21908 1
2 ej.
BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA
13 ABR 2007

Libertad y Orden
República de Colombia
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

COLCIENCIAS
COLOMBIA

Administración de maquinaria agrícola para el manejo sostenible de los suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena

*Gilberto Alonso Murcia Contreras**
*Juan José Rivera Varón***
*Natalia Pinzón Rodríguez****

Boletín técnico

Espinal - Tolima, septiembre de 2006

* *Ingeniero Agrícola. Ph.D. Investigador Maquinaria Agrícola, C.I. Nataima.*
** *Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Investigador, C.I. Nataima.*
*** *Administradora de Empresas Agropecuarias. Joven Investigadora Colciencias 2006.*

ISBN 978-958-8311-35-7
Código Único Interno: 15

© 2007, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología
"Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA
Centro de Investigación Nataima. Km 9, vía Espinal - Ibagué.
Teléfono: (2) 288 9022 - 288 9098. Fax: 288 9899
www.corpoica.org.co

EDICIÓN: CORPOICA 2006

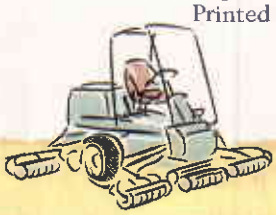
CONCEPTO Y DISEÑO GRÁFICO: Martha Enciso/markita

TIRAJE: 2.500 ejemplares

PRODUCCIÓN EDITORIAL

produmedios
www.produmedios.com
Tel.: 288 5338 Bogotá, D.C. - Colombia

Impreso en Colombia
Printed in Colombia



PRESENTACIÓN

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, *entrega a los agricultores, ganaderos, asistentes técnicos y al sector académico, el boletín técnico "Administración de maquinaria agrícola para el manejo sostenible de los suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena", como una herramienta de consulta, guía y orientación para incrementar la productividad y sostenibilidad de los sistemas productivos en los suelos que requieran el uso de máquinas e implementos y se constituyan en factor de agregación de valor a los productos y procesos de la actividad agropecuaria en armonía con la naturaleza.*

Se ofrece en forma secuencial los elementos necesarios para que las decisiones de producción apoyadas por la máquina se aborden en la perspectiva ser humano – máquina – sistema productivo suelo – naturaleza, estableciendo la coherencia y compatibilidad entre la protección que se debe dar a los recursos naturales y la innovación en procesos agrícolas, que mejoren la calidad de los sistemas productivos en beneficio de todos los actores de las cadenas productivas involucradas.

CONTENIDO

PÁG.

Introducción 7

Administración de maquinaria agrícola 9

Selección de maquinaria agrícola 10

Costos de operación de la maquinaria agrícola 15
Generalidades 15
Tipos de costos 15

Manejo administrativo de la maquinaria agrícola 20

Preparación de suelos 22
Descripción de los implementos 22
Evaluación de las propiedades del suelo 24

Sembradoras 26

Aplicación de agroquímicos con aspersoras 31
Selección del sistema de aspersión 32
Manejo y operación de aspersoras de tractor 34
Factores ambientales 36
Calibración de equipos de aspersión 38

Recolección mecánica de granos 45
Introducción 45
Funciones de la combinada 45
Componentes de la combinada y flujo del material 46
Parametros de operación de la combinada 49
Pérdidas durante la cosecha 51
Recolección a granel 61

Bibliografía 63

Anexos 67

INTRODUCCIÓN

El productor agrícola colombiano en sus dificultades económicas, necesita reducir sus costos de producción con el fin de tornarse competitivo en la actividad agrícola. Dentro de los componentes a mejorar en el sistema de producción, a fin de lograr el objetivo, se tiene el uso eficiente de las máquinas e implementos agrícolas con que se dispone, y en caso de ser necesario, se debe plantear la renovación parcial o total de éstas, según su nivel de obsolescencia. Sin embargo, la rentabilidad del sector agrícola limita drásticamente la renovación, ya sea parcial, del equipo agrícola.

El costo del uso de la maquinaria agrícola es uno de los rubros más importantes dentro de los costos totales de producción, los cuales pueden oscilar entre el 15% y 20 % en los cultivos de maíz, sorgo, soya, arroz y algodón, llegando a alcanzar mayor participación cuando la maquinaria es muy vieja. Por ende, uno de los argumentos empleados para la renovación de maquinaria agrícola es el incremento en los costos operativos de la maquinaria basada en tecnologías obsoletas, ya que los costos tanto de reparación como de mantenimiento se incrementan con los años de uso. Esto, no sólo incide en los costos de producción, sino que además afecta los rendimientos generales por la disponibilidad de las máquinas para actividades inaplazables como la siembra, aplicaciones, etc.

ADMINISTRACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

La administración de la maquinaria agrícola consiste básicamente en la determinación y comparación de los costos y el valor de los trabajos realizados, acompañada con el estudio de las decisiones derivadas de aquellas operaciones, con el fin de lograr el máximo beneficio. El rendimiento de una empresa agropecuaria depende tanto de las buenas técnicas que el productor sepa introducir, como también de la organización con la cual ejecute los trabajos necesarios, para hacer producir el campo en forma óptima. Se trata principalmente de la eficiencia con que se ejecuten los trabajos de campo. Esta eficiencia se refiere a: la calidad de los trabajos realizados, la ejecución de los trabajos a tiempo y a menor costo.

El adecuado manejo de las operaciones de campo es un arte en sí mismo y constituye, en realidad, la habilidad del productor empresario para lograr el máximo rendimiento de los esfuerzos disponibles. En la organización el productor parte de dos elementos básicos, es decir, de los trabajos que se van a realizar y del tiempo disponible para llevarlos a cabo.

Por otra parte, Hunt (1986) afirma que el manejo óptimo de la maquinaria agrícola se logra cuando el rendimiento económico de todo el sistema de máquinas sólo es lucrativo cuando puede agregar valor a los productos y procesos superior al costo de operación del sistema. El buen manejo de la maquinaria requiere que las operaciones individuales en un sistema de máquinas deban ajustarse y combinarse de tal manera que su rendimiento total reditúe las máximas ganancias a la empresa agrícola.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Selección

SELECCIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

El objetivo de la selección es determinar con precisión el tamaño y capacidad de los equipos requeridos para satisfacer las necesidades, con el fin de mejorar el sistema de producción. El proceso de selección resulta más complejo para las condiciones del trópico, debido a las variaciones en los factores de clima y suelo, como la precipitación, la distribución de lluvias y la topografía entre otros. Para Camacho (1981), otro factor que hace importante el proceso de selección es el elevado costo de los equipos y las labores de mecanización, pues, un error en la selección de la maquinaria le ocasionaría grandes pérdidas a un agricultor o a la empresa. La selección de la maquinaria es un problema a resolver ya que implica otros factores, tales como tipo de cosecha, rotación de cultivos, prácticas culturales e incluso la propia gestión y administración de ésta. La selección es para la maquinaria lo que la planificación es para la empresa: debe determinarse que máquinas se van a necesitar y cuántas se requerirán, según Ortiz (1989).

La evolución tecnológica es prácticamente permanente y tenemos que mantenernos dispuestos para tomar en cuenta cuáles de estos progresos podemos incorporar en nuestro sistema de producción. Debemos formarnos un criterio que nos permita seleccionar el grado de aprovechamiento de las nuevas tecnologías, así como también cuáles serán las consecuencias en la empresa.

De cualquier manera, en la incorporación de máquinas e implementos agrícolas con nuevas tecnologías, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Información de las características técnicas de las máquinas e implementos agrícolas.
- Disponibilidad en el país.
- Rentabilidad.
- Precio de compra.
- Servicio y asistencia postventa.
- Alternativas de rotación de cultivos.
- Superficie a establecer.

