de la humedad del suelo; en tanto que, el ancho de trabajo presento un ligero aumento con la velocidad de operación del implemento, siendo mayor cuando el contenido de humedad del suelo fue de 18.5%; sin embargo, se espera que a partir de un contenido mayor de humedad del suelo, el ancho máximo de trabajo del implemento comience a disminuir, si se tiene en cuenta que la fractura o desgarre del suelo es menor con la humedad mayor.

El requerimiento de fuerza de tracción y de fuerza horizontal por unidad de área para labrar el suelo (tiro específico) fue menor para el contenido de humedad del suelo de 18.5% y dentro de esta cuando la velocidad del implemento fue próxima a 6 km/h. Para el mismo contenido de humedad, el tiro específico siempre fue mayor en las restantes velocidades de desplazamiento del implemento, lo cual resulta poco conveniente desde el punto de vista conservacionista, si se tiene en cuenta que se incrementa la fuerza horizontal necesaria para labrar una unidad de área de suelo. Entretanto, cuando el suelo presentó humedad de 14.2% y fue labrado con el arado de cincel vibratorio a diferentes velocidades, en todos los casos el tiro específico siempre fue mayor que los correspondientes a la humedad de 18.5%. Por ende, estos resultados muestran que el suelo no debe ser preparado cuando el contenido de humedad es muy bajo, ya que los requerimientos de tiro específico y potencia son altos.

Finalmente, para estas condiciones tanto de los suelos como de operación, cuando el implemento fue operado a una profundidad entre 15 y 20 cm, el requerimiento de potencia en la barra de tiro del

tractor por cada unidad de cincel vibratorio siempre fue proporcional a la velocidad de desplazamiento y muy similares para los dos contenidos de humedad del suelo, aunque ligeramente menor cuando el contenido de humedad fue mayor, esto es de 18.5%.

Por lo tanto, se puede concluir que para este tipo de suelo del C.I. La Libertad, bajo las condiciones de operación de las Tablas 1, 2 y 3 y de acuerdo con las Figuras 5 a 13, cuando se utilizó el arado de cincel vibratorio en la preparación de estos suelos, los mejores parámetros de rendimiento se obtuvieron cuando la humedad del suelo fue de 18.5 % y con la velocidad de desplazamiento del implemento próxima a 6 km/h, si se tiene en cuenta que se alcanzó la mayor área de suelo trabajado, el menor tiro por unidad de cincel vibratorio, menor tiro específico o menor requerimiento de fuerza horizontal por unidad de área para labrar el suelo, se obtuvo igualmente las mayores profundidades y ancho máximo de trabajo del implemento y finalmente, menor requerimiento de potencia a la barra de tiro por unidad de cincel, comparado con los correspondientes cuando la humedad del suelo fue de 14,2 %, aunque para esta menor humedad se obtuvo la menor tasa de pérdida de suelo. Sin embargo, es necesario realizar más evaluaciones con mayores contenidos de humedad de estos suelos, de tal manera que se pueda recomendar tanto la humedad adecuada del suelo para ser labrado con el cincel vibratorio sin causarle daños físicos, como las condiciones de operación para los diferentes contenidos de humedad del suelo.

Entretanto, cuando fue empleado el arado de cincel rígido para labrar el suelo, y de acuerdo igualmente con las Figuras 5 a 13 y las Tablas 2 y 3, el área del perfil de suelo incrementado fue menor para el suelo con humedad de 18.5% y velocidades de desplazamiento del implemento inferiores a 6.0 km/h. El área de suelo trabajado por el arado de cincel rígido fue siempre mayor cuando el contenido de humedad del suelo correspondió a 14.2%, influenciada principalmente por el mayor ancho de trabajo, debido a que por ser este implemento de desgarre, es mayor la fractura o ruptura del suelo a menor humedad; sin embargo, el tiro o fuerza horizontal y el consumo de potencia fue mayor.

La tendencia del implemento a exponer el suelo a la erosión (o tasa de pérdida de suelo), fue menor cuando la humedad del suelo correspondió a 18.5% y dentro de esta, cuando el implemento se operó entre 4 y 6 km/h. Para la humedad del suelo de 14.2%, la tasa de pérdida de suelo siempre fue ligeramente mayor, aunque con la misma tendencia. La menor tasa de pérdida de suelo para la mayor humedad estuvo influenciada básicamente por la disminución del área de suelo incrementado.

La profundidad y el ancho de trabajo en función de la velocidad de operación del implemento son presentados en las Figuras 9 y 10, respectivamente, encontrando que la profundidad tendió a disminuir ligeramente con el aumento de la velocidad y con el aumento de la humedad del suelo; en tanto que, el ancho de trabajo presentó un ligero aumento con la velocidad de operación del implemento, siendo mayor cuando el contenido de humedad del suelo fue de 14.2%; sin embargo, se espera que a partir de un contenido mayor de humedad del suelo, el ancho máximo de trabajo del implemento comience a disminuir, si se tiene en cuenta que la fractura o desgarre del suelo es menor con la humedad.

El requerimiento de fuerza de tracción fue mayor para el menor contenido de humedad, esto es 14.2%, debido a que el suelo en estas condiciones presenta mayor resistencia a la ruptura. La fuerza horizontal por unidad de área para labrar el suelo (tiro específico) cuando se utilizó el arado

de cincel rígido no presentó ninguna tendencia definida en función de la velocidad de operación del implemento como tampoco de la humedad del suelo. Finalmente, para estas condiciones tanto de los suelos como de operación, cuando la profundidad máxima de trabajo estuvo entre 27 y 40 cm, el requerimiento de potencia a la barra de tiro del tractor por cada unidad de cincel rígido siempre fue proporcional a la velocidad de desplazamiento y menor cuando el contenido de humedad fue mayor, esto es de 18.5%.

Por lo tanto, se puede concluir que para este tipo de suelo del C.I. La Libertad, bajo las condiciones de operación de las Tablas 1, 2 y 3 y de acuerdo con las Figuras 5 a 13, cuando se utilizó el arado de cincel rígido en la preparación de estos suelos, los mejores parámetros conservacionistas de rendimiento se obtuvieron cuando la humedad del suelo fue de 18.5% y con la velocidad de desplazamiento del implemento entre 4 a 6 km/h, si se tiene en cuenta que se alcanzó la menor área de suelo incrementado, la menor tasa de pérdida de suelo, el menor tiro (tracción o fuerza horizontal) por unidad de cincel rígido y el menor consumo de potencia por brazo de cincel, aunque con la humedad de 14.2% se obtuvo mayor tanto área de suelo trabajado como ancho máximo de trabajo. Sin embargo, es necesario realizar más evaluaciones con mayores contenidos de humedad de estos suelos, de tal manera que se pueda recomendar tanto la humedad adecuada del suelo para ser labrado con el cincel rígido sin causarle daños físicos, como las condiciones de operación para los diferentes contenidos de humedad del suelo.

La utilización del arado de discos en la preparación de suelos con humedad de 14.2% tuvo por finalidad comparar los parámetros técnicos conservacionistas con los correspondientes a los arados de cincel rígido y vibratorio. Se encontró que el arado de discos presenta desventajas con respecto a los otros implementos de cincel, si se tiene en cuenta que la exposición del suelo a la erosión o tasa de pérdida de suelo fue del 100%, esto es, invierte la totalidad del suelo trabajado (cortado en este caso), la profundidad de trabajo fue muy baja, mientras que por ser un implemento de corte, el ancho de operación es casi constante; adicionalmente, es alto el consumo de potencia por unidad de disco.

Finalmente, aunque se recomienda hacer más evaluaciones a mayores contenidos de humedad del suelo, ya se evidencian algunos efectos de la humedad del suelo y de la velocidad de operación de los implementos. Por ejemplo, la profundidad de trabajo del implemento tiende a disminuir con el aumento de la velocidad de operación, mientras el ancho máximo de trabajo y el consumo de potencia tienden a aumentar. La humedad muy baja del suelo ofrece mayor resistencia a la ruptura y por consiguiente, es mayor la fuerza horizontal (tiro) y la potencia requerida por unidad de cincel o disco.

**Tabla 2.** Efecto de la velocidad de operación de los arados de cincel vibratorio y rígido (1 brazo) y de discos (1 disco) sobre algunos parámetros de evaluación para el contenido de humedad del suelo de 14.2 % en el C. I. La Libertad.

Parámetros y medidas por unidad	Tipo de arado/velocidad									
	Cincel vibratorio			Cincel rígido				Discos		
	4.5 km/h	6.4 km/h	7.2 km/h	3.9 km/h	4.6 km/h	4.8 km/h	5.5 km/h	4.8 km/h	7.7 km/h	
Área de perfil de suelo trabajado (As) cm <sup>2</sup>	192.5	271.5	299	1052	1320	1023	1296	540	427.4	
Área de perfil de suelo incrementado (Asi) cm <sup>2</sup>	84.5	39	116.5	296	362	329	360	540	464	
Área total de suelo disturbado (At) cm <sup>2</sup>	277	310.5	415.5	1348	1682	1352	1656	1080	891.4	
Tasa de pérdida de suelo (Tps = Asi/As) %	43.9	14.4	39	28.1	27.4	32.2	27.8	100	108.6	
Tiro por unidad (brazo o disco) (Fh) N	8848	8848	8848	13286	13286	13286	13286	12457	12457	
Tiro específico por unidad (Te = Fh/Asl) kPa	459.6	325.9	295.9	126.3	100.7	129.9	102.5	230.7	291.5	
Índice de cono (Ic) kPa	3780	3780	3780	3780	3780	3780	3780	3780	3780	
Índice de tiro específico (Ite = Te/Ic) * 10 <sup>3</sup>	121.6	86.2	78.3	33.4	26.6	34.4	27.1	61	77.1	
Profundidad máxima de trabajo (Pm) cm	14.5	15	16	34	40	36.5	32	17.5	10	
Ancho máximo de trabajo (Am) cm	47.5	52.5	67.5	57.5	75	80	82.5	60	55	
Ancho de la herramienta (Ae) cm	5	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5	59	59	
Profundidad media trabajo (Pmt=Asl/Am) cm	4.1	5.2	4.4	18.3	17.6	12.8	15.7	9	7.8	
Ancho medio de trabajo (Amt = Asl/Pm)	13.3	18.1	18.7	30.9	33	28	40.5	30.9	42.7	
Relación profundidad media/ancho de corte de suelo (Rpac = Pmt/Ae)	0.8	1	0.9	3.3	3.2	2.3	2.9	0.2	0.1	

continúa...

...sigue Tabla 2.

Parámetros y medidas por unidad	Tipo de arado/velocidad											
	Cinzel vibratorio				Cinzel rígido				Discos			
	4.5 km/h	6.4 km/h	7.2 km/h	3.9 km/h	4.6 km/h	4.8 km/h	4.8 km/h	5.5 km/h	4.8 km/h	4.8 km/h	7.7 km/h	7.7 km/h
Potencia requerida a la barra de tiro por unidad de cinzel o disco (hp)	14.8	21.1	23.7	19.1	22.8	23.7	27.4	22.3	27.4	22.3	35.7	35.7
Potencia del tractor al 90% del régimen por unidad de cinzel o disco (hp)	19.4	27.6	31	25	29.7	31	35.8	29.1	35.8	29.1	46.7	46.7
Patrimonio	15.8	20	21.2	11.3	12.1	11.6	16.7	4.8	16.7	4.8	5	5

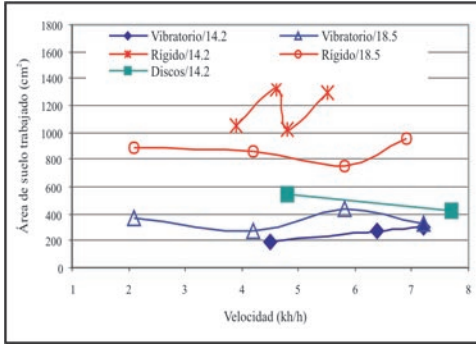
## Propiedades físicas del suelo

Humedad (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )		Porosidad (%)	Índice de cono kPa	Textura			
	Real	Aparente			Arena	Limo	Arcilla	Denominación
14.2	2.52	1.34	46.83	3780	49.16	31.64	19.2	Franco

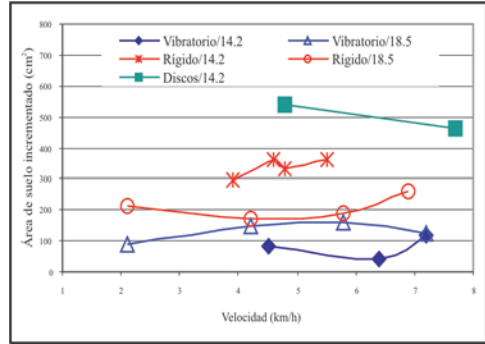
\* Promedio a 20 cm de profundidad

**Tabla 3.** Efecto de la velocidad de operación de los arados de cincel vibratorio y rígido (1 brazo) sobre algunos parámetros de evaluación para el contenido de humedad del suelo de 18.5 % en el C. I. La Libertad.