Por la incidencia en los costos de producción, el tractor que es el responsable en gran parte de las tareas mecanizadas en la finca, se torna muy importante. Al respecto, se debe analizar cuidadosamente si las características de la máquina se adaptan tanto a la topografía de los suelos como a los sistemas de producción. Como criterio general de selección por parte de los agricultores en todo el mundo, se tienen los siguientes:

- Confiabilidad.
- Consumo de combustible.
- Adaptación a las necesidades.
- Costo de adquisición.
- Responsabilidad del fabricante y de la casa comercial.
- Tradición de la marca.
- Costo de los repuestos.

Potencia: En el caso específico de toda máquina motorizada, se debe conocer su potencia y la capacidad de trabajo; esto es, cuando un agricultor está comprando un tractor, está pagando por su potencia y rendimiento. Los motores modernos tienen como característica general una elevada reserva de par, esto significa que son capaces de entregar mayor fuerza a partir de una reducción pequeña del régimen de funcionamiento, esto ocasiona que sean capaces de mantener una potencia cercana a la máxima durante un amplio rango de régimen. El alto par de arranque también permite que se produzcan inicios de trabajo sin esfuerzos en el tractor. También se ha producido una reducción en la emisión de gases contaminantes, ya que todas las marcas deben adecuarse a las severas reglamentaciones que se encuentran vigentes tanto en Europa como en Norte América. Tampoco se han descuidado los aspectos asociados al confort como al nivel de vibraciones y de ruido.

Relación peso potencia: Otro factor importante a tener en cuenta en la selección del tractor es la relación peso potencia, la cual se obtiene dividiendo el peso total máximo por la potencia. De acuerdo con esta relación, los tractores pueden ser clasificados en livianos y pesados. Los livianos son aquellos con relaciones entre 25 y 35 kg/hp y pesado los que se encuentran entre 45 y 65 kg/hp. Si por limitaciones en el tipo de trabajo, se requiere una actividad a baja velocidad de avance del tractor, para conservar la capacidad de trabajo, es necesario aumentar el ancho de trabajo y por ende, el nivel de tracción; en este caso, es muy importante contar con tractores que permitan el agregado de lastre para que los convierta en pesados. Si por el contrario, se requiere una actividad donde la velocidad no es limitante, se podrá conseguir capacidad de trabajo aumentando la velocidad; en estos casos, tractores de menor relación peso potencia serán ideales al

compactar menos el suelo y consumir menos combustible al requerir menos energía para desplazarse.

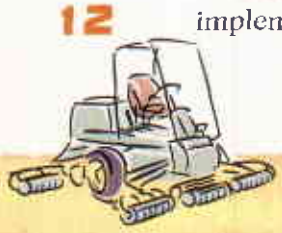
Consumo de combustible: Lo más importante es tener siempre en cuenta, que si la labor a realizar es la misma y el tiempo para efectuarla similar, el tractor que consuma la menor cantidad de combustible es el más eficiente. No obstante, la eficiencia no depende únicamente del diseño del motor, caja y transmisión del tractor, sino en gran parte de la forma como se acople y use el implemento o equipo. Por ende, para conseguir una reducción del consumo de combustible en el tractor, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: un adecuado mantenimiento tanto preventivo como correctivo del tractor; una armonización del conjunto tractor implemento en cuanto a la regulación y ajuste; adecuado contacto rueda suelo, y finalmente, correcto uso de las marchas y régimen del motor.

Mantenimiento: En cuanto al mantenimiento, no hay nada mejor que consultar el manual de la máquina para seguir las recomendaciones. De no hacerlo, se pagará muy caro en cuanto a costos operativos como en la pérdida de tiempo en campo por posibles averías de la máquina; esto es, perder unas horas de trabajo en el campo significa dilapidar la oportunidad de labrar o sembrar el suelo.

Normalmente, los fabricantes diseñan el equipo agrícola para dar mantenimiento eficaz y sencillo a ciertas partes críticas. Recomiendan intervalos de mantenimiento que, si se siguen, se asegurará una larga vida del mecanismo. El administrador o responsable de la maquinaria no sólo espera proporcionar el mantenimiento adecuado, sino evitar un sobre mantenimiento costoso. La prevención del deterioro o *mantenimiento preventivo*, es el principio directriz que está detrás de muchas actividades de mantenimiento, según Hunt (1986). Dentro del mantenimiento preventivo se deben considerar los siguientes aspectos: manejo de pedidos de repuestos y sus solicitudes; administrar y controlar el personal del taller; registrar y reportar los costos de equipo y talleres y registrar y reportar los historiales de los equipos.

La mejor manera de tener bajo control las anteriores consideraciones, es por medio de algunos instrumentos muy útiles como son: la orden de trabajo; registro y control del tiempo; registro y control de costo y registro y control de historiales. Si se utilizan correctamente las herramientas se obtendrá como resultado, una serie de información confiable que permitirá tomar decisiones acertadas.

Conjunto tractor – Implemento: La armonía del conjunto tractor implemento define la eficiencia con la cual se trabajará en campo.



Equipos de gran tamaño sobrecargan al tractor y en muchos casos no se pueden realizar las labores a la velocidad deseada; por otro lado, equipos muy pequeños exigen muy poco al tractor. Ambos casos son bien conocidos en el campo pero no se tiene la real aplicación de la dimensión económica del problema. Adicionalmente, en la armonización del conjunto también influye el modo y forma de enganche de las máquinas e implementos al tractor. Para equipos acoplados a la barra de tiro que demanden altos niveles de tracción, la altura y longitud de la barra de tiro pueden hacer variar la transferencia de peso que se produce e incidir en el patinamiento de las llantas; en tal sentido, para tractores de transmisión sencilla, es aconsejable maximizar la transferencia de peso ubicando la barra de tiro lo más alta y larga posible.

Contacto rueda suelo: Los neumáticos agrícolas deben cumplir una serie de funciones provocando mínimo impacto sobre el suelo, como soportar el peso de la máquina, brindar suspensión, transmitir la fuerza de propulsión, frenado y conducción. La interacción neumático con el suelo es un fenómeno físico muy complejo en el que deben ser consideradas variables como el tipo de construcción, dimensiones, presión de inflado, lastre, tipo de banda de rodamiento y finalmente, de las características de los suelos y su estado en el momento de la actividad agrícola.

La energía demandada por la rodadura de la llanta se debe a la resistencia que opone el suelo al desplazamiento del tractor y variará en función del tipo y tamaño del neumático, del peso del tractor y de las condiciones del suelo. Esta pérdida se traduce en menor capacidad de tiro en la barra. De este modo, el trabajo con un tractor grande o lastrado para realizar labores livianas, demandará un mayor consumo de combustible y compactación del suelo.

Las pérdidas por patinamiento se presentan por el giro en falso de la llanta motora sobre el suelo, produciendo una disminución de la velocidad de avance en función del peso del tractor, del diseño y estado de los neumáticos y de las condiciones del suelo. Las pérdidas por patinamiento y rodadura se contraponen, ya que por ejemplo, un aumento en el lastrado disminuirá las pérdidas por patinamiento pero al mismo tiempo se incrementará la rodadura; por lo tanto, se debe llegar a una situación intermedia donde las pérdidas totales sean mínimas. Por lo tanto, para minimizar las pérdidas por patinamiento se deben aumentar las pesas del tractor, reemplazar los neumáticos desgastados y armonizar el tractor con el implemento. Para minimizar las pérdidas por rodadura se debe quitar las contrapesas, aumentar el área de contacto de las llantas con el suelo (flotación) y aumentar el diámetro de las llantas.

Capacidad requerida: Cuando se ha establecido la planeación de las actividades a realizar con los respectivos cálculos de tiempo, es decir, la cantidad de días disponibles, se puede obtener la capacidad requerida para realizar cada tipo de trabajo a su debido tiempo, según Berlijn (1987). La capacidad requerida es igual a la cantidad de trabajo en hectáreas dividido por el tiempo disponible en horas, la cual sirve como información básica para la debida selección de la maquinaria agrícola y como resultado de esto, la ejecución eficiente de los trabajos de la empresa.

Capacidad efectiva de la máquina: Así como es necesario conocer la capacidad que se requiere tenga una máquina, para realizar determinado trabajo, también es necesario que un administrador conozca la capacidad de las diferentes máquinas que ofrece el mercado. Según la Revista Nueva Agricultura Tropical (1980), la capacidad efectiva es la rata a la cual se ejecuta un trabajo sobre un área o una cantidad de producto, tomando como base el tiempo total de la operación. La capacidad efectiva de una máquina agrícola está en función del ancho de trabajo y de la velocidad de desplazamiento y de la eficiencia de trabajo.

COSTOS DE OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

Generalidades

Uno de los aspectos críticos de la administración en el sector agropecuario son las decisiones que pueden afectar la rentabilidad de la empresa. Los costos juegan un papel importante en el proceso de toma de decisiones, cuando se asignan valores cuantitativos a las alternativas. La administración cuenta con índices para evaluar cuál es la opción más conveniente desde el punto de vista económico, según Álvarez (2004).

El funcionamiento de la maquinaría agrícola y su manejo está basado generalmente en el cálculo de los costos de los diversos equipos o componentes; sin embargo, el cálculo de estos datos no es tan sencillo como se hace en la industria, si se tiene en cuenta que en este sector se dan una serie de condiciones que no existen en la agricultura, tales como:

- La maquinaria trabajada en condiciones fijas: lugar fijo, número de horas fijo y actividad fija. Es decir, una máquina que convierte un trozo de hierro en un tornillo de tipo determinado no hace otra cosa y esto lo hace siempre en iguales condiciones y durante un número fijo de horas al año.
- La máquina, al trabajar, transforma una materia prima en un producto determinado; la unidad de materia prima y la unidad de producto que la máquina fabrica tiene un valor o precio de mercado establecido.
- Los estudios sobre el funcionamiento de la máquina y el cálculo de sus costos están hechos por un equipo de especialistas de la fábrica, dedicados exclusivamente a esa actividad, según el Ministerio de Agricultura de España (1980).

Tipos de costos

Costos fijos: Son aquellos en que se incurre al adquirir la propiedad de una máquina, independiente del empleo que de ella se haga, ellos

comprenden: la depreciación, los intereses sobre el dinero invertido, impuestos, seguros y los gastos de proteger la máquina contra la intemperie. La vida física, también llamada vida de servicio se termina cuando una máquina no se puede reparar debido a una falla en una parte irremplazable o irreparable.

Depreciación: Corresponde a la pérdida del valor que experimenta la máquina y los equipos en el tiempo, como consecuencia de la reducción de su capacidad de trabajo producida por el uso. El valor de la máquina desciende debido a:

- Las partes de la máquina se llegan a desgastar con el uso y no pueden funcionar con tanta efectividad como antes. Estas partes son los mecanismos económicamente irreparables de una máquina.
- Los gastos para operar la máquina con su rendimiento original se incrementan conforme necesite más potencia, mano de obra y costos de reparación. Las reparaciones y los ajustes pueden renovar la máquina, pero a una tasa de costos incrementada.
- Una máquina nueva es más práctica o eficiente. Cuando esto no sucede, se dice que la máquina existente es obsoleta; sin embargo, ésta podría ser funcionalmente adecuada para continuar operando, pero debido a la nueva tecnología, resultaría costoso.
- El tamaño de la empresa agrícola cambia y la capacidad de la maquinaria existente no es apropiada para la nueva situación.

Por su parte la FAO, citada por Mendoza (1975), presenta en la Tabla 1 la vida útil de algunas máquinas e implementos agrícolas.

La depreciación de una máquina o implemento agrícola está dada por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{(Vi - Vf)}{Vu}$$

Donde: D: Depreciación.
Vi: Valor inicial de compra.
Vf: Valor final (normalmente se trabaja con el 10 % del valor inicial de compra, $0.1Vi$).
Vu: Vida útil (horas o años).

Intereses al capital: Corresponde al costo de financiamiento de la inversión en capital inmovilizado, el cual depende del valor del bien en cada período y de la tasa de interés anual del mercado financiero

Tabla 1. Vida útil de algunas máquinas e implementos agrícolas.

Máquina	Años que tarda en volverse anticuada	Horas de trabajo para quedar inutilizable	Horas de trabajo/año
Tractores de ruedas	10	10.000	1.000
Combinadas autopropulsadas	10	12.000	1.200
Cultivadoras	12	2.500	208
Cosechadoras de forraje	10	2.000	200
Arados	15	2.500	167
Rastrillo de disco	15	2.500	167
Guadañadoras	12	2.000	167
Aspersoras	10	1.200	120
Sembradoras	15	1.200	80
Equipo para fertilizar	15	1.200	80

Fuente: Agricultural engineers yearbook FAO – El empleo multipredial de la maquinaria agrícola.

para préstamos, la cual se estima bajo condiciones normales según la siguiente expresión:

$$I = \frac{[(Vi + Vf) \times Ti]}{(2 \times Vu)}$$

Donde: *I*: Intereses.
Vi: Valor inicial de compra.
Vf: Valor final (normalmente se trabaja con el 10 % del valor inicial de compra, 0.1*Vi*).
Ti: Tasa de interés del mercado.
Vu: Vida útil (horas o años).

Almacenamiento: El costo del almacenamiento se deriva de la necesidad de disponer, mantener y amortizar la instalación destinada a este efecto. Al considerar una construcción cerrada dedicada al almacenamiento de la maquinaria agrícola, la vida de ésta será de 20 años, la cual producirá un costo de almacenamiento anual de la maquinaria entre 0.5% a 1% de su precio inicial de compra.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

$$A = \frac{(0.5 \times Vi)}{(100 \times Vu)}$$

Donde: *A*: Almacenamiento.
Vi: Valor inicial de compra.
Vu: Vida útil (horas o años).

Seguro: A pesar de ser un costo fijo, este ítem puede presentar variaciones del tiempo dependiendo de la valorización y condiciones de la máquina en cada período, como del riesgo implícito en el trabajo de cada campo específico. Para efectos de este ejercicio se estimó un costo equivalente a un 5% del valor medio del bien de capital. Valor aproximado de la prima de seguro anual que pagaría un agricultor para cubrir los riesgos de pérdida por siniestro de su maquinaria y equipos.

$$S = 5\% \left[\frac{(Vi + Vf)}{(2 \times Ta)} \right]$$

Donde: *S*: Seguro.
Vi: Valor inicial de compra.
Vf: Valor final (normalmente se trabaja con el 10 % del valor inicial de compra, 0.1*Vi*).
Ta: Número de horas trabajadas en el año.

Costos variables o de funcionamiento: Corresponde a los gastos que se producen únicamente cuando la máquina está en uso, como por ejemplo reparaciones, combustibles, lubricantes y mano de obra, según Mendoza (1975).

Reparación y mantenimiento: Este gasto se refiere al incurrido con el objetivo de conservar, reemplazar, reparar piezas y partes de las máquinas y de los equipos que se desgastan por el uso, para mantenerlos en condiciones adecuadas de funcionamiento. Para su cálculo se reemplaza la siguiente fórmula:

$$RyM = \frac{(Vi + Vf)}{Vu}$$

Donde: *RyM*: Costo de reparación y mantenimiento.
Vi: Valor inicial de compra.
Vf: Valor final (normalmente se trabaja con el 10 % del valor inicial de compra, 0.1*Vi*).
Vu: Vida útil (horas o años).