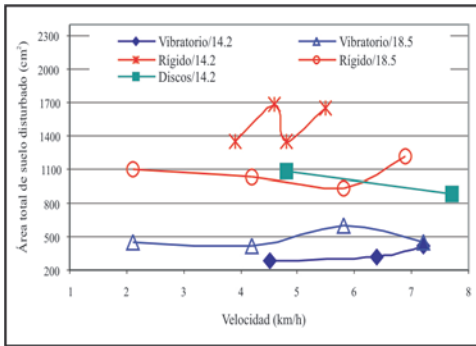
Parámetros y medidas por unidad	Tipo de arado/velocidad									
	Cincel vibratorio					Cincel rígido				
	2.1 km/h	4.2 km/h	5.8 km/h	7.2 km/h	8.5 km/h	2.1 km/h	4.2 km/h	5.8 km/h	6.9 km/h	9.9 km/h
Área de perfil de suelo trabajado (Asl) cm <sup>2</sup>	365.8	266.5	437	327	885	859	750	949		
Área de perfil de suelo incrementado (Asi) cm <sup>2</sup>	86.8	147.5	159.4	127.3	214	170.3	187.5	261		
Área total de suelo disturbado (At) cm <sup>2</sup>	452.6	414	596.4	454.3	1099	1029.3	937.5	1210		
Tasa de pérdida de suelo (Tps = Asi / Asl) %	23.7	55.3	36.5	38.9	24.2	19.8	25	27.5		
Tiro por unidad (brazo o disco) (Fh) N	7468	7468	7468	7468	10062	10062	10062	10062		
Tiro específico por unidad (Te = Fh / Asl) kPa	204.2	280.2	170.9	228.4	113.7	117.1	134.2	106		
Índice de cono (Ic) kPa	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800		
Índice de tiro específico (Ite = Te / Ic) * 10 <sup>3</sup>	53.7	73.7	45	60.1	29.9	30.8	35.3	27.9		
Profundidad máxima de trabajo (Pm) cm	20.6	18.4	17	15.9	32.8	31.3	26.8	28.5		
Ancho máximo de trabajo (Am) cm	52.5	57.5	65	65	57.5	62.5	67.5	70		
Ancho de la herramienta (Ae) cm	5	5	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5		
Profundidad media de trabajo (Pmt = Asl / Am) cm	7	4.6	6.7	5	15.4	13.7	11.1	13.6		
Ancho medio de trabajo (Amt = Asl / Pm)	17.8	14.5	25.7	20.6	27	27.4	28	33.3		
Relación profundidad media / ancho de corte de suelo (Rpac = Pmt / Ae)	1.4	0.9	1.3	1	2.8	2.5	2	2.5		
Potencia requerida a la barra de tiro por unidad de cincel o disco (hp)	5.8	11.7	16.1	20	7.9	15.7	21.7	25.9		
Potencia del tractor al 90% del régimen por unidad de cincel o disco (hp)	7.6	15.3	21.1	26.2	10.3	20.6	28.4	33.8		
Patinamiento	6.4	6.0	6.6	6.2	1.0	9.8	5.9	9.9		



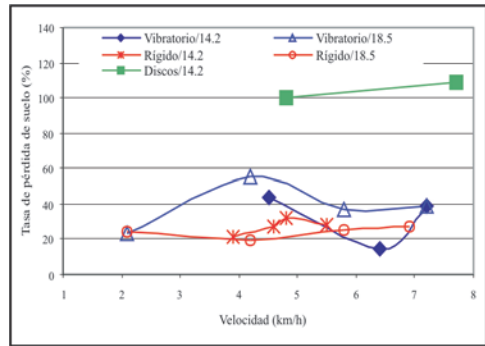
**Figura 5.** Áreas del perfil de suelo trabajado en suelos con humedad 14.2 y 18.5 %, en función de la velocidad. C.I La Libertad



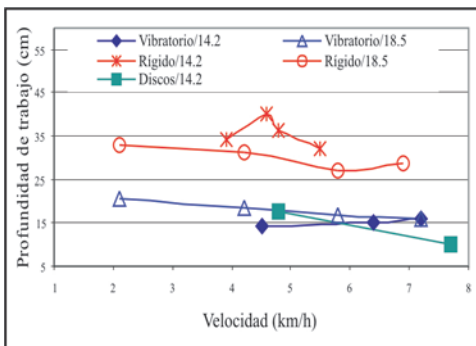
**Figura 6.** Áreas del perfil de suelo incrementado en suelos con humedad 14.2 y 18.5 %, en función de la velocidad. C.I La Libertad



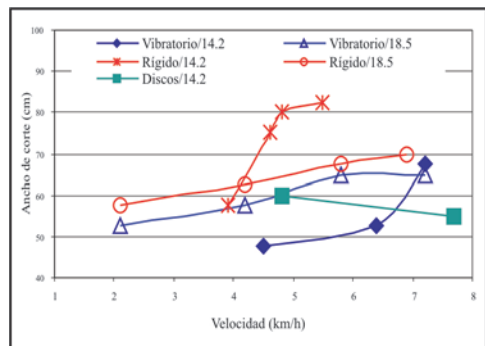
**Figura 7.** Área total de suelo disturbado en suelos con humedad de 14.2 y 18.5 % en el C.I. La Libertad, en función de la velocidad



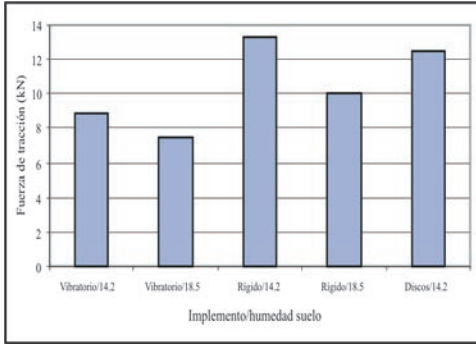
**Figura 8.** Tasa de pérdida de suelo en suelos con humedad de 14.2 y 18.5 % en el C.I. La Libertad, en función de la velocidad



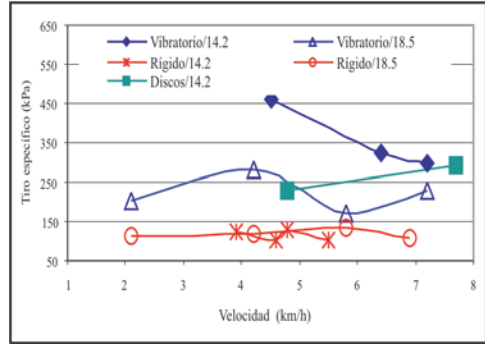
**Figura 9.** Profundidad de trabajo en suelos con humedad de 14.2 y 18.5 % en el C.I. La Libertad, en función de la velocidad



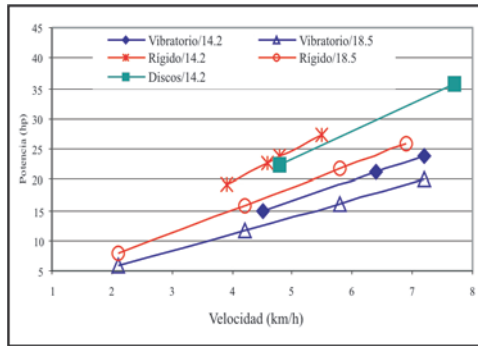
**Figura 10.** Ancho de trabajo en suelos con humedad de 14.2 y 18.5 % en el C.I. La Libertad, en función de la velocidad



**Figura 11.** Fuerza de tracción por unidad de cincel o discos en suelos con humedad de 14.2 y 18.5 % en función de la velocidad. C.I. La Libertad



**Figura 12.** Tiro específico por unidad de cincel en suelos con humedad 14.2 y 18.5% en función de la velocidad. C.I. La Libertad



**Figura 13.** Potencia por unidad de cincel o discos en suelos con humedad de 14.2 y 18.5 % en función de la velocidad. C.I. La Libertad

## SEMBRADORAS

---

La siembra es la fase de mayor importancia en el establecimiento de un cultivo. La sembradora es el equipo más importante dentro del proceso de producción y debe ser escogida de acuerdo con el tipo de suelo y con los intereses del productor, pudiendo determinar el suceso o fracaso de un cultivo. La máquina sembradora ideal es aquella que coloca la semilla de la mejor forma posible para la germinación y posterior crecimiento de acuerdo con las necesidades de la planta. No existe sembradora universal para todas las situaciones del suelo, de cobertura vegetal, de topografía del suelo, de distribución de las semillas y de fertilizante; sin embargo, algunos factores deben ser considerados para la escogencia de la máquina sembradora, como por ejemplo:

Asistencia técnica y disponibilidad de repuestos; la distancia entre el mecanismo de dosificación y el suelo debe ser lo menor posible para una mejor uniformidad en la distribución de la semilla; capacidad de la sembradora adecuado al tamaño del lote y a la topografía del terreno; poseer herramientas de corte de los residuos de cosecha, de coberturas y del suelo en el caso de siembra directa; poseer un sistema eficiente que mantenga la penetración del disco de corte y mantenga una profundidad uniforme independiente de la velocidad de trabajo; poseer mecanismos dosificadores de semilla y de fertilizante que mantengan la regularidad en la distribución de dosis definidas, independientes de las condiciones de trabajo (velocidad, residuos, etc.); ajustes y calibraciones simples y rápidas, etc. Sembradoras grandes y de tiro son ideales para terrenos planos extensos e inadecuadas para suelos irregulares y predios pequeños. En las áreas de minifundio y de topografía accidentada, las sembradoras de alce hidráulico pueden ser más eficientes.

La regulación de la profundidad de la semilla depende del cultivo a establecer y de la calidad de la semilla a ser empleada (vigor y germinación). En la siembra de semillas pequeñas, la profundidad debe estar en torno de 2 cm. Para semillas de tamaño mayor, la profundidad debe estar en torno de 5 cm. En el caso de soya, la profundidad de siembra generalmente se sitúa entre 2 y 4 cm, mientras el fertilizante generalmente se sitúa debajo de la semilla entre 5 y 8 cm de profundidad, o lateralmente a fin de evitar el contacto entre ambos. Sin embargo, es común encontrar problemas de profundidad de la semilla principalmente por insuficiente regulación de la presión en los resortes de los discos de corte, falta de ruedas reguladoras de profundidad, o cuando las sembradoras han sido adaptadas presentando diferencia de peso en las diferentes unidades.

Cuando la superficie del suelo se encuentre un poco adensada, de tal forma que haya dificultad para la abertura del surco y para la distribución de las semillas y fertilizantes, o cuando el sistema radicular del cultivo anterior se encuentre muy desarrollado se debe emplear cinceles en la sembradora. Sin embargo, si el suelo se encuentra muy húmedo, se puede presentar mayor remoción de suelo y adherencia a los discos, provocando mayor exposición de parte de la superficie de suelo al sol, a la lluvia y al viento, acelerando la degradación de los suelos.

Entretanto, en condiciones de suelo de poca resistencia a la penetración y con bastante cobertura sobre la superficie se debe emplear discos de corte en la sembradora. Los discos de corte lisos son recomendados para condiciones más friables del suelo y con residuos de cosecha en cantidades adecuadas, donde la fricción es lo suficiente para mantenerlo girando y efectuando la operación de corte de los residuos y del suelo sin deslizamiento ni atascamiento. El disco con ranuras es recomendable para condiciones de mayor volumen de cobertura.

Para compactar ligeramente el surco, el mejor sistema es el de rueda de caucho flexible, de superficie recta o ligeramente encurvada que no compacte demasiado la línea de siembra, y en consecuencia, permitiendo emergencia adecuada de las plantas.

Finalmente, además de considerar los factores anteriores en la escogencia de la máquina sembradora, se debe tener en cuenta que tanto los orificios de los platos o celdas sin semilla o con más de una semilla, como el daño mecánico a los granos sean lo más bajos posibles para mejor calidad en la labor de siembra.

## APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS CON ASPERSORAS<sup>1</sup>

---

Las pérdidas económicas y el daño al medio ambiente en las zonas de producción agropecuaria del país por el mal uso de pesticidas, se debe en parte al estado de obsolescencia de los equipos, a los cuales no se les realiza mantenimiento, presentando deficiente funcionamiento como es el caso de la bomba, manómetro y sistema de agitación; boquillas inadecuadas y desgastadas; utilización de diferentes tipos de boquillas en el mismo aguilón para la misma aplicación; utilización de equipos incompletos como la carencia de filtros y manómetros que a juicio de los agricultores sobran; nula aplicación de las normas de seguridad, como falta del equipo y de la ropa apropiada en el momento de la aplicación de los agroquímicos; carencia de conceptos técnicos elementales de operación de aspersoras como tipo de boquillas, presión de trabajo, tamaño de la gota para diferentes tipos de aplicaciones, condiciones ambientales, y en algunos casos a la falta de actualización en nuevas tecnologías de aplicación de pesticidas, calidad y cantidad de agua de aplicación, altura del aguilón, regulación de la presión y velocidad de trabajo, son elementos poco considerados en el momento de realizar una aplicación con pesticidas, según Herrera *et al.* (1999).

Para un efectivo control de enfermedades, malezas e insectos dañinos en el cultivo, se debe considerar tanto las condiciones ambientales en el momento de la aplicación, la exigencia del producto (tipo, presentación, etc.) y de una aplicación adecuada a las necesidades reales. Por ejemplo, dosis bajas producen un control deficiente, siendo necesaria una aplicación adicional lo cual incrementa los costos de producción; entretanto, dosis superiores a las recomendadas pueden causar daños severos al cultivo aumentando la posibilidad de residuos tóxicos en los suelos, agua y productos agrícolas, además de incurrir en pérdidas económicas debido al alto costo de los plaguicidas. Una aplicación adecuada garantiza mejor protección al cultivo, mayor control de malezas, menor desgaste de equipos y ahorro tanto de tiempo como de combustible, lo que se traduce en reducción de los costos en esta operación. Se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Equipo de aspersión ajustado correctamente para descargar el producto en forma uniforme y en la dosis requerida, con boquillas adecuadas, aguilón horizontal y agitación uniforme.
- Calidad del agua de aplicación, (pH, dureza y partículas en suspensión principalmente).
- Presión de operación de la aspersora.
- Velocidad de operación constante y adecuada a las condiciones del terreno.
- Cantidad de mezcla (agua y producto) que se necesita para la aplicación.

---

<sup>1</sup> Tomado y adaptado de Camacho Jesús. Manejo y calibración de aspersoras terrestres.

## Selección del sistema de aspersión

---

Para establecer cuál es el sistema de aspersión más adecuado a las necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes factores y determinar cuáles de ellos son los más importantes.

- Eficiencia requerida
- Frecuencia de aplicación
- Tipo de cultivo
- Estado del cultivo
- Mecanismo de homogenización
- Área total de trabajo
- Características de la zona de trabajo
- Facilidad de uso
- Durabilidad del equipo
- Valor del equipo
- Costo de operación del equipo y servicio postventa (repuestos, asesoría, etc.)

**Aspersión aérea:** La aplicación de un producto se hace con avión o helicóptero en un tiempo corto y es la más conveniente para grandes áreas. Puede representar las siguientes ventajas:

- No causa daño mecánico a los cultivos, como puede suceder con el uso de equipos terrestres.
- Se evita la compactación.
- Puede usarse en cultivos densos, donde el riego y drenaje dificulten el uso de equipos terrestres.
- Mayor seguridad para el operario, al quedar menos expuesto a los pesticidas.
- Requiere de un menor volumen de mezcla para la aplicación de un producto (entre 8 y 50 l/ha, dependiendo del tipo de boquilla).

Dentro de sus principales desventajas tenemos su alto costo y la dificultad para controlar la deriva, siendo recomendable dejar una "zona de seguridad" alrededor de la zona de trabajo.

**Aspersoras de tractor:** Puede ser con equipos autopropulsados o acoplados al tractor. En la Figura 14 se observan los principales componentes de una aspersora de tractor. Son adecuadas para extensiones medianas, mucho más baratas que los equipos de aplicación aérea y su costo de operación y mantenimiento también es menor. La eficiencia de estos equipos depende básicamente del tamaño del tanque, del tipo de bomba y de la tasa de aplicación de la mezcla. A su vez, la tasa de aplicación de la mezcla depende del tipo de boquilla, presión de trabajo y de la velocidad de operación o desplazamiento.

**Aspersora manual:** Equipos adecuados para áreas pequeñas, y para terrenos con altas pendientes. En la Figura 15 se observa los componentes de una bomba de espalda, cuya presión es regulada por el operario. Debido a su operación (manual), difícilmente presenta deriva. También son adecuadas para realizar controles localizados dentro de un cultivo, por ejemplo, donde se detecten focos de una plaga o para el control de una maleza que no se encuentre diseminada en la zona

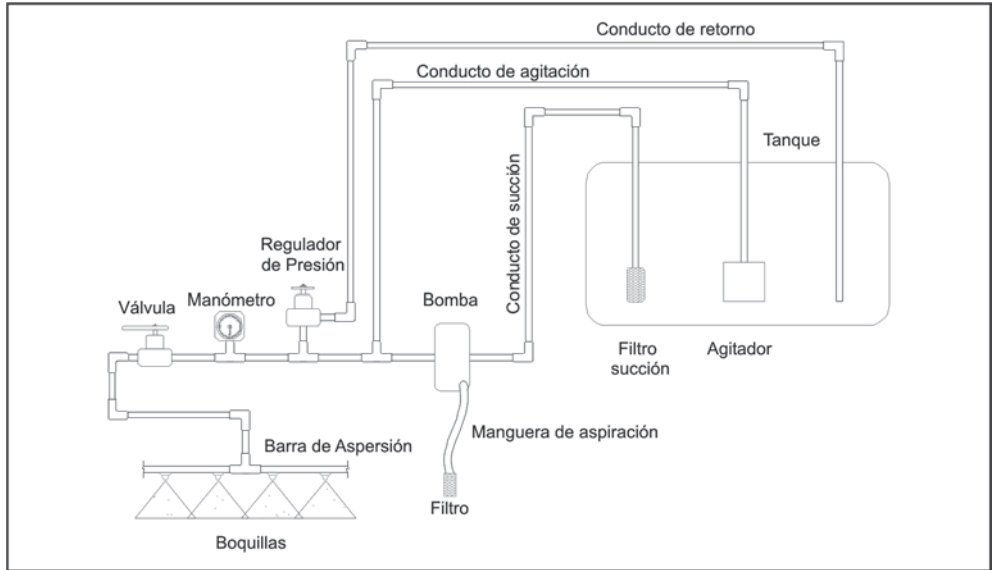


Figura 14. Componentes de una aspersora de tractor

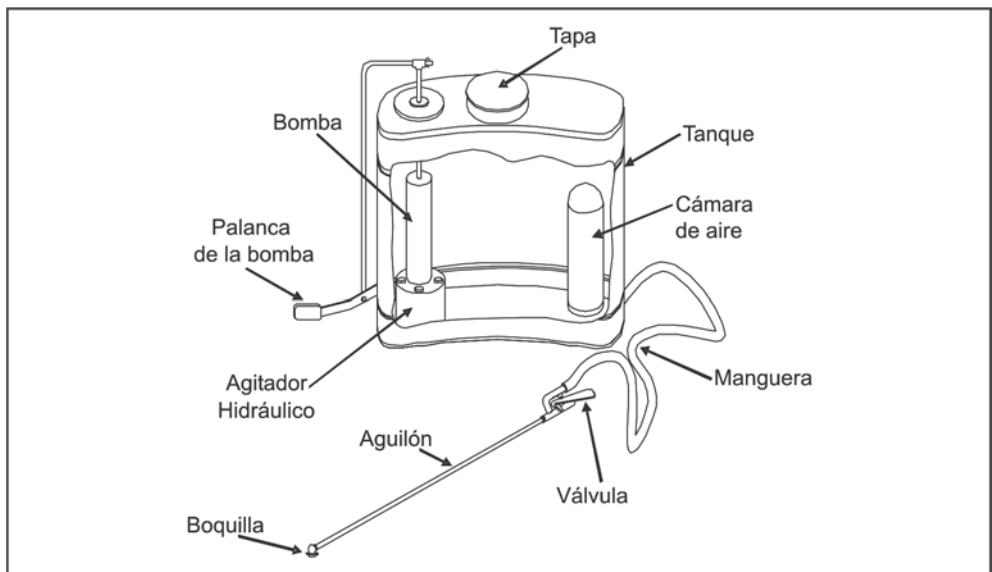


Figura 15. Componentes de una aspersora manual

de trabajo, sino concentrada en "parches o manchas". Dentro de sus limitantes tenemos su baja eficiencia y la no uniformidad en la aplicación de un producto, si se tiene en cuenta que esta depende de la destreza del operador. Por otra parte, el operador está más expuesto al producto, por lo cual es indispensable seguir estrictamente las recomendaciones de manejo y aplicación que aparece en la etiqueta de cada producto.

## **Manejo y operación de aspersoras de tractor**

---

La operación de una aspersora debe contemplarse antes, durante y después de su uso en campo, para no afectar la calidad del trabajo. Para una adecuada aplicación se deben considerar los siguientes parámetros:

- Programar su uso.
- Realizar ajustes y pruebas preliminares.
- Calibración.
- Carga del tanque.
- Transporte en carretera.
- Operación en campo.
- Limpieza y almacenamiento.

La programación del uso se inicia con el conocimiento del tipo de aplicación ya sea un plaguicida o un fertilizante foliar y la claridad sobre el producto (ingrediente activo) a usar. De acuerdo con las características del producto y las indicaciones para el manejo, se establece el volumen de aplicación; tipo, número y ubicación de las boquillas; velocidad apropiada de operación y presión requerida.

- **Volumen de aplicación.** Se regula de acuerdo con el tipo de boquilla, con la velocidad de operación en campo y con la presión recomendada e indicada en el manómetro.
- **Número y ubicación de las boquillas.** Está en función de la forma de aplicación del producto, tipo y tamaño del cultivo y la distancia entre surcos. En algunas ocasiones por el tamaño de la planta y por su desarrollo foliar, es conveniente usar dos o tres boquillas por surco. Para aplicar preemergentes o quemas químicas, el aguilón debe quedar a 50 cm de altura sobre el suelo.
- **Velocidad de operación.** Varía entre 4 y 12 km/h en operaciones con tractor o equipos autopropulsados y de 2 a 3 km/h para aplicación manual. Depende del tipo de boquilla, presión, volumen de aplicación y de la topografía del terreno.
- **Selección de boquillas.** Debe tenerse en cuenta la capacidad y material de fabricación. El tipo de boquilla depende del producto a aplicar, del volumen de aplicación, del tamaño de la gota que entrega y del área que cubre. El material tiene que ver básicamente con la duración de las mismas (vida útil), característica que está influenciada por la aplicación de agroquímicos corrosivos o la presencia de sólidos en la mezcla aplicada.

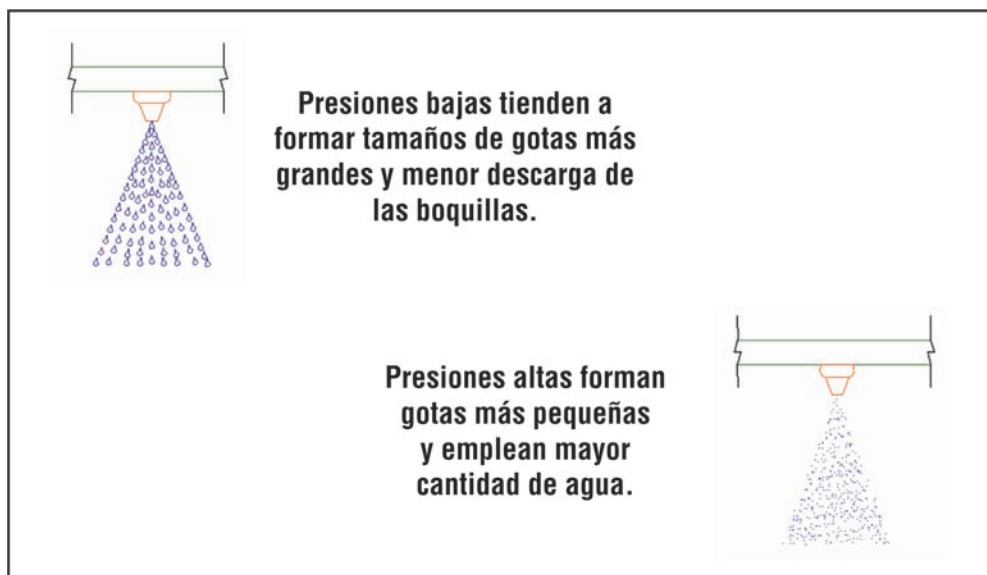


Figura 16. Efecto de la presión en el tamaño de la gota

### Factores ambientales:

**Humedad del suelo:** En aplicaciones de preemergentes, el suelo debe estar húmedo para provocar la germinación de las malezas y la translocación del producto.

**Rocío:** Influye en las aplicaciones postemergentes al interferir en la retención del producto, pues favorece la formación de gotas de mayor diámetro que luego caerán al suelo llevando el producto.

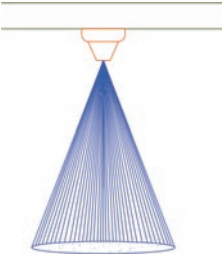
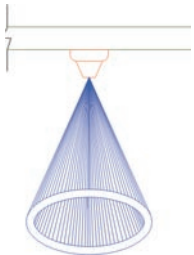
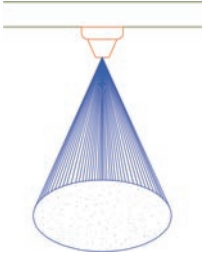
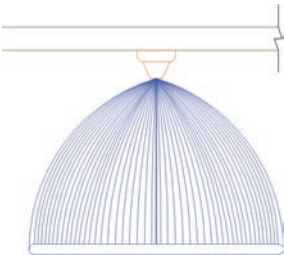
**Textura del suelo:** Los suelos arenosos presentan mayor pérdida de producto por lavado, mientras que los arcillosos o pesados y altos en materia orgánica descomponen rápidamente el producto, inactivándolo. Siendo así, se recomienda dosis bajas para suelos arenosos y altas para suelos arcillosos.

**Lluvia:** Lava el producto si llueve inmediatamente después de aplicado, por esto, es importante aplicar sustancias que peguen el producto a las hojas.

**Viento:** Vientos fuertes pueden desplazar el producto a otra parte, perdiéndose parte de la aplicación y causando daños a otros cultivos. Para disminuir esta deriva se recomienda hacer aplicaciones cuando la velocidad del viento es inferior a 3.5 km/h.

**Calidad del agua:** Aguas duras y sucias pueden inactivar el producto y favorecer la formación de sólidos, como resultado de diferentes reacciones químicas. No se debe utilizar aguas que posean sedimentos en suspensión provenientes de canales o acequias, pues estas poseen arcillas y materia orgánica que bloquean el ingrediente activo, bajando drásticamente la eficiencia del producto. El pH también debe ser determinado, pues éste influye en algunos productos.