Combustible: En el caso específico de los tractores agrícolas equipados con motor diesel, el consumo de combustible ACPM por hora de trabajo, está en función de la labor realizada, variando aproximadamente entre 0.1 a 0.15 litros por cada hp del motor del tractor. De este modo, el costo de combustible se obtiene a partir de la multiplicación de estos parámetros por el precio del combustible.

$$Ce = \left[\frac{(0.13 \times hp_{motor})}{3.785}\right] \times Costogalón\ ACPM$$

Donde: *Ce*: Costo del consumo de combustible.
hp: Potencia en el motor del tractor.

Lubricantes: Para este caso específico, el costo de los lubricantes se asume como el 12% del costo de combustible.

$$Lub = 0.12 * Ce$$

Mano de obra: En este rubro se contabiliza el costo de las horas de mano de obra necesarias para la realización de una determinada labor o trabajo, como por ejemplo, el jornal correspondiente al operario del tractor. Considerando el sueldo mensual y las prestaciones legales, el valor de una hora de trabajo está dado por la siguiente expresión:

$$J = \frac{[(S + P) \times 12]}{1000^{hr/año}}$$

Donde: *J*: Jornal.
S: Sueldo mensual del operario.
P: Prestaciones legales.

Imprevistos: Considerando que existen gastos imponderables o situaciones no consideradas en los ítems descritos anteriormente, se estima un costo adicional correspondiente al 5% de la suma de los demás costos variables.

MANEJO ADMINISTRATIVO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

La administración de la maquinaria agrícola consiste básicamente en la determinación y comparación de los costos con el valor de los trabajos realizados, acompañado con el estudio de las decisiones derivadas de aquellas operaciones con el fin de lograr el máximo beneficio. Dentro de la administración de la maquinaria agrícola existen aspectos de vital importancia que se deben tener en cuenta, como por ejemplo, la planeación de las actividades, la organización, el control; por lo tanto, se requiere de información veraz y oportuna que permita tomar decisiones adecuadas. Para esto, es necesario llevar algunos registros, o un sistema de normas y procedimientos para el control y uso de las máquinas e implementos agrícolas. Es básicamente, un instrumento que tiene como meta la labor de administrar los diferentes componentes del banco de maquinaria; para esto, se requiere una serie de herramientas administrativas que permitan capturar, controlar y analizar el funcionamiento y uso de los equipos, en las tareas en que estos intervienen. A través de los siguientes formularios, planillas y procedimientos se registran los datos de funcionamiento de los equipos, los cuales son de mucha utilidad para lograr un buen manejo de este importante recurso.

Hoja de especificaciones técnicas: Cada máquina o implemento agrícola debe tener una hoja de registro general, la cual permite tener un historial y seguimiento del trabajo, además de ayudar al cálculo de los costos de operación de la máquina o implemento agrícola. Debe tener datos simples como la marca, el modelo, potencia, y en general, las especificaciones técnicas que ofrece el fabricante o la casa comercial. Posteriormente se debe ir anexando a esta hoja todos los soportes de reparaciones, mantenimiento, recibos de consumo de combustible, de tal manera que se convierta en una hoja de vida con el historial de cada máquina.

Calendario de uso de la maquinaria: Para la planificación del uso de la maquinaria, es necesario visualizar los períodos del año en que estará ocupada en el campo y así mismo, el tiempo que estará disponible para el mantenimiento y revisión, permitiendo tener la máquina lista con suficiente tiempo previo a los trabajos de campo.

Hoja de programación de trabajo de la maquinaria: Tiene como fin contribuir a una planeación adecuada para el control de los servicios solicitados y así evitar congestión en las diferentes actividades.

Orden de trabajo: Es un instrumento que autoriza la realización de un trabajo o la prestación de un servicio de maquinaria agrícola.

Informe diario de trabajo: Debe contener un registro de salida de la máquina con la fecha y hora, nombre de la finca, la labor a realizar, tipo de implemento utilizado, el nivel de combustible, etc. Una segunda parte de este informe se llena cuando regrese la máquina, registrando la hora de llegada, las horas trabajadas, el nivel del combustible, número de hectáreas trabajadas, observaciones si se presentan irregularidades en el estado de la máquina y la firma del responsable. Esto permite llevar un consolidado de consumo de combustible, horas trabajadas, etc.

Consolidado de gastos de combustible mensual/máquina: Es necesario realizar un consolidado para saber tanto el consumo como los requerimientos mensuales de combustible por máquina. El formato debe contener la descripción del combustible que utiliza, la cantidad, valor unitario, etc. Para evitar acumulación de información, es recomendable registrar la información al finalizar el día y uno por cada máquina.

Registro de revisión y mantenimiento realizado: Nos permite mejorar el proceso de prestación de servicios de la maquinaria de una manera más eficiente, permitiendo además la planeación del mantenimiento preventivo, según recomendaciones del fabricante.

Consolidado de trabajo mes/máquina: Se obtiene a partir de los datos registrados en el informe de trabajo diario, ayudándonos a determinar la condición real de trabajo de cada máquina (eficiencia).

Ficha de registro del agricultor arrendador: Este registro corresponde a una pequeña ficha que pretende almacenar en un archivo los datos personales de los agricultores que soliciten el servicio de maquinaria.

Factura de alquiler de maquinaria o de prestación del servicio: Este es un documento tal como una factura de tipo comercial, que tiene como objetivo llevar un control de la cantidad de dinero recibido por dicho concepto, además le sirve al agricultor como un soporte de los gastos de producción.

Contrato de prestación del servicio: Este es un documento necesario para la prestación de servicios de maquinaria agrícola, el cual es realizado entre las partes, esto es la administración del banco de maquinaria agrícola y el agricultor, y en él se definen algunos compromisos.

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 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 para un sistema de rotación 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. No obstante, el efecto de inversión de suelo es la exposición tanto a la pérdida de humedad como a la erosión, por ende, no es muy recomendado su uso.

Figura 1. A. Arado de cincel vibratorio.

Figura 1. B. Arado de cincel rígido.

Figura 1. C. Arado de discos.

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 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 afecta la estructura del suelo. Por lo tanto, el conocimiento de las siguientes propiedades físicas de los suelos, permite distinguir la importancia y 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 con 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 almacenar en la zona de raíces de un cultivo una determinada lámina de agua.

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 a 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.

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 lo menor posible para una mejor uniformidad en la distribución de la semilla; capacidad de la sembradora adecuada 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 conserve 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 alrededor de 5 cm. En el caso de soya, la profundidad de siembra generalmente se ubica 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 la sembradora ha sido adaptada presentando diferencia de peso en cada una de las 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 en los discos, provocando mayor exposición 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 recomendables 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 la 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.

La buena siembra se define como aquella donde la diferencia entre la cantidad de plantas posibles de obtener y las emergidas, es mínima, la distancia entre ellas es uniforme y el tiempo transcurrido para emerger es el mínimo para el conjunto de la población. Para lograrlo, se debe verificar el siguiente ajuste, según Gargicevich (2004):

- Adecuar el mecanismo dosificador a las características de la semilla. En sembradoras con distribuidores mecánicos (sistemas monovalentes), elegir el plato más adecuado verificando en forma estática el completo llenado de las perforaciones con semillas. Optar por aquellos platos con perforaciones de un tamaño que permita alojar con algún grado de libertad las semillas. Evitar platos con perforaciones muy grandes (alguna perforación aloja dos semillas),

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Figura 2. Sembradora de grano grueso - siembra directa.

o muy pequeñas (alguna perforación impide el paso de las mismas). En el caso de sembradoras con distribuidores neumáticos, elegida la placa adecuada, posicionados los enrasadores y regulada la presión de succión recomendada por el fabricante, con la turbina en marcha y el equipo en posición estática y elevado, verificar visualmente que todas las cribas se carguen con una sola semilla al hacer girar la rueda de mando de los distribuidores.