**Tabla 4.** Tipos de boquillas más comunes

Tipo de boquilla	Características
 <p data-bbox="293 596 379 627">Abanico</p>	<ul data-bbox="529 387 1062 555" style="list-style-type: none"> <li>• Para superficies planas y limpias.</li> <li>• Adecuadas para aplicación en bandas (surcos o entresurcos).</li> <li>• Presión recomendada de pulverización: 1,5 - 3 bar (22 - 44 psi).</li> </ul>
 <p data-bbox="274 924 395 955">Cono hueco</p>	<ul data-bbox="529 733 1111 864" style="list-style-type: none"> <li>• Adecuada para aplicación dirigidas al follaje del cultivo, para el control de insectos aéreos o de hongos.</li> <li>• Presión recomendada de pulverización: 3 - 4 bar (44 - 59 psi).</li> </ul>
 <p data-bbox="274 1270 395 1301">Cono sólido</p>	<ul data-bbox="529 997 1117 1270" style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo con presiones altas y gotas pequeñas; son las más indicadas para el manejo de hongos en el follaje.</li> <li>• Utilizadas par el control de plagas en árboles, presentes en el follaje.</li> <li>• Adecuada para tratamientos localizados, mediante aplicación manual.</li> <li>• Presión recomendada de pulverización: 3 - 5,5 bar (44 - 81 psi).</li> </ul>
 <p data-bbox="229 1625 440 1656">Cortina o de impacto</p>	<ul data-bbox="529 1352 1096 1625" style="list-style-type: none"> <li>• Para trabajo con baja presión y gotas gruesas.</li> <li>• Menor problema por taponamiento del orificio.</li> <li>• Comúnmente usada para aplicación de herbicidas, en suelos sin cultivo.</li> <li>• También son usadas para aplicación de nematicidas, insecticidas sistémicos y herbicidas en la base de árboles.</li> <li>• Presión recomendada: 2 - 3 bar (29 - 44 psi).</li> </ul>

**Temperatura:** Temperaturas mayores a 35°C pueden producir toxicidad del producto al cultivo, sobre todo en postemergentes; sin embargo, para estas condiciones se puede reducir las dosis. Igualmente, para estas condiciones se puede perder herbicida por evaporación. A bajas temperaturas ambientales el crecimiento de las malezas es lento, haciendo que la acción del herbicida se pierda, siendo necesario aumentar las dosis.

**Cultivo:** Se debe considerar la selectividad (resistencia del cultivo a la acción de un producto), la época de aplicación y el uso de surfactantes (pegantes).

**Producto:** Se debe considerar el tiempo, lugar de almacenamiento y la categoría toxicológica.

**Cantidad:** Este concepto varía entre los agricultores y su decisión depende del producto a aplicar y del estado del cultivo. Generalmente se encuentra que hacen aplicaciones entre 150-300 l/ha. Bajo condiciones climáticas favorables o del uso de métodos o productos antideriva o retardantes de evaporación (poco comunes en el mercado), es posible reducir el consumo de agua a niveles de 50 l/ha, aumentando de esta manera la eficiencia de esta labor. Esto también depende tanto del tipo de boquilla como de la velocidad de operación.

**Ajustes y pruebas preliminares:** Antes de iniciar cualquier tipo de aplicación es necesario hacer una revisión de los componentes del equipo como rodamientos, chumaceras, llantas de transporte, nivel y calidad del aceite de la bomba, filtros, estado de las mangueras, y sobre todo, revisar el manual del operador. Los filtros deben ser lavados con un cepillo de cerdas suaves. Si las boquillas son usadas es conveniente comparar su funcionamiento con una nueva para evitar inconvenientes en el campo, además de comprobar la distancia entre las boquillas.

### **Calibración de equipos de aspersión:**

#### **Método 1 para calibración de la aspersora de tractor**

Este método es el más confiable ya que se verifica el flujo de cada boquilla y permite calcular el tiempo requerido para esta operación. Se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- Verter entre 100 y 150 litros de agua al tanque de la aspersora.
- Regular la presión (30-60 psi).
- Poner en funcionamiento la aspersora y observar la alineación de las boquillas y su descarga. Si alguna presenta un flujo menor que las demás, limpiar el filtro y la boquilla, si continúa el problema se debe cambiar el filtro y/o la boquilla. Si el flujo es superior, es necesario reemplazarla.
- Calcular la velocidad del tractor. Se recomienda que esté entre 4 y 8 km/h. Para comprobarla es aconsejable realizar pruebas sencillas en campo mediante la determinación del tiempo necesario para recorrer una distancia conocida.
- Calcular el flujo de las boquillas. Se debe poner en funcionamiento la aspersora con agua únicamente. Después de 15 segundos de operación, recoger en recipientes la descarga de cada boquilla durante un minuto. Medir el volumen recogido por cada boquilla, sumar y realizar el promedio. Si la variación del volumen de cada boquilla es inferior al 5% respecto al promedio, no es necesario hacer cambios. En caso contrario, para volúmenes que estén por debajo, se debe limpiar filtros y boquillas. Para entregas por encima del promedio, se deben cambiar las boquillas.

- En el momento de la calibración del equipo se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:
  - Ancho del trabajo del equipo ( $A$ ), en metros (m)
  - Capacidad o volumen del tanque ( $V$ ), en litros (l)
  - Dosificación del producto, en litros o kilogramos por hectárea (l/ha o kg/ha)
  - Velocidad del tractor ( $V_0$ ), en kilómetros por hora (km/h)
  - Caudal o volumen de entrega ( $Q$ ) de cada boquilla, en litros por minuto (l/min)

Supongamos que se trabajará con una aspersora de 24 boquillas, ubicadas cada 0.5 m, la cual posee un tanque con capacidad de 600 litros. Se pretende realizar la aplicación de dos productos: uno líquido con dosis de 3 l/ha y uno granulado con dosis de 2.5 kg/ha. De acuerdo con estas condiciones se tiene:

- Ancho de trabajo:  $A = 12$  metros.
- Volumen del tanque:  $V = 600$  litros.
- Dosis de los productos:  $D_1 = 3$  l/ha y  $D_2 = 2.5$  kg/ha.
- Velocidad de operación  $V_0 = 7.5$  km/h (7500 m/h) (comprobada previamente en campo).

Determinar la capacidad de campo (cobrimiento de la aspersora en hectárea/hora) (ha/h), esto es:

Capacidad de campo teórica:  $C_c = A * V_0$  (Ancho de trabajo \* velocidad de operación)

En este ejemplo se tiene:  $C_c = 12m * 7500 m/h = 90000m^2/h = C_c = 9$  ha/h

En el lote se debe tener en cuenta la capacidad de campo real, la cual corresponde a la teórica afectada por la eficiencia de operación de la aspersora que se encuentra entre el 70 a 80% y que corresponde básicamente a la pérdida de tiempo en el llenado del tanque, en los desplazamientos y las vueltas requeridas para la aplicación entre una y otra franja, etc. Sin embargo, para este ejemplo consideramos 9 ha/h.

A continuación se determina el caudal de la aspersora (entrega de las boquillas), teniendo en cuenta las recomendaciones indicadas anteriormente. Esto es, recoger y medir el caudal de cada boquilla durante un minuto y promediar el caudal por boquilla (se debe repetir tres veces).

Considerando un caudal promedio por boquilla de 906 ml/min, equivale en l/h a:

$$Q = \frac{906 \text{ ml}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} = 54.36 \text{ l/h}$$

Luego el caudal (o entrega) de la aspersora ( $Qa$ ) en litros por hora ( $l/h$ ), será:

$$Qa = Q * \text{No. boquillas}$$

$$Q = \frac{54.36 \text{ l}}{h} * 24 \text{ boquillas}$$

$$Qa = 1304.64 \text{ l/h}$$

Para determinar la cantidad de mezcla a aplicar ( $Cq$ ) en litros por hectárea ( $l/ha$ ), se toma el caudal de la aspersora ( $Qa$ ) y la capacidad de campo ( $Cc$ ), mediante la siguiente operación:

Cantidad de mezcla a aplicar por hectárea:  $Cq = \frac{\text{Capacidad aspersora (Qa)}}{\text{Capacidad de campo (Cc)}}$

$$Cq = \frac{1304.64 \text{ l/h}}{9 \text{ ha/h}} = 144.96 \text{ l/ha}$$

Esto nos indica que se aplicará aproximadamente 145 litros de mezcla por hectárea. Posteriormente se determina el área cubierta ( $Ac$ ) por el tanque lleno de la aspersora, de la siguiente manera:

Área cubierta:  $Ac = \frac{\text{Volumen tanque (V)}}{\text{Cantidad a aplicar (Cq)}} = \frac{600 \text{ l/tanque}}{144.96 \text{ l/ha}}$

$$Ac = 4,14 \text{ ha/tanque}$$

Con este dato se determina la cantidad de producto (en litros o en kilogramos) que se debe adicionar al tanque para obtener la mezcla deseada, de la siguiente forma:

Cantidad del producto:  $Cp = \text{Área cubierta (Ac)} * \text{Dosis producto (D)}$

Para el producto líquido se estableció una dosis de 3 l/ha. Por lo tanto se debe agregar al tanque:

$$Cp_1 = 4,14 \text{ ha/tanque} * 3 \text{ l/ha} = 12.42 \text{ l/tanque}$$

Para el producto sólido se estableció una dosis de 2.5 kg/ha. Por lo tanto se debe agregar al tanque:

$$Cp_2 = 4.14 \text{ ha/tanque} * 2.5 \text{ kg/ha} = 10.35 \text{ kg/tanque}$$

### **Método 2 para calibración de la aspersora de tractor**

Este método es más rápido que el anterior, pero no permite chequear el funcionamiento de las boquillas en forma individual ni permite determinar el tiempo que se requiere para realizar la labor de aspersión de un lote. Si se decide aplicar este método, se debe revisar cuidadosamente el funcionamiento de cada boquilla antes de alcanzar los siguientes pasos:

- Verter entre 100 y 150 litros de agua al tanque de la aspersora.
- Regular la presión (30-60 psi).
- Poner en funcionamiento la aspersora y observar la alineación y descarga de las boquillas, fugas, etc. Si alguna presenta un flujo menor que las demás, limpiar el filtro y la boquilla, si continua el problema se debe cambiar el filtro y/o la boquilla. Si el flujo es superior, es necesario reemplazarla.
- Calcular la velocidad del tractor. Se recomienda que esté entre 4 y 8 km/h. Para comprobarla es aconsejable realizar pruebas sencillas en campo mediante la determinación del tiempo necesario para recorrer una distancia conocida.
- Llenar el tanque con agua.
- Medir 100 metros, para que el tractor realice este recorrido con la aspersora en funcionamiento.
- Llene nuevamente el tanque, teniendo en cuenta el volumen de agua agregado, ésta será la cantidad de mezcla entregada por la aspersora.
- Realice los cálculos, para establecer que cantidad de producto se debe agregar en el tanque, para obtener la mezcla adecuada.

Supongamos que se trabajará con una aspersora de 24 boquillas, ubicadas cada 0.5 m, con un tanque cuya capacidad es de 500 litros. Se realizará la aplicación de un producto, cuya dosis recomendada es de 3.5 l/ha. Con base en estas condiciones se tiene:

- Ancho de trabajo:  $A_t = 12 \text{ m}$
- Volumen del tanque:  $V = 500 \text{ l}$
- Dosis de los productos:  $D = 3.5 \text{ l/ha}$

De acuerdo con lo descrito en el procedimiento, se realizan las pruebas descritas con cinco repeticiones, en una distancia ( $D_i$ ) de 100 m, con una velocidad del tractor preestablecida de 7.5 km/h. Considerando que las 24 boquillas entregaron (Entrega) 15.1 litros, la cantidad de mezcla a aplicar ( $C_j$ ) en litros por hectárea, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Cq = \frac{\text{Entrega} * 10.000}{At * Dis}$$

$$Cq = \frac{1.51 * 10.000}{12 * 100} = 125.83 \text{ l/ha}$$

Esto indica que se aplicará aproximadamente 126 litros de la mezcla por hectárea. Luego el área cubierta ( $A_c$ ) por el tanque lleno de la aspersora, será:

$$\text{Área cubierta: } A_c = \frac{\text{Volumen tanque (V)}}{\text{Cantidad a aplicar (Cq)}} = \frac{500 \text{ l/tanque}}{125.83 \text{ l/ha}}$$

$$A_c = 3.97 \text{ ha/tanque}$$

La cantidad de producto (en litros o kilogramos) que se debe adicionar al tanque para obtener la mezcla adecuada, será:

$$\text{Cantidad del producto: } Cp = \text{Área cubierta (} A_c \text{)} * \text{Dosis producto (D)}$$

En este caso se quiere aplicar un producto cuya dosificación es de 3.5 l/ha, por lo tanto se tiene:

$$Cp_1 = 3.97 \text{ ha/tanque} * 3.5 \text{ l/ha} = 13.90 \text{ l/tanque}$$

Esto significa que se debe agregar 13.9 litros del producto al tanque, para obtener una aplicación de 3.5 l/ha del producto.

**Carga del tanque:** Hay dos puntos a considerar, la cantidad de producto a adicionar y la preparación de la mezcla. Para esto se debe determinar el volumen del tanque en litros, la cantidad del producto que se necesita aplicar por hectárea y los cálculos descritos en la sección anterior. En el caso de productos líquidos, estos pueden ser adicionados directamente al tanque cuando esté lleno y una vez se haya controlado el pH del agua de aplicación. En el caso de productos sólidos, la mezcla debe hacerse separadamente en un recipiente de acuerdo con las indicaciones en la etiqueta, para luego ser agregado al tanque. Se debe procurar llenar el tanque y preparar la mezcla en el sitio de trabajo para disminuir el riesgo de contaminación ambiental en caso de accidentes.

**Operación en el campo:** El operador debe estar vigilando permanentemente la presión del equipo, el flujo de las boquillas y además, conocer el lote para evitar traslapes o dejar áreas sin aplicación. De acuerdo con las condiciones climáticas, se debe tomar la decisión de si se hace o no la aplicación, ya que se puede perder el trabajo por causa de la lluvia o perjudicar cultivos vecinos cuando el viento es fuerte. La altura de los aguilonos se debe ajustar entre 40 y 60 cm dependiendo del tipo de boquilla, de la altura de las plantas, de las condiciones climáticas y del producto a aplicar. El aguilón debe estar paralelo al suelo.

**Limpeza y almacenamiento:** Después de realizar la labor en el campo o para aplicar un producto diferente, es necesario hacer una buena limpieza de la aspersora. Esto incluye el lavado con agua y jabón de todo el equipo y con vinagre cuando se utilice productos organoclorados. Al final de la temporada es necesario preparar la aspersora para el almacenamiento, siendo necesario una limpieza como la descrita anteriormente, aplicando de 15 a 20 galones de ACPM para posteriormente hacer funcionar la aspersora de tal forma que se vacíe este ACPM por las boquillas, revisar y limpiar los filtros, retirar y limpiar las boquillas para luego almacenarlas en un frasco, y finalmente, ubicar la aspersora en un lugar ventilado y bajo techo.

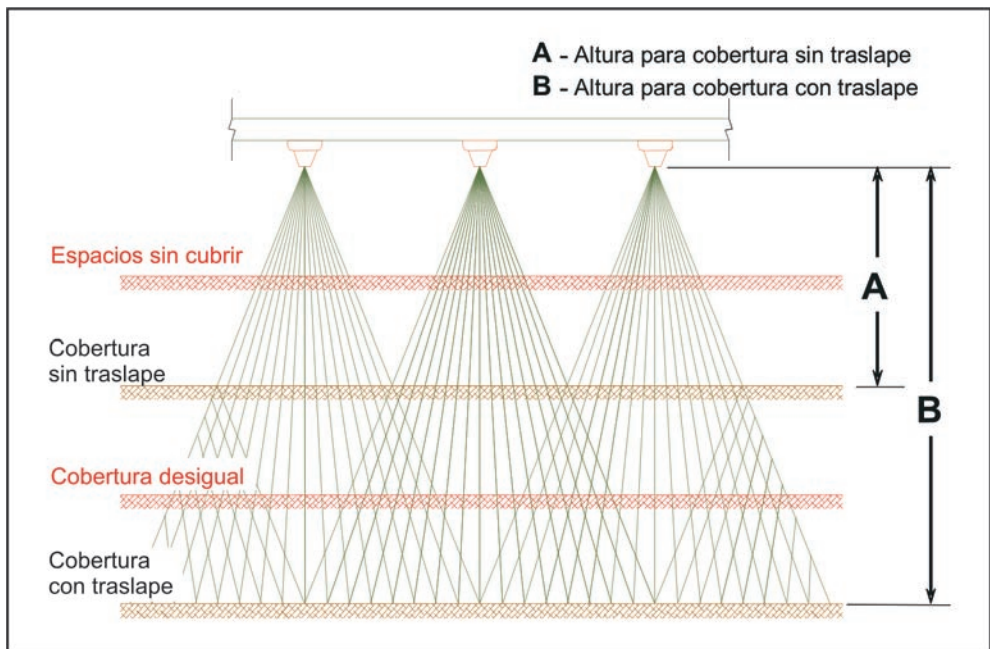


Figura 17. Altura de la barra de aspersión y formas de cobertura

## **RECOLECCIÓN MECÁNICA DE MAÍZ Y SOYA**

---

### **Introducción**

---

**E**l estado de obsolescencia del proceso y de la maquinaria para la cosecha de estos granos, se evidenció en investigaciones realizadas por CORPOICA en las principales regiones productoras de granos del país. Este nivel de obsolescencia; la utilización de elementos inadecuados y los malos ajustes en las máquinas cosechadoras (combinadas); la falta de experiencia y pericia de los operadores; del sistema de recolección en bultos; la falta de experiencia en calibración de combinadas y en evaluación de las pérdidas; así como la no exigencia por parte de los productores para que los operadores hagan los respectivos ajustes en la combinada, de acuerdo con las condiciones tanto del cultivo como ambientales de la zona en el momento de la recolección, son las principales causas de las altas pérdidas de grano en la cosecha mecanizada de maíz y soya; sin embargo, en evaluaciones y demostraciones de campo, con el uso de elementos adecuados, ajustes en la combinada y cosecha en un óptimo nivel del cultivo se ha logrado reducir las pérdidas a niveles admisibles, esto es 3% para maíz y 10% para soya, aportando los correspondientes beneficios económicos al productor. Todo esto demuestra la necesidad de hacer un esfuerzo permanente en el mantenimiento y calibración de las combinadas con el fin de reducir las pérdidas en la recolección mecánica.

Adicionalmente, desde el punto de vista conservacionista, es importante tener en cuenta que el picado y esparcido de los residuos de la cosecha, constituye la base para iniciar cualquier cambio en los métodos y procedimientos de la mecanización. Dada la cantidad de residuos en la cosecha de maíz, es necesario equipar las máquinas cosechadoras de granos, tanto con picadores de residuos como con esparcidores, con el fin de repartirlos uniformemente sobre el suelo.

### **Funciones de la combinada**

---

La combinada o máquina cosechadora de granos tiene las siguientes funciones:

- Cortar el tallo de las plantas y alimentar el material cortado a la máquina.
- Separar los granos de las espigas, panojas, panículas o mazorcas.
- Separar el grano de los residuos de tamo.
- Limpiar el grano separado en las cribas de limpieza.
- Entregar el grano limpio para ser manejado a granel o en sacos y entregar el material de retrilla.

## Componentes de la combinada y flujo del material

---

**Sistema de corte y alimentación:** En la recolección mecánica de soya, la maquina cosechadora esta equipada con un sistema de corte y alimentación como el de la Figura 18, cuya función es cortar, recoger y entregar el material al alimentador de la cosechadora. El sistema de corte está formado por los *separadores* o *divisores* (1), los cuales tienen como función separar la franja de plantas que se va a cortar del resto del cultivo, el *molinete* (3) que la sostiene y entrega a la *barra de corte* (0) para el corte de los tallos, y que por la acción del movimiento del molinete, los entrega cortadas a la mesa o plataforma y posteriormente, al sistema de alimentación formado por el *caracol o sinfín* (4) que los transporta hacia el centro de la plataforma; además, un juego de dedos retráctiles los envía hacia el *acarreador* (8), para transportarlos finalmente hacia el sistema de trilla. Algunas combinadas traen en la parte frontal de la barra de corte *levantadores de cosecha* (2), cuya función es levantar cuidadosamente las plantas caídas, para ser cortadas por la barra de corte y entregadas al sistema de alimentación. En la recolección mecánica de soya, la plataforma de corte debe ser flexible mediante unos *patines deslizantes* (5), los cuales tienen la función de acompañar el perfil del suelo de manera longitudinal y transversal con relación al sentido de la marcha. El *molinete* recomendado para la cosecha mecánica de soya es el de ganchos, ya que éste levanta las plantas caídas, proporcionándole menor golpe y por ende, menor desgrane prematuro en la plataforma de corte, con la consecuente reducción de las pérdidas en el sistema de corte y alimentación.

En la recolección mecánica de maíz, este mecanismo es sustituido por el cabezal para maíz, en el cual unas puntas juntadoras levantan del suelo las plantas caídas y con la ayuda de un par de barras despojadoras y un conjunto de rodillos separan la mazorca de la caña, para posteriormente con la ayuda de una cadena juntadora ser transportada hasta el caracol del cabezal (alimentador) y entregada al sistema de trilla. La caña del maíz es devuelta nuevamente al suelo por este mecanismo.

**Sistema de trilla:** En el sistema de trilla, algunas combinadas poseen un *batidor delantero* (9) que ayuda a orientar, uniformizar y entregar el material vegetal al *cilindro de barras rotativo* (11), el cual somete el material a una acción de fricción e impacto contra el *cóncavo estacionario* (12), para separar los granos de las espigas, panojas, panículas o mazorcas. A través de las rejillas del *cóncavo* deben pasar los granos al sistema de limpieza de la combinada, mientras el movimiento rotativo del *cilindro* de trilla y de un *agitado o batidor* en la parte posterior del *cilindro*, entrega los residuos con mínima cantidad de granos, al sistema de separación de la combinada.

**Sistema de separación:** La separación es el proceso en la combinada que permite que la paja salga de la máquina, mientras que el grano continúa dentro de la misma. Para lograrlo, los *deflectores* o *lonas* obligan a los residuos y al poco grano que no atravesó el *cóncavo* a caer sobre los *sacapajas* (21) a todo lo ancho del mismo y a evitar que el material salga a gran velocidad por la parte posterior de la combinada. Los *sacapajas* tienen un movimiento oscilatorio que permite a los granos que siguieron este recorrido, atravesar la rejilla de los *sacapajas*, y mediante el fondo cerrado de éstos o de un *sinfín*, retornar a la *bandeja de granos* (13), que está localizada inmediatamente debajo del sistema de trilla, mientras los residuos salen al exterior por la parte posterior de los *sacapajas*.

**Sistemas de limpieza y de manejo de granos:** El grano y algunos residuos pequeños son llevados de la *bandeja de granos* al *zarandón* o *criba superior* (18), en donde se inicia el proceso de limpieza. El *zarandón* posee una *extensión* o *persiana* y una palanca de ajuste que permite graduar los orificios de salida, de acuerdo con las características físicas y mecánicas de los granos. Al *zarandón* también se le denomina *criba de granzas*, puesto que el material que no puede atravesarlo debe volver al sistema de trilla a través del *sinfín de retorno* (17) y de un *elevador de retrilla*. El material que atraviesa el *zarandón* alcanza la *zaranda* o *criba inferior* (19) o *criba de grano limpio*, que al igual que el *zarandón*, posee una palanca de ajuste; es allí donde se efectúa la última limpieza por acción del *ventilador* (14), cuyas persianas orientan la corriente de aire que mantiene en suspensión el material con peso inferior al de los granos. El grano limpio es llevado a su vez, por un *sinfín de grano limpio* (16) al *elevador de grano limpio* y mediante un sinfín de dispersión permite llenar homogéneamente el *tanque de granos* (23). El grano se entrega al remolque granelero a través de un *sinfín de descarga* (20).

Finalmente, la máquina cosechadora de granos debe ser equipada en la parte posterior con un picador y esparcidor, con el fin de reducir el tamaño de los residuos y de distribuirlos uniformemente sobre todo en el ancho de corte de la plataforma.

## Parámetros de operación de la combinada

---

**Molinete.** En cultivos erectos, el molinete debe estar situado de 15 a 20 cm delante de la barra de corte, y a una altura a la que las tablas puedan golpear las plantas aproximadamente en la mitad. En el caso de cultivos caídos, se debe desplazar el molinete hacia la parte frontal, a una distancia de 22 a 30 cm de la barra de corte, mientras que los ganchos del molinete se deben inclinar un poco debiendo pasar a una distancia entre 5 y 8 cm de la barra de corte. La velocidad del molinete depende de la velocidad de la combinada y de las condiciones del cultivo. Para cultivos erectos se ha encontrado como 'buena operación', cuando la velocidad del molinete es 25% más rápida que la velocidad de avance de la combinada, mientras que en cultivos caídos debe ser un 75% más rápida que la velocidad de avance de la combinada.

**Barra de corte.** En la mayoría de las combinadas, mediante engranajes, la velocidad de la barra de corte puede variar entre 350 y 550 ciclos/min. La menor velocidad se usa para el corte de leguminosas como la soya, donde la alta velocidad puede traducirse en dehiscencia de las vainas, principalmente en estado de sobremadurez, y aun más, si las cuchillas no se encuentran en buen estado.

**Caracol o sinfín.** El caracol debe permanecer centrado sobre la concavidad de la canoa para que la entrega del material sea uniforme. El espacio libre entre el caracol y el fondo de la canoa, debe ser aproximadamente de 5 a 10 mm para cultivos como la soya o similares, pues si el espacio libre es muy grande se produce una alimentación muy irregular y una trilla prematura de los granos con las consecuentes pérdidas. En cosechas no muy densas, los dedos retráctiles se deben extender hacia afuera, mientras que en cosechas densas, deben ir hacia adentro. El despojador del caracol se debe ajustar de manera más cercana posible para evitar que el material gire alrededor del mismo. Un ajuste inadecuado produce una alimentación deficiente.



Figura 18. Componentes básicos de la combinada (Cortesía de Claas)

En la recolección mecánica de maíz, la velocidad de avance de la combinada no debe exceder la capacidad de la máquina, especialmente del sistema de separación de la mazorca en el cabezal. Igualmente, la altura del cabezal y la posición de las puntas juntadoras deben ser ajustadas según las condiciones del cultivo, mientras los rodillos y las barras despojadoras deben ser ajustadas según el grosor tanto de las cañas como de la mazorca. Adicionalmente, las unidades o líneas del cabezal deben ser ajustadas correctamente, de tal manera que los tallos o cañas de un surco entren justamente por el centro de estas unidades y no hacia un costado de las puntas juntadoras, si se pretende minimizar las pérdidas de grano en esta unidad.