- Siguiendo las indicaciones del fabricante de la sembradora para la calibración (tablas de regulación), combinar la selección de engranajes (piñones), o el cambio (en el caso de las sembradoras con cajas de velocidades), que mejor corresponda para obtener la densidad de siembra recomendada para el material a sembrar.
- Bajo la premisa del paso 1 y a manera de prueba, hacer avanzar la sembradora una distancia suficiente, superior a la necesaria para lograr la velocidad seleccionada de avance, además de cargar el sistema de dosificación. Posteriormente, en cada línea de siembra y con la ayuda de una bolsa plástica colocada en cada una de las salidas del tubo de descarga de la semilla, sobre una distancia de operación de la sembradora conocida, contar o pesar las semillas asociándolas a la distancia o área recorrida, según se trate de grano grueso o fino, respectivamente.
- Si el valor de la población obtenido no es el deseado, se deberá modificar la relación de transmisión del tren que acciona los dosificadores, o el cambio seleccionado, teniendo especial cuidado

para los sistemas mecánicos, de observar el efecto de la modificación sobre la población, dado que existe una "relación dinámica" durante la carga de los platos establecida entre la desuniformidad en las dimensiones de las semillas y el tamaño de los orificios de los platos. Recordemos que un aumento de la velocidad de giro del plato puede implicar defectos de llenados, generando fallas de siembra por ausencia de semillas, especialmente cuando éstas son muy desuniformes en sus dimensiones.

Antes de comenzar cualquier tipo de trabajo de calibración o manejo de una máquina o implemento agrícola, es imprescindible leer detenidamente el manual de instrucciones de la máquina, asegurando su interpretación. Se recomienda muy especialmente prestar atención a las advertencias y normas de mantenimiento y seguridad de operación del equipo. Durante la calibración del equipo de siembra, se deben controlar los siguientes aspectos:

- Que la presión de inflado de los neumáticos sea uniforme y la recomendada por el fabricante.
- La sembradora debe estar nivelada longitudinalmente.
- La presión del sistema de carga sobre los abresurcos debe ser la adecuada.
- La presión del sistema de carga de las ruedas compactadoras y las tapadoras debe ser igualmente la adecuada.
- Que la unidad sembradora articule en sentido vertical.
- Que las ruedas limitadoras de profundidad se apoyen firmemente sobre el suelo.
- Que la unidad dosificadora (plato horizontal o inclinado, de banda, neumáticas, etc.) sea adecuada para el tipo de semilla que se utilizará.
- Que todas las unidades dosificadoras, especialmente los platos sean iguales para cada una de las líneas de siembra.
- La selección de engranajes (piñones) del tren debe ser acorde con la densidad de siembra.
- Las partes de los sistemas dosificadores deben estar correctamente montados.
- Durante la marcha, la rueda motriz que mueve el sistema de dosificación (especialmente en siembra directa), debe estar en firme contacto con el suelo.
- Las revoluciones por minuto de la toma de fuerza del tractor cuando ésta acciona la turbina en sembradoras neumáticas, debe ser la recomendada por el fabricante.
- Debe coincidir el corte de los discos delanteros con los discos abresurcos (especialmente en siembra directa).

- La profundidad del disco de corte debe ser igual o ligeramente superior a la de los discos abresurcos (especialmente en siembra directa).
- Que no existan rastrojos enterrados en la línea de siembra (especialmente en siembra directa).
- Que la velocidad de avance del equipo coincida con la establecida como óptima para lograr la densidad y distribución programada para esa situación de trabajo.
- Que avanzando a la velocidad adecuada de trabajo, las semillas queden depositadas a la profundidad preestablecida y en zona de suelo húmedo.
- Que la semilla quede en íntimo contacto con el suelo.
- Que la línea donde se aplica fertilizante en posición lateral, no se superponga con la de siembra.
- Que la dosis de fertilizante no sea mayor a la programada cuando éste se aplica en la misma línea de siembra.
- Que la cantidad y distribución de semillas por metro lineal de surco sea la programada.
- Que la línea referencial del marcador de la sembradora asegure la equidistancia de los surcos entre diferentes pases de la máquina.

Aplicación

APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS CON ASPERSORAS[1]

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, falta del equipo y 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 de nuevas tecnologías de aplicación de pesticidas. Conceptos como la calidad y cantidad de agua de aplicación, tipo de boquilla a emplear, 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). En ocasiones, esta ineficiencia se traslada a la calidad o cantidad del producto, sin realizar un análisis previo de los diferentes componentes y etapas que conforman esta labor, implicando un aumento en los costos de producción.

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

[1] *Tomado y adaptado de Camacho Jesús. Manejo y calibración de aspersoras terrestres.*

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

aplicación adecuada garantiza mejor protección al cultivo; mayor control de malezas, de insectos o de enfermedades; 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 deben 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.

Selección del sistema de aspersión

Para establecer cuál es el sistema de aspersión más adecuado a las necesidades, se deben 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 3 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.

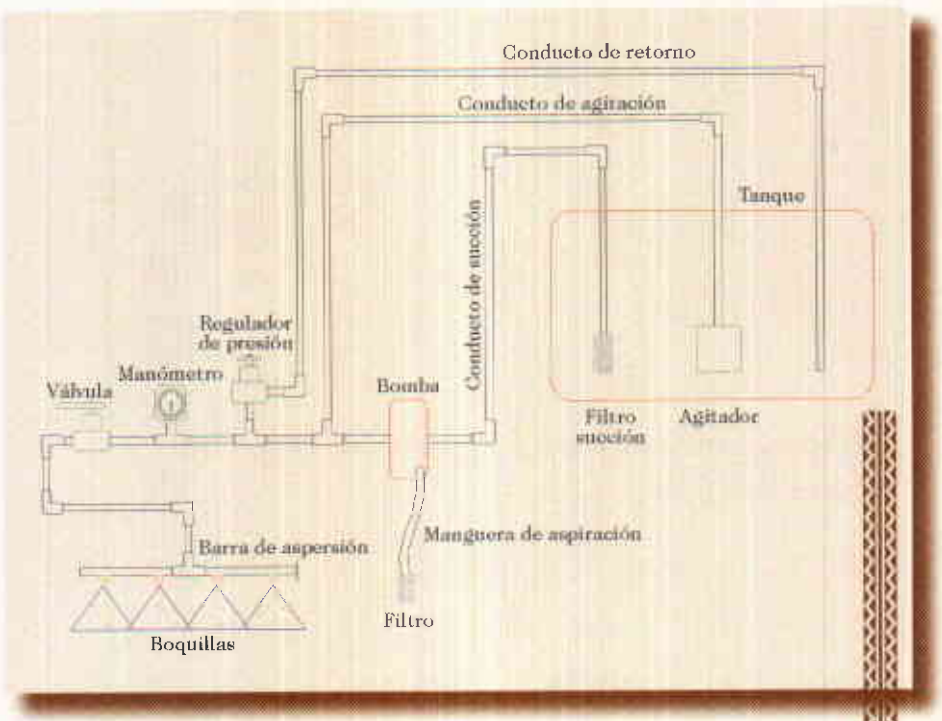


Figura 3. Componentes de una aspersora de tractor.

Aspersora manual: Equipos adecuados para áreas pequeñas, de difícil acceso a terrenos con pendientes altas. En la Figura 4 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 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 ésta 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.

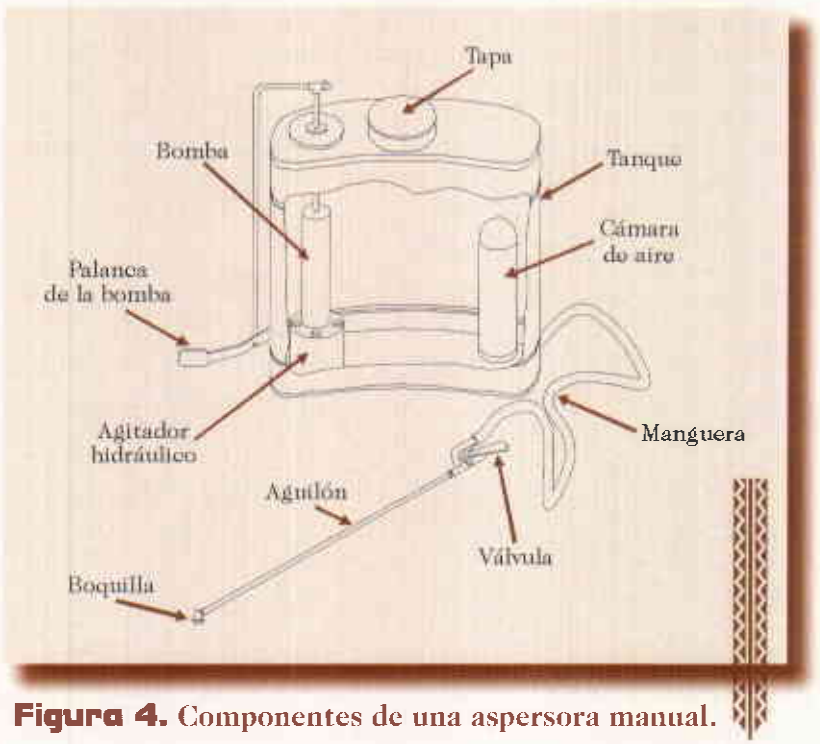


Figura 4. Componentes de una aspersora manual.

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 con 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.

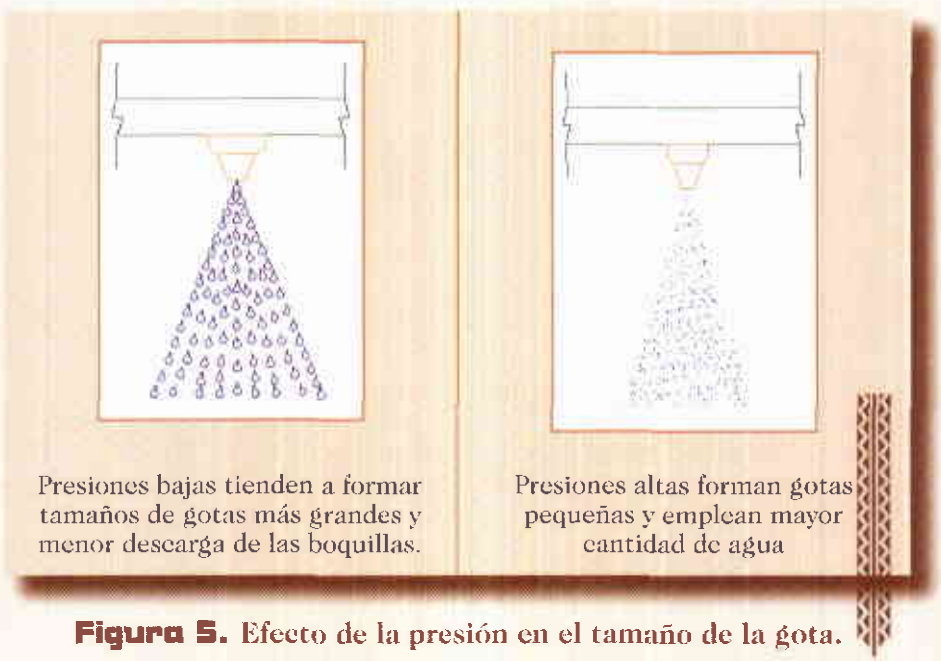


Figura 5. Efecto de la presión en el tamaño de la gota.

Volumen de aplicación. Se regula de acuerdo con el tipo de boquilla, a la velocidad de operación en campo y a 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

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

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 las 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) y con las características asociadas a la aplicación de agroquímicos corrosivos o a la presencia de sólidos en la mezcla a aplicar.

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

Tabla 2. Tipos de boquillas más comunes.

Tipo de boquilla	Características
Abanico	• Para superficies planas y limpias. • Adecuadas para aplicación en bandas (surcos o entresurcos). • Presión recomendada de pulverización: 1.5 - 3 bar (22 – 44 psi).
Cono hueco	• Adecuada para aplicación dirigidas al follaje del cultivo, para el control de insectos aéreos o de hongos en el cultivo. • Presión recomendada de pulverización: 3 - 4 bar (44 – 59 psi).
Cono sólido	• Trabajo con presiones altas y gotas pequeñas, son las más indicadas para el manejo de hongos en el follaje. • Utilizadas par el control de plagas en árboles, presentes en el follaje. • Adecuada para tratamientos localizados, mediante aplicación manual. • Presión recomendada de pulverización: 3 - 5.5 bar (44 – 81 psi).
Cortina o de impacto	• Para trabajo con baja presión y gotas gruesas. • Menor problema por taponamiento del orificio. • Comúnmente usada para aplicación de herbicidas, en suelos sin cultivo. • También son usadas para aplicación de nematicidas, insecticidas sistémicos y herbicidas en la base de árboles. • Presión recomendada: 2 - 3 bar (29 – 44 psi).

en suspensión provenientes de canales o acequias, pues éstas 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.

Temperatura: Temperaturas mayores a 35 °C pueden producir toxicidad del producto al cultivo, sobre todo en postemergentes; no obstante, para estas condiciones se puede reducir las dosis. Sin embargo, con altas temperaturas ambientales 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 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 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.
- Calcular el flujo de las boquillas. Se debe poner en funcionamiento la aspersora con sólo agua. 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 deben 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 (*At*), 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 (*Vo*), 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: $At = 12$ *metros*.
- Volumen del tanque: $V = 600$ *litros*.
- Dosis de los productos: $D1 = 3$ *L/ha* y $D2 = 2.5$ *kg/ha*.
- Velocidad de operación: $Vo = 7.5$ *km/h* (7500 *m/h*) (comprobada previamente en campo).

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

Capacidad de campo teórica:

$$Cc = At * Vo \quad \text{(Ancho de trabajo * Velocidad de operación)}$$

En este ejemplo se tiene:

$$Cc = 12\ m * 7500\ m/h = 90000\ m^2/h = Cc = 9\ ha/h$$

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:

$$Q = \frac{906\ mL}{min} * \frac{60\ min}{1\ h} * \frac{1\ L}{1000\ mL} = 54{,}36\ L/h$$

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

$$Qa = Q * No.boquillas$$

$$Qa = \frac{54{,}36\ L}{h} * 24\ boquillas$$

$$Qa = 1304{,}64\ L/h$$

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:

$$Cq = \frac{Caudal\ aspersora\ (Qa)}{Capacidad\ de\ campo\ (Cc)}$$

$$Cq = \frac{1304{,}64\ L/h}{9\ ha/h} = 144{,}96\ L/ha$$

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:

$$Ac = \frac{Volumen\ tanque\ (V)}{Cantidad\ a\ aplicar\ (Cq)} = \frac{600\ L/tanque}{144{,}96\ L/ha}$$

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

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:

$$Cp = Área\ cubierta\ (Ac)\ *\ Dosis\ producto\ (D)$$

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

$$Cp_1 = 4{,}14\ ha/tanque\ *\ 3\ L/ha = 12{,}42\ L/tanque$$

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

$$Cp_1 = 4{,}14\ ha/tanque\ *\ 2{,}5\ kg/ha = 10{,}35\ kg/tanque$$

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 seguir 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 qué 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: $At = 12\ m$.
- Volumen del tanque: $V = 500\ L$.
- Dosis de los productos: $D = 3.5\ L/ha$.