**Cadena alimentadora.** En este caso se recomienda una separación entre el fondo del acarreador y la cadena transportadora de aproximadamente 3 mm, para la mayoría de los granos. Cuando el tamaño de la mazorca o la panoja se incrementa, puede ser necesario aumentar la separación hasta unos 20 mm para permitir el paso normal del material.

**Mecanismo de trilla.** La velocidad del cilindro debe ser variable para cada cultivo. Cuando los granos se desprenden fácilmente de las espigas, panojas, vainas o mazorcas, la velocidad debe ser baja. A medida que se dificulta el desprendimiento la velocidad debe incrementarse.

La separación cilindro-cóncavo depende del tamaño del grano. En el cóncavo de barras, la separación cilindro-cóncavo debe ser el doble a la entrada que la de salida. Esta separación tiene que ver directamente con la calidad de la trilla y con la cantidad de grano que pasa a través de la rejilla del cóncavo. Cuando la separación es mayor de lo normal, la trilla sólo se efectúa en una parte del cóncavo (posterior), pues parte del grano no alcanza a separarse de la espiga, vaina ó mazorca, incrementándose las pérdidas en la trilla. Adicionalmente, gran cantidad de grano no alcanza a atravesar las rejillas del cóncavo, continuando hacia los sacapajas junto a los residuos de la cosecha, incrementándose las pérdidas de grano por separación. Cuando la separación cilindro-cóncavo es inferior a la normal, se puede producir daño mecánico en los granos, además de sobre trilla de los residuos, lo cual puede sobrecargar los sacapajas y las zarandas, haciendo que se pierda grano por la parte posterior de la combinada. En el caso específico de la cosecha mecánica de la soya, se recomienda una velocidad del cilindro de trilla entre 910 a 1200 m/min, equivalente a 480 a 630 rpm. Cuando la recolección es de maíz, la velocidad de rotación del cilindro se recomienda entre 400 a 900 rpm, dependiendo del material, condiciones tanto de humedad del grano como ambientales.

**Batidor.** Éste es accionado directamente por el motor de la máquina, lo que implica que la velocidad sea constante entre 850 y 960 rpm, dependiendo la marca de la combinada. Aunque no forma parte integral del sistema de trilla, actúa como un componente importante en la transición de la trilla a la separación, teniendo en cuenta que reduce la energía del material que proviene del sistema de trilla y lo orienta hacia el sacapajas. Si no existiera el batidor, el material trillado podría continuar girando con el cilindro, produciéndose así una recarga del mismo.

**Sacapajas.** Es constituido por unidades independientes aproximadamente de 25 cm de ancho, éstos son accionados directamente por el motor de la combinada, lo que implica que su velocidad sea constante entre 150 y 210 rpm, dependiendo igualmente de la marca de la combinada y en consecuencia, del radio de giro de los ejes de los sacapajas.

**Zarandas.** Éstas pueden ser de orificios fijos o de ajuste variable. En este último caso, las aperturas del zarandón, su extensión y la de la zaranda, dependen de las características físicas del grano que se está limpiando. La zaranda separa los granos de los trozos de paja y otros residuos que han pasado a través del zarandón por una acción aerodinámica (viento del ventilador) y otra mecánica, por la agitación correspondiente a la velocidad de los ejes de las zarandas de 250 a 325 ciclos por minuto, dependiendo la marca de la combinada. La cantidad de material, diferente a grano que debe manejar las zarandas es de 5 a 10% en condiciones normales. Cuando el cultivo está muy seco este valor puede subir al 50%.

**Tabla 5.** Velocidad de algunos elementos de las combinadas más usadas en Colombia

Elemento	New Holland 8040 – TC55 – TC 57	John Deere 960 -955 -1165 1175 - 1450	Massey Ferguson 3640 - 5650
Cuchillas carrera/minuto*	530 - 600	510	520
Sinfín de la plataforma RPM	135 - 170	196 - 232	153 – 170
Acarreador RPM	158		
Batidor RPM	875	860	960
Sacapajas RPM	210	150	200
Motor RPM	2400	2400	2200 A6-358 2400 A6 354.4 2400 1006T

## Pérdidas durante la cosecha

Como el objetivo principal de una combinada es el de recoger la máxima cantidad posible de grano, tanto el operador de la máquina cosechadora como el productor, deberán estar revisando periódicamente las pérdidas que ocurran durante la recolección mecánica de soya y maíz en los diferentes sistemas de la combinada. Durante la cosecha es imposible no tener pérdidas; sin embargo, sí es posible minimizarlas a valores inferiores al 3% en maíz y al 10%, en el caso específico de soya, aunque en la recolección de esta leguminosa se aceptan pérdidas superiores.

Las pérdidas pueden ser causadas por aspectos naturales o por la cosechadora. Las primeras se presentan en el cultivo por motivos diferentes al uso de la cosechadora como las condiciones ambientales, el uso de variedades propensas al desgrane, sobremaduración, etc. y por tanto, no se pueden atribuir a la máquina. Las pérdidas causadas por la cosechadora o combinada son entre otras, aquellas debidas a la inexperiencia del operador, a la falta de ajuste y calibración de la máquina y al uso en la máquina de equipos inadecuados. Estas se pueden presentar en el cabezote, en el mecanismo de trilla, en el sistema de separación o en la limpieza. Para la evaluación de las pérdidas en la recolección mecánica de soya, se recomienda seguir la metodología empleada por Chaparro (1989) y Chaparro (2001).

## **Pérdidas en la cosecha de soya**

### **Pérdidas naturales (PN)**

Como fue descrito anteriormente, éstas se presentan por factores ajenos al uso de la maquina cosechadora, como las debidas al volcamiento, al control manual de malezas en la época de precosecha, al efecto del viento, al grano muy seco, a la "dehiscencia" de las dicotiledóneas, etc. Las PN se deben estimar en una zona donde no ha pasado la combinada, en 4 sitios diferentes donde se coloca un cuadrado de PVC de 1 m<sup>2</sup> de área (1x1 m), se recoge el grano que está en el suelo en cada uno de ellos, se pesa y se promedia. Si se denomina "A" el peso promedio obtenido en kilogramos, se puede determinar las PN, así:

$$PN = 10.000 A \text{ (kg/ha)}$$

### **Pérdidas de cosecha mecánica de soya**

**Pérdidas en la plataforma de corte (PC):** Estas pérdidas ocurren cuando la plataforma es operada incorrectamente o cuando el grano tiende a caerse en la parte frontal de la combinada. Entre las causas que producen las pérdidas en esta unidad en forma de grano y plantas tiradas al suelo tenemos: acción de las cuchillas en mal estado; velocidad incorrecta del molinete; altura incorrecta del molinete; velocidad de avance de la combinada alta; vainas remanentes en los troncos de las plantas debido a que la plataforma de corte es operada muy alta con relación al suelo; desgrane prematuro en la plataforma debido a que los dedos retráctiles son cambiados por láminas de acero que no permiten el paso adecuado del material al acarreador; demasiada tolerancia entre la cadena transportadora y el fondo de la caja, permitiendo que el grano retorne a la plataforma de corte y desgaste de los componentes del sistema de corte y alimentación, etc.

Para evaluar las pérdidas por estas causas, el ancho del cabezote lo denominaremos (W1), mientras que el ancho de la cola de la combinada por donde sale el tamo lo denominaremos (W2). Adicionalmente, debemos operar la combinada aproximadamente 100 m en plena faena de recolección, de tal manera que todos los componentes de la máquina entren en régimen, o se encuentren en plena carga.

Las PC se estiman en una zona por donde ha pasado el cabezote de la combinada, pero no ha caído paja de la parte trasera de la máquina cosechadora; esto es, operando la combinada hasta un determinado punto y luego haciéndola retroceder. En esta zona, en 4 sitios diferentes se coloca un cuadrado de PVC de 1 m<sup>2</sup> de área (1x1 m), se recoge el grano suelto o remanente en tallos o pedazos de plantas que está en el suelo en cada uno de ellos, se pesa y se promedia. Si denominados "B" el peso promedio obtenido en kilogramos, y si consideramos, que en esta área hay grano correspondiente a pérdidas naturales PN, este peso debe ser restado para hallar las pérdidas en el cabezote, las PC se determinar así:

$$PC = 10.000 (B - A) \text{ (kg/ha)}$$

**Pérdidas en el sistema de trilla (PT):** Son aquellas que se presentan durante el desprendimiento del grano y usualmente son identificadas por: granos remanentes en las espigas, panojas, vainas o mazorcas saliendo por la cola de la combinada; grano partido debido a una trilla muy agresiva; excesivo material de retrilla generado por el elevador de retrilla, etc. Entre las causas que originan pérdidas en este sistema están: Inadecuada velocidad del cilindro; uso inadecuado de cilindro y cóncavo, si se tiene en cuenta que para la cosecha de soya se debe utilizar el cilindro y cóncavo de barras; separación inadecuada entre el cilindro y el cóncavo; grano muy seco o muy húmedo; desgaste de algunos elementos del sistema, el cual no permite alinear el cilindro y el cóncavo.

Las PT, al igual que las pérdidas de separación PS y limpieza PL, se determinan en el material que sale por la parte posterior de la combinada, pero se debe considerar que ese material proviene de un ancho de trabajo de la plataforma de corte WI. Para ello, se recogen las espigas y pedazos de espiga en un área de  $1 \times W_2 \text{ m}^2$ , pero que proviene de un área original de  $1 \times W_1 \text{ m}^2$ , sin importar cual es el ancho de la cola de la combinada. Para el efecto, se toman 4 muestra de espigas y pedazos de espiga, se desgranar y se pesan. El promedio de ese peso en kilogramos, se denomina "C" y las PT se calculan así:

$$PT = 10.000 \frac{C}{W_1} \text{ (kg/ha)}$$

**Pérdidas por separación (PS) y limpieza (PL):** Las pérdidas de separación (PS) se presentan cuando el grano no alcanza a atravesar las rejillas de los sacapajas cayendo junto al tamo por la parte posterior de la combinada. Las causas de las pérdidas por separación son: alimentación excesiva sobre los sacapajas como consecuencia de una velocidad de avance muy alta; velocidad baja del cilindro; separación amplia entre el cilindro y el cóncavo a excesiva velocidad de desplazamiento; velocidad inadecuada de los sacapajas; baja inclinación de los sacapajas; carencia de las lonas o deflectores sobre los sacapajas; desgaste de los componentes, etc. y condiciones ambientales inadecuadas como baja temperatura ambiental y alta humedad relativa.

Las pérdidas de limpieza (PL) se presentan cuando el grano que ha llegado a las zarandas o cribas de limpieza sale por la cola de la combinada. Entre otras, las principales causas de las pérdidas de limpieza son: caudal inadecuado de aire; demasiado material sobre las zarandas, como consecuencia de una trilla agresiva (alta velocidad del cilindro y mínima separación entre el cóncavo y el cilindro de trilla); ajuste inadecuado de las zarandas y finalmente, desgaste de los componentes de limpieza.

Para evaluar las pérdidas de separación y limpieza (PSL), se debe tener en cuenta que aun cuando unas provienen de los sacapajas y las otras de las zarandas, ambas se manifiestan en la cola de la combinada y en el momento de la evaluación se miden en conjunto. Por esto utilizaremos el término "pérdidas de separación y limpieza (PSL)" para este cálculo.

Las PSL, al igual que las pérdidas de trilla PT, se determinan por el material que sale por la parte posterior de la combinada, considerando también que el material proviene del ancho original de trabajo de la plataforma de corte WI. Para ello, se recogen los granos sueltos en el piso en la misma área de  $1 \times W_2 \text{ m}^2$ , pero que provienen de un área original de  $1 \times W_1 \text{ m}^2$ , donde se evaluaron las PT.

Entonces, se recogen los granos sueltos en las 4 muestras, se pesan y promedian. Al denominar "D" el promedio de ese peso en kilogramos, se puede luego calcular las PSL; sin embargo, es de anotar que, en esta área hay grano suelto que corresponde a pérdidas naturales y en la plataforma de corte, cuyos pesos deben ser restados del total de granos recogidos, lo cual se puede hacer mediante la siguiente fórmula:

$$PSL = 10.000 \left( \frac{D}{W_i} - B \right) (kg/ha)$$

Finalmente, además de las pérdidas ya evaluadas, en ocasiones se presentan pérdidas por fugas debido al mal estado de las máquinas cosechadoras. Cuando la recolección se realiza en sacos, se presentan pérdidas de granos en la plataforma de ensacado, las cuales corresponden a granos sueltos que salen por la canal de descarga cayendo al suelo junto a los sacos; adicionalmente, si los sacos no se encuentran en óptimas condiciones, en el momento del impacto contra el suelo se pueden estallar con las consecuentes pérdidas de grano; finalmente, en el manipuleo de los sacos desde el suelo al remolque y del remolque al camión, se presentan pérdidas adicionales de grano. Estas pérdidas normalmente no son tenidas en cuenta para la evaluación final de las pérdidas de la cosecha mecánica de granos; sin embargo, en investigaciones hechas en campo por CORPOICA, se han encontrado valores muy próximos al 5 %, como resultado del mal estado de los sacos.