De acuerdo con lo descrito en el procedimiento, se realizan las pruebas descritas con cinco repeticiones, en una distancia (*Dis*) 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 (*Cq*) en litros por hectárea, se obtiene de la siguiente fórmula:

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

$$Cq = \frac{15{,}1 * 10.000}{12 * 100} = 125{,}83\ L/ha$$

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

Área cubierta:

$$Ac = \frac{Volumen\ tanque\ (V)}{Cantidad\ a\ aplicar\ (Cq)} = \frac{500\ L/tanque}{123{,}83\ L/ha}$$

$$Ac = 3{,}97\ ha/tanque$$

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

Cantidad del producto:

$$Cp = Área\ cubierta\ (Ac)\ *\ Dosis\ producto\ (D)$$

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

$$Cp_1 = 3{,}97\ ha/tanque\ *\ 3{,}5\ L/ha = 13{,}90\ L/tanque$$

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 aguilones se ajusta entre 40 y 60 cm dependiendo del tipo de boquilla, de la altura de las plantas, de las condiciones climáticas y del producto a distribuir. El aguilón debe estar paralelo al suelo.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Limpieza 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 un lavado con agua y jabón de todo el equipo y con vinagre cuando se utilice productos organoclorados, limpiar las mangueras y boquillas. Al final de la temporada es necesario preparar la aspersora para el almacenamiento, siendo necesaria 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.

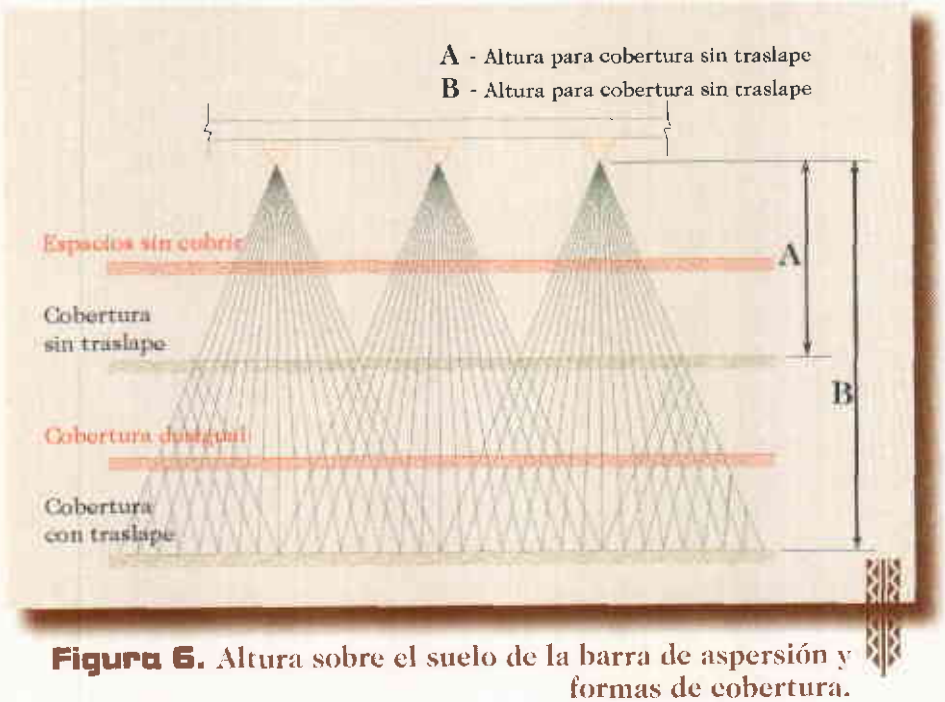


Figura 6. Altura sobre el suelo de la barra de aspersión y formas de cobertura.

Recolección

RECOLECCIÓN MECÁNICA DE GRANOS

Introducción

El 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; 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, 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, 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 máquina cosechadora está equipada con un sistema de corte y alimentación como el de la Figura 7, 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 cortados 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, proporcionándoles 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 de corte y alimentación (plataforma de corte y acarreador) 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 despojadores 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 que con la ayuda del movimiento rotativo tanto del *cilindro* de trilla como del *agitado o batidor* en la parte posterior del *cilindro*, se entregan los residuos con mínima cantidad de granos, al sistema de separación de la combinada. Para la mayoría de los granos se recomienda el uso de cilindro y cóncavo de barras, a excepción del arroz que se debe usar cilindro y cóncavo de dientes.

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 cola 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*, por medio de un sinfín de dispersión que permite llenar homogéneamente el *tanque de granos* (23). El grano se entrega al remolque granelero a través de un *sinfín de descarga* (20).

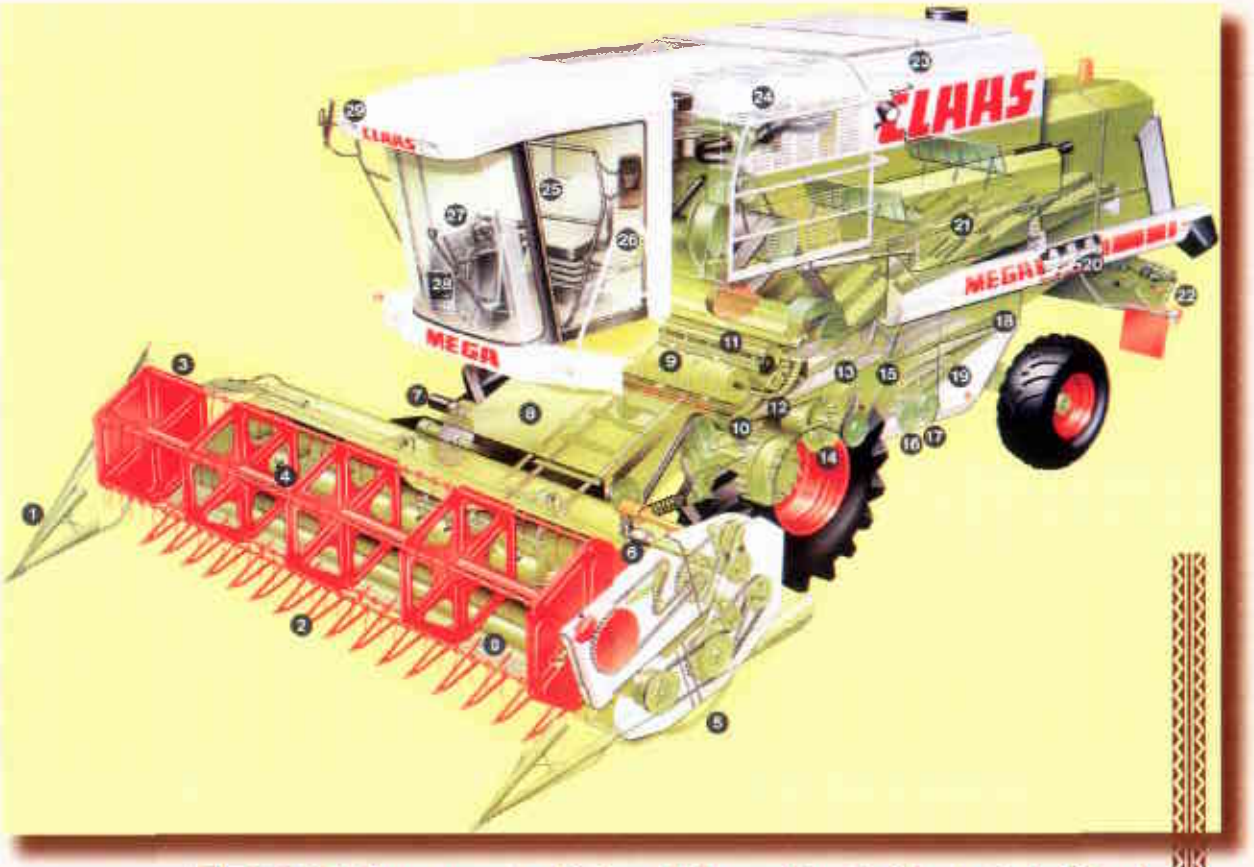


Figura 7. Componentes básicos de la combinada (Cortesía de Claas).