A través de la evaluación de las pérdidas en la recolección mecánica de soya con combinadas, realizada en algunas fincas de la Altillanura durante el segundo semestre del 2001, se encontró que las pérdidas totales de recolección variaron entre 214.4 y 392 kg/ha (9.3 a 18.98% del rendimiento), siendo mayores en la plataforma de corte, donde estuvieron entre 164 y 316 kg/ha. De otra parte, las pérdidas de trilla fueron relativamente bajas, entre 10.4 y 33 kg/ha, mientras las correspondientes a los sistemas de separación y limpieza variaron entre 40 y 77.7 kg/ha. Las altas pérdidas en la plataforma de corte de la combinada al parecer, estuvieron influenciadas por malos ajustes en los diferentes componentes del sistema de corte, además, por la sobremaduración de la soya.

### **Pérdidas en la cosecha de maíz**

#### **Pérdidas de precosecha o naturales**

El procedimiento para determinar estas pérdidas es el siguiente: en un área de 40 m<sup>2</sup> (10 m x 4 m) donde aún no ha pasado la máquina cosechadora, se recogen las mazorcas caídas al piso, se desgranar y pesan junto a los granos sueltos encontrados en el suelo. Tomando el promedio de cuatro medidas (GN) en kg, calculamos las pérdidas de precosecha o naturales (PN) mediante la siguiente ecuación:

$$PN = 250 GN \text{ kg/ha}$$

### **Pérdidas de cosecha mecánica de maíz**

**Pérdidas en el cabezote o plataforma de corte (PC):** Se opera la combinada aproximadamente 100 metros, permitiendo de esta manera que todos sus mecanismos entren en régimen de operación. Se detiene la máquina, haciéndola retroceder una distancia aproximada de 15 metros, permitiendo en esta área hacer las siguientes mediciones: En un área de 40 m<sup>2</sup> (10 m x 4 m), se recogen todas las mazorcas que cayeron al suelo y que por algún motivo no entraron a la combinada, se desgranar y pesan los respectivos granos. Esta operación se repite cuatro (4) veces, promediando el valor obtenido (MC). Por lo tanto, las pérdidas de mazorcas correspondientes a la plataforma o cabezal, están dadas por la siguiente ecuación.

$$PM = 250 * MC \text{ kg/ha}$$

El segundo tipo de pérdidas en la plataforma o cabezal corresponde a grano suelto que cae al suelo debido a un desgrane prematuro en este sistema de la combinada. Para tal efecto, en la parte frontal donde se hizo retroceder la combinada, y en un área de 1 m<sup>2</sup> (1 m x 1 m), se recogen los granos sueltos y pedazos de mazorca con granos, se desgranar y se pesan. Esta medición se realiza cuatro (4) veces, promediando el valor obtenido (GC). Por consiguiente, las pérdidas de grano en el cabezote están dadas por la siguiente ecuación:

$$PG = 10.000 * GC \text{ kg/ha}$$

Por lo tanto, las pérdidas totales en el cabezal o plataforma de corte (PC), es igual a la suma de las pérdidas individuales correspondientes a mazorcas y grano suelto, esto es:

$$PC = (PM + PG) \text{ kg/ha} = 250 (MC + 40 GC) \text{ kg/ha}$$

**Pérdidas en la trilla (PT):** Para la determinación de las pérdidas en la trilla y en las unidades de limpieza y separación se trabajo sobre el material que sale por la parte trasera de la combinada, entendiendo que este proviene de todo el ancho de la máquina. Para efecto de estos cálculos, el ancho de la plataforma de corte o cabezal para maíz lo denominaremos W1 y el ancho de la cola W2. Para evaluar las pérdidas en la trilla se recoge en cuatro (4) sitios diferentes el material que en forma de mazorca o pedazos de mazorca se encontraron en un área de 1xW2 m<sup>2</sup>, se desgrana y pesan los granos, siendo el peso promedio denominado (GT). Las pérdidas en el sistema de trilla están dadas por la siguiente ecuación:

$$PT = 10.000 \frac{GT}{W_1} \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

**Pérdidas de separación y limpieza (PSL):** Para la evaluación de las pérdidas correspondientes a separación y limpieza, en el tamo que sale por la cola de la combinada y en la misma área donde se recogieron las espigas o pedazos de espigas para determinar las pérdidas en la trilla o sea,  $1 \times 2 \text{ m}^2$ , se recoge el grano suelto y se pesa igualmente en los cuatro (4) sitios diferentes, siendo (GSL) el peso promedio de los granos recogidos en esta área. Las pérdidas por separación y limpieza están dadas por la siguiente ecuación:

$$PSL = 10.000 \left( \frac{GSL}{W_1} - GC \frac{W_2}{W_1} \right) \frac{kg}{ha}$$

Los ajustes de los sistemas de trilla, separación y limpieza tendientes a reducir las pérdidas de granos, tienen en principio la misma tendencia que los correspondientes a soya, aunque se debe seguir las recomendaciones de los manuales de operación, ya que por ser el grano ligeramente más grande hay ligeras variaciones en los ajustes. De cualquier manera, antes de hacer los respectivos ajustes en la máquina para solucionar las posibles causas de pérdida de granos, es importante verificar en la combinada los parámetros de operación descritos en la Tabla 5; adicionalmente, se debe verificar el estado mecánico y de funcionamiento de los diferentes componentes de la máquina cosechadora de granos.

## Recolección a granel

---

En la recolección a granel, utilizando el equipo adecuado o acondicionado, como la máquina cosechadora con tanque granelero, remolques graneleros, tractores adecuados, camiones o volquetas, además de una infraestructura física como planta de recibo y de secamiento relativamente cerca a la finca, o en último caso, bodegas de almacenamiento adaptadas para tal fin, hacen más ágil y eficiente el proceso de recolección mecánica de la soya y maíz. Sin embargo, para lograr un máximo de eficiencia, es necesario conocer la capacidad de almacenamiento del tanque granelero de la combinada, los tiempos de llenado y de descarga del tanque granelero de la cosechadora, la capacidad de los remolques graneleros, el tiempo empleado en recorrer el tractor con el remolque la distancias entre el lote - camión o tractomula - lote, el tiempo empleado en descargar el remolque granelero al camión, etc. Luego de conocer estos tiempos, es importante calcular la capacidad de los remolques graneleros y el número de estos; de lo contrario, una cantidad insuficiente de remolques, hará que la eficiencia de la máquina cosechadora a granel sea inclusive, menor que la eficiencia de la recolección en sacos. En muchas ocasiones se ha encontrado que la máquina cosechadora a granel permanece mucho tiempo parada en el lote con el tanque lleno de grano, debido al número insuficiente de remolques graneleros.

Una recolección eficiente de maíz y soya a granel significa una importante reducción en los costos de recolección hasta en un 40%, representada en menor mano de obra, eliminación de los sacos, menores pérdidas debido al estado de los sacos, menores pérdidas en el manipuleo de los sacos

durante el zorro, etc. Sin embargo, además del equipo adecuado de recolección a granel, es muy importante la planificación de la siembra, el manejo y adecuación de los lotes para mejorar al máximo la eficiencia en la recolección mecánica de maíz y soya.

## Comparación económica de cosecha mecánica de maíz con manejo de granos en sacos y a granel

---

### ***Cosecha mecánica de maíz con manejo de grano en sacos – Región Caribe***

Los datos de la evaluación se obtuvieron en el mes de septiembre de 2002 en un lote del C.I. Turipaná, a nivel del mar con humedad relativa aproximadamente del 90%, bajo las siguientes características tanto de operación como de cultivo y con ajuste previo de la máquina cosechadora para estas condiciones ambientales y de cultivo.

#### **Cosechadora**

Combinada o cosechadora Massey Ferguson 3640	
Número de líneas en el cabezote	3
Distancia entre líneas o surcos	0.75 m
Velocidad de operación en la prueba	3.8 km/h
Rendimiento bruto de la cosechadora	0.86 ha/h
Rendimiento neto de la cosechadora	0.47 ha/h
Eficiencia de recolección	55 %
Costo operación cosechadora(costos fijos + variables)	47 000 \$/h
Flujo de grano en la máquina	2353 kg/h
Área cosechada	2 ha
Tiempo para cosechar una hectárea	2.13h
Maíz	3041
Período vegetativo	120 días
Humedad del grano	21.5 %
Estado del cultivo	Erecto y sin malezas
Condiciones del terreno	Plano

#### **Estimación de las pérdidas**

Pérdida en el cabezote (mazorca + grano)	20 kg/ha
Pérdida en la trilla (grano en la tusa)	20.4 kg/ha
Pérdida de separación y limpieza	3.8 kg/ha
Pérdida de maíz debido al estado de sacos	15 kg/ha
Pérdida de maíz por transporte en zorros	12 kg/ha
<i>Pérdida total de maíz en la cosecha mecánica/sacos</i>	<i>71.2 kg/ha</i>
Rendimiento neto de maíz	5000 kg/ha
Rendimiento bruto de maíz	5071.2 kg/ha

### **Costos de la cosecha mecánica de maíz en sacos (sin considerar transporte a la planta)**

Costo de operación de la cosechadora (2.13 h a 47000 \$/h)	100110	\$/ha
Costo total de las pérdidas de maíz a razón de 400 \$/kg	28500	\$/ha
Costo de un cosedor a razón de 18000 \$/día	6000	\$/ha
Costo de un chorrero a razón de 18000 \$/día	6000	\$/ha
Costo de los zorreros a razón de 5000 \$/ton	25000	\$/ha
Costo de 60 sacos a \$ 1600 unidad (se usa 5 veces cada saco)	19200	\$/ha
Costo (fijos + variables) remolque y tractor viejo (a 20000 \$/h)	42600	\$/ha
Costo mano de obra para cargar el camión a razón de 5000 \$/ton	25000	\$/ha
<i>Costo total de la cosecha mecánica de maíz con manejo de granos en sacos</i>	252410	\$/ha

### **Cosecha mecánica de maíz con manejo de grano a granel - Región Caribe**

La evaluación se realizó igualmente el 9 de septiembre de 2002 en el mismo lote del C.I. Turipaná, a nivel del mar con humedad relativa del 90% aproximadamente, bajo las siguientes características tanto de operación como de cultivo y con ajuste previo de la máquina cosechadora para estas condiciones ambientales y de cultivo.

#### **Cosechadora**

Cosechadora Massey Ferguson 3640	Con picador esparcidor
Número de líneas en el cabezote	5
Distancia entre líneas o surcos	0.75 m
Estado general de la combinada	Muy bueno
Velocidad de operación en la prueba	4.2 km/h
Rendimiento bruto de la cosechadora	1.57 ha/h
Rendimiento neto de la cosechadora	0.95 ha/h
Eficiencia	60 %
Costo operación cosechadora (costos fijos + variables)	90000 \$/h
Flujo de grano en la máquina	4740 kg/h
Área cosechada	4 ha
Tiempo para cosechar una hectárea (h/ha)	1.06h
Maíz	3041
Período vegetativo	120 días
Humedad del grano	21.5 %
Estado del cultivo	Erecto y sin malezas
Condiciones del terreno	Plano

#### **Estimación de las pérdidas**

Pérdida en el cabezote (mazorca + grano)	12.5 kg/ha
Pérdida en la trilla (grano en la tusa)	7.0 kg/ha
Pérdida de separación y limpieza	1.6 kg/ha
<i>Pérdida total de maíz en la cosecha mecánica/granel</i>	21.1 kg/ha

Rendimiento neto de maíz	5000 kg/ha
Rendimiento bruto de maíz	5021.1 kg/ha

**Costos de la cosecha mecánica de maíz a granel (sin considerar transporte a la planta)**

Costo de operación de la cosechadora (1.06h a 90 000 \$/h)	95500	\$/ha
Costo total de las pérdidas de maíz a razón de 400 \$/kg	8500	\$/ha
Costo (fijos + variables) de dos remolques graneleros de 9 ton	18720	\$/ha
Costo (fijos + variables) de un tractor viejo de 100 hp (a 30000 \$/h)	30000	\$/ha
Costo total de la cosecha mecánica de maíz con manejo de granos a granel	152720	\$/ha

El ahorro total en la cosecha mecánica de granos con manejo a granel, comparado con el manejo de granos en sacos fue de 99680 \$/ha, que corresponde a una reducción en los costos de recolección mecánica del 39.5%, con respecto al manejo de granos en sacos. La baja eficiencia en la recolección mecánica con manejo a granel se debió al insuficiente número de remolques graneleros (sólo se utilizó uno) y además, a que este fue colocado fuera del lote, debiendo salir del lote la máquina cosechadora para vaciar el tanque y en algunos casos esperar a que retornara el remolque granelero para la descarga, incurriendo en pérdida de tiempo y consecuentemente en baja eficiencia.

**Cosecha mecánica de maíz con manejo de grano a granel en la Altillanura**

La evaluación se llevó a cabo en la Finca Santana del municipio de Puerto López, Meta, situada aproximadamente a 200 msnm, bajo las siguientes características tanto de operación como de cultivo y con previo ajuste de la máquina cosechadora para estas condiciones.

**Cosechadora**

Cosechadora Jonh Deere 1450	
Número de líneas en el cabezote	6
Distancia entre líneas o surcos	0.8 m
Estado general de la combinada	Muy bueno
Velocidad de operación en la prueba	4.3 km/h
Rendimiento bruto de la cosechadora	2.1 ha/h
Rendimiento neto de la cosechadora	1.1 ha/h
Eficiencia	50 %
Costo operación cosechadora (costos fijos + variables)	95000 \$/h
Flujo de grano en la máquina	4400 kg/h
Tiempo para cosechar una hectárea (h/ha)	0.91h
Maíz	Master
Período vegetativo	140 días
Humedad del grano	16 %
Estado del cultivo	Erecto y sin malezas
Condiciones del terreno	Plano

### Estimación de las pérdidas

Pérdida en el cabezote (mazorca + grano)	11.3 kg/ha
Pérdida en la trilla (grano en la tusa)	6.2 kg/ha
Pérdida de separación y limpieza	1.6 kg/ha
Pérdida total de maíz en la cosecha mecánica/granel	19.1 kg/ha
Rendimiento neto de maíz	4000 kg/ha
Rendimiento bruto de maíz	4019.1 kg/ha

### Costos de la cosecha mecánica de maíz a granel (sin considerar transporte a la planta)

Costo de operación de la cosechadora (0.91h a 95000 \$/h)	86450 \$/ha
Costo total de las pérdidas de maíz a razón de 400 \$/kg	7640 \$/ha
Costo (fijos + variables) de dos remolques graneleros de 6 ton	8000 \$/ha
Costo (fijos + variables) de un tractor viejo de 100 hp (a 30000 \$/h)	27300 \$/ha
Total costos de cosecha mecánica de maíz con manejo de granos a granel	129390 \$/ha

La baja eficiencia del sistema de recolección mecánica de maíz con manejo de granos a granel en esta finca de la Altillanura colombiana se debió igualmente al déficit de remolques graneleros y a la baja capacidad de estos, debiendo detenerse permanentemente la máquina cosechadora por algún tiempo una vez lleno el tanque mientras retornaba el tractor con el remolque granelero para el respectivo vaciado, incurriendo en pérdida de tiempo y por consiguiente en reducción de la eficiencia.



Figura 19. Manejo de granos a granel en las regiones Caribe (A) y Altillanura (B)

**Tabla 6.** Pérdidas, causas y soluciones en la cosecha de soya

PÉRDIDA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
Grano que cae al suelo frente a la combinada	Molinete mal ajustado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar la velocidad del molinete en función de la de avance.</li> <li>• Ajustar la posición frontal y vertical del molinete según las condiciones del cultivo.</li> </ul>
	Barra de corte en mal estado y desajustada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el estado de las cuchillas.</li> <li>• Ajustar la carrera de las cuchillas de corte.</li> <li>• Verificar tolerancia entre las cuchillas y las guardas.</li> </ul>
	Velocidad de avance alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la velocidad de avance de la combinada.</li> </ul>
	Cosecha muy madura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar a bajas velocidades y ajustar la velocidad del molinete.</li> <li>• De ser posible, trabajar en horas con baja temperatura ambiental.</li> </ul>
Pedazos de tallos que caen al frente de la barra de corte	Ajuste incorrecto del molinete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar la velocidad del molinete en función de la de avance.</li> <li>• Ajustar la posición horizontal y vertical del molinete en función del estado del cultivo.</li> <li>• Reducir la inclinación de los ganchos del molinete.</li> </ul>
	Espacio incorrecto entre el caracol y la canoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar el espacio correcto de acuerdo al cultivo.</li> <li>• Ajustar la lámina despojadora.</li> <li>• Ajustar correctamente los dedos retráctiles.</li> </ul>
Vainas remanentes en troncos de tallo	Mecanismos inadecuados en la plataforma de corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar plataforma de corte flexible para que el corte de los tallos sea lo más próximo al suelo.</li> <li>• Reducir la velocidad de avance de la combinada.</li> </ul>
Vainas sin trillar salen por la cola de la combinada	Alimentación no uniforme en el cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar el espacio entre las aletas del sinfín y el fondo de la canoa.</li> <li>• Ajustar el molinete a una altura adecuada, de tal forma que no se acumule material sobre la barra de corte.</li> <li>• Revisar la tensión y el estado de la cadena transportadora del acarreador.</li> </ul>
	Ajuste incorrecto de la separación cilindro-cóncavo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la separación entre el cilindro y el cóncavo.</li> <li>• Aumentar la velocidad del cilindro.</li> <li>• Verificar el estado del cilindro y del cóncavo, los alambres, etc.</li> </ul>
	Cultivo con humedad muy alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperar hasta obtener una humedad adecuada para la cosecha, con el mínimo de pérdidas.</li> </ul>
	Zarandas muy cerradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la apertura del zarandon o zaranda superior.</li> <li>• Aumentar la apertura de la extensión de la zaranda superior.</li> </ul>

continúa...

...sigue Tabla 6.

PÉRDIDA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
Grano suelto saliendo por la cola de la combinada	Ajuste incorrecto de la separación cilindro cóncavo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la separación entre el cilindro y el cóncavo.</li> <li>• Si hay demasiada sobretrilla (tamo muy picado), reducir la velocidad del cilindro de trilla o aumentar ligeramente la separación entre el cilindro y el cóncavo.</li> <li>• Verificar si las rejillas del cóncavo se encuentran tapadas</li> </ul>
	Ajuste incorrecto del sistema de limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar el caudal del aire sin causar pérdida de grano.</li> <li>• Verificar la abertura del zarandón.</li> <li>• En ocasiones, dar inclinación a las zarandas</li> </ul>
	Cultivo muy húmedo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la humedad del grano antes de la cosecha.</li> <li>• Esperar a que mediante la temperatura ambiente se facilite la separación del grano de la vaina.</li> </ul>
Grano partido en el tanque o en los sacos	Ajuste incorrecto de la separación cilindro cóncavo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar ligeramente la apertura entre el cilindro y el cóncavo.</li> <li>• Reducir la velocidad del cilindro.</li> </ul>
	Desgaste en los componentes del sistema de manejo de granos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el estado de las aletas de los sinfines de transporte de granos.</li> <li>• Revisar la tensión de los elevadores de grano.</li> <li>• Revisar el estado de los cangilones o zapatas de los elevadores.</li> </ul>
	Zaranda superior muy cerrada llevando a que mucho grano limpio retorne a la retrilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir ligeramente la apertura de las zarandas.</li> </ul>
Suciedad en el tanque de granos	Ajuste incorrecto del sistema de trilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar ligeramente la apertura entre el cilindro y el cóncavo.</li> <li>• Reducir la velocidad del cilindro</li> </ul>
	Ajuste incorrecto del sistema de limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar el caudal de aire y ajustar la dirección.</li> <li>• Cerrar ligeramente las zarandas.</li> </ul>

**Tabla 7.** Pérdidas, causas y soluciones en la cosecha de maíz

PÉRDIDA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
Pérdida de mazorcas en el cabezal	Las puntas juntadoras ajustadas a demasiada altura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar las puntas de manera que apenas toquen el suelo.</li> <li>• Al recolectar mazorcas bajas o caídas elevar la puntas delantera de las puntas juntadoras lo suficiente para operar el cabezal con los patines cerca al suelo.</li> </ul>
	Velocidad de avance demasiado rápida o demasiado lenta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad de avance debe ser adecuada a las condiciones de campo y del cultivo. Una excesiva velocidad hace que las mazorcas caigan delante de las puntas juntadoras; además, atropella el cultivo tumbando las cañas con las mazorcas.</li> <li>• Una velocidad muy lenta hace que las mazorcas se deslicen hacia delante fuera de la unidad. Por lo tanto, la velocidad de avance debe ser aquella en que las cadenas juntadoras guíen suavemente los tallos dentro de los rodillos despojadores.</li> </ul>
	No se está recolectando las hileras como fueron sembradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar el ancho de las líneas del cabezal de acuerdo a la separación entre surcos.</li> </ul>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

● Para esta investigación se encontró que la recolección mecánica de maíz con manejo de granos a granel, reduce los costos de recolección en un 40%, cuando es comparado con la recolección mecánica y manejo de granos en sacos, a pesar de la baja eficiencia de recolección mecánica de maíz con manejo de granos a granel (60%).

- La baja eficiencia (60%) en la recolección mecánica de maíz con manejo de granos a granel se debe a la poca infraestructura en cuanto a tamaño y número de remolques graneleros, además del tiempo que gasta la cosechadora en salir del lote a descargar, como se observa en la Figura 19. Por lo tanto, para aumentar la eficiencia de recolección es necesario calcular muy bien el número y la capacidad de los remolques graneleros en función de la capacidad de la tolva de la máquina cosechadora, de las condiciones de operación de la máquina, de las condiciones del cultivo, de la distancia del lote al sitio de descarga al camión; adicionalmente, la cosechadora debe descargar la tolva sin salir del lote, siempre y cuando las condiciones del suelo lo permitan. La baja eficiencia en la recolección en sacos estuvo influenciada por varadas de la máquina cosechadora.
- La pérdida de granos en la recolección mecánica de maíz con manejo de granos en sacos (máquina de 17 años) fue mayor que cuando se manejaron a granel, no sólo por el sistema de recolección, sino por la edad y estado mecánico de la máquina cosechadora que a veces no permite hacer los ajustes y calibraciones necesarias para reducir las pérdidas de granos en la recolección mecánica.
- Se debe propender por el aumento del área cosechada mecánicamente con manejo de grano a granel, si se tiene en cuenta que se reducen los costos de recolección y por lo tanto, también los de producción.
- Se debe fomentar igualmente por la modernización del parque de cosechadoras mecánicas de granos a granel, si se tiene en cuenta que este parque de máquinas presenta una edad promedio superior a los 12 años, considerados como la vida útil de este tipo de máquinas.
- Las máquinas cosechadoras de granos a granel deben estar equipadas con una infraestructura adecuada de transporte y recibo de granos (tractor, remolques graneleros, etc.), o de lo contrario, el sistema de recolección resultara más ineficiente que el sistema de cosecha con manejo de granos en sacos.
- Para optimizar el sistema de manejo de granos a granel se debe hacer una caracterización de los sistemas de recibo, secamiento y almacenamiento, y propender por su modernización considerando el recibo a granel.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ARISTIZÁBAL, D.; MURCIA, G. y CAICEDO, S. 1999. *Reducción de pérdidas en la recolección de cultivos anuales en los Llanos Orientales*. Plegable divulgativo, CORPOICA, No. 12, Villavicencio.
- CAICEDO, S.; ARISTIZÁBAL, D. y MURCIA, G. 1999. *La recolección a granel, una práctica eficiente y competitiva para los Llanos Orientales*. Plegable divulgativo, CORPOICA, No. 13, Villavicencio.
- CAMACHO, J. 2000. *Manejo y calibración de aspersoras terrestres*. Boletín técnico No. 3. Programas Nacionales de Maquinaria Agrícola y Transferencia de Tecnología. Corpoica - Villavicencio. Abril de 2000. 30 pág.
- CHAPARRO, J. M. 1989. *Curso de educación continuada, curso de extensión sobre combinadas*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- CHAPARRO, J. M. 2001. *Manual de funcionamiento y calibración de máquinas cosechadoras de granos*. Fenalce - Fondo parafiscal de importación de cereales.
- CIAT. 1981. *Unidades audiotutoriales. Factores que condicionan la eficacia de los herbicidas*. Guía de estudio. Serie 04SW-01.05. Segunda edición. Editorial XYZ Cali, Colombia. 20 p.
- CIBA - GEIGY. *Manual de la aplicación terrestre*. Santafé de Bogotá. Sin fecha.
- Diccionario Agrícola. Edición 1999 - 2000. Ediciones HC Agropecuaria. Bogotá.
- HENAO, A.; HERRERA, P. y CORREA, I. 1999. *Manual de preparación de suelos y mantenimiento de maquinaria, "con énfasis en labranza de conservación"*. CORPOICA. Regional Seis, Espinal Tolima, en edición.
- HERRERA, P. y CORREA, I. 1999. *Relación suelo labranza en el desarrollo del algodónero para suelos del valle cálido del alto Magdalena*. En: Memorias del primer encuentro de la cadena algodón textil confecciones. CI. Nataima. Espinal Tolima. Pág. 11-22.
- HUNT, D. 1986. *Maquinaria agrícola*. Editorial Limusa. México.
- ICA. *Calibración de aspersoras terrestres*. Programa Nacional de Fisiología Vegetal. Santafé de Bogotá. Boletín Técnico No. 6.
- JOHN DEERE TECHNICAL SERVICES. 1982. *Crop Chemicals - Fundamentals of machine operation (FMO)*. Illinois, USA. Pag. 113 - 156.
- JHON DEERE. 1973. *FMO. Fundamentos de operación de la máquina, recolección con cosechadora*.
- JHON DEERE. 1998. *Manual de operación de plataformas para maíz 203, 204, 205 y 206*. Manual técnico.
- JHON DEERE. 2001. *Manuales de operación de combinadas 1165, 1175, 1450 y 1550*. Manuales técnicos.
- MARTÍNEZ, A. 1990. *Consejos prácticos para una buena calibración de la cosechadora de granos*. Programa de maquinaria agrícola - Fenalce.
- MASSEY FERGUSON. 1992. *Manual de operación de las cosechadoras 1630, 3640 y 5650*. Manual técnico.
- TEEJET. 1998. *Manual de productos para la agricultura y horticultura*. Catálogo 46m-E. Illinois.
- VICOM. *Manual de instrucciones de la aspersora modelo LS 400/600*. Sin fecha.
- WORTHING, C. R. y HANCE, R. J. 1991. *The pesticide manual*. British Crop Protection Council. Novena edición. Gran Bretaña.

Terminó de imprimirse en el mes de  
junio de 2004 en los talleres de



[www.produmedios.com](http://www.produmedios.com)

Tel.: 288 5338

Bogotá, DC - Colombia