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 en la cual, 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 '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.

En la recolección mecánica, la velocidad de avance de la combinada no debe exceder la capacidad de la máquina, especialmente del sistema de separación de la mazorca de la caña 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, si se pretende minimizar las pérdidas de grano en esta unidad, las 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.

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 sistema de cilindro y cóncavo de barras, la separación cilindro–cóncavo debe ser el doble a la entrada que a la salida, para facilitar el desprendimiento de los granos por fricción. 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 o 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 en la parte posterior de la combinada. En el caso específico de la cosecha mecánica de la soya, se recomienda la velocidad del cilindro de trilla entre 910 a 1.200 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, mientras que en recolección de arroz se recomienda entre 700 a 1.050 rpm, dependiendo en todos los casos del material, condiciones tanto de humedad del grano como ambientales.

En el sistema de cilindro y cóncavo de dientes rígidos, estos trituran y rasgan el material en lugar de friccionarlo como lo hace el diseño

de barras. A medida que gira el cilindro, sus dientes pasan entre los dientes estacionarios del cóncavo, lo que causa la acción trilladora por impacto. La unidad de cilindro y cóncavo de dientes rígidos es más agresiva que la de barras; por lo tanto, recibirá y digerirá un volumen mayor de material. Es por esta razón que la recolección mecánica de arroz se debe hacer con cosechadoras equipadas con el cilindro y cóncavo de dientes rígidos.

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. Estos pueden ser de fondo abierto o de fondo cerrado.

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%.

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 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 la mayoría de granos 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. Éstas 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 arroz y soya

Pérdidas naturales (PN): Como fue descrito anteriormente, éstas se presentan por factores ajenos al uso de la máquina 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^2 de área (1 × 1 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:

$$PN = 10.000\ A\ (kg/ha)$$

Pérdidas de cosecha mecánica de arroz y 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 (W_1), mientras que el ancho de la cola de la combinada por donde sale el tamo lo denominaremos (W_2). 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^2 de área (1 × 1 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:

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

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, mientras que para arroz el cilindro y cóncavo de dientes rígidos; 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 del ancho de trabajo de la plataforma de corte W_1. Para ello, se recogen las espigas y pedazos de espiga en un área de 1 × W_2 m^2, pero que proviene de un área original de 1 × W_1 m^2, sin importar cuál es el ancho de la cola de la combinada. Para el efecto, se toman 4 muestras

de espigas y pedazos de espiga, se desgranan y se pesan. El promedio de ese peso en kilogramos, se denomina "*C*" y las *PT* se calculan así:

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

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; 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 W_1. Para ello, se recogen los granos sueltos en el piso en la misma área de $1 \times W_2$ m^2, pero que provienen de un área original de $1 \times W_1$ 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 restadas del total de granos recogidos, lo cual se puede hacer mediante la siguiente fórmula:

$$PSL = 10.000 \left[\frac{D}{W_1} - B \right] (kg/ha)$$

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 con 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.

Tabla 3. Pérdidas, causas y soluciones en la cosecha de arroz y soya.

PÉRDIDA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
Grano que cae al suelo frente a la combinada	Molinete mal ajustado	• Ajustar la velocidad del molinete en función de la de avance. • Ajustar la posición frontal y vertical del molinete según las condiciones del cultivo.
	Barra de corte en mal estado y desajustada	• Verificar el estado de las cuchillas. • Ajustar la carrera de las cuchillas de corte. • Verificar tolerancia entre las cuchillas y las guardas.
	Velocidad de avance alto	• Reducir la velocidad de avance de la combinada.
	Cosecha muy madura	• Trabajar a bajas velocidades y ajustar la velocidad del molinete. • De ser posible, trabajar en horas con baja temperatura ambiental.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

PÉRDIDA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
Pedazos de tallos que caen al frente de la barra de corte	Ajuste incorrecto del molinete	• Ajustar la velocidad del molinete en función de la de avance. • Ajustar la posición horizontal y vertical del molinete en función del estado del cultivo. • Reducir la inclinación de los ganchos del molinete.
	Espacio incorrecto entre el caracol y la canoa	• Ajustar el espacio correcto de acuerdo con el cultivo. • Ajustar la lámina despojadora. • Ajustar correctamente los dedos retráctiles.
Vainas remanentes en troncos de tallo	Mecanismos inadecuados en la plataforma de corte	• Utilizar plataforma de corte flexible para que el corte de los tallos. sea lo más próximo al suelo. • Reducir la velocidad de avance de la combinada.
Vainas sin trillar salen por la cola de la combinada	Alimentación no uniforme en el cilindro	• Ajustar el espacio entre las aletas del sinfín y el fondo de la canoa. • Ajustar el molinete a una altura adecuada, de tal forma que no se acumule material sobre la barra de corte. • Revisar la tensión y el estado de la cadena transportadora del acarreador.
	Ajuste incorrecto de la separación cilindro-cóncavo	• Reducir la separación entre el cilindro y el cóncavo. • Aumentar la velocidad del cilindro. • Verificar el estado del cilindro y del cóncavo, los alambres, etc.
	Cultivo con humedad muy alta	• Esperar hasta obtener una humedad adecuada para la cosecha, con el mínimo de pérdidas.
	Zarandas muy cerradas	• Aumentar la apertura del zarandón o zaranda superior. • Aumentar la apertura de la extensión de la zaranda superior.
Grano suelto saliendo por la cola de la combinada	Ajuste incorrecto de la separación cilindro cóncavo	• Reducir la separación entre el cilindro y el cóncavo.

PÉRDIDA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
Grano suelto saliendo por la cola de la combinada	Ajuste incorrecto de la separación cilindro cóncavo	• 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. • Verificar si las rejillas del cóncavo se encuentran tapadas.
	Ajuste incorrecto del sistema de limpieza	• Aumentar el caudal del aire sin causar pérdida de grano. • Verificar la abertura del zarandón. • En ocasiones, dar inclinación a las zarandas.
	Cultivo muy húmedo	• Verificar la humedad del grano antes de la cosecha. • Esperar a que mediante la temperatura ambiente se facilite la separación del grano de la vaina.
Grano partido en el tanque o en los sacos	Ajuste incorrecto de la separación cilindro cóncavo	• Aumentar ligeramente la apertura entre el cilindro y el cóncavo. • Reducir la velocidad del cilindro.
	Desgaste en los componentes del sistema de manejo de granos	• Revisar el estado de las aletas de los sinfines de transporte de granos. • Revisar la tensión de los elevadores de grano. • Revisar el estado de los cangilones o zapatas de los elevadores.
	Zaranda superior muy cerrada llevando a que mucho grano limpio retorne a la retrilla	• Abrir ligeramente la apertura de las zarandas.
Suciedad en el tanque de granos	Ajuste incorrecto del sistema de trilla	• Aumentar ligeramente la apertura entre el cilindro y el cóncavo. • Reducir la velocidad del cilindro.
	Ajuste incorrecto del sistema de limpieza	• Aumentar el caudal de aire y ajustar la dirección. • Cerrar ligeramente las zarandas.

Pérdidas de precosecha o naturales: El procedimiento para determinar estas pérdidas es el siguiente: en un área de 40 m^2 (10 m × 4 m) donde aun no ha pasado la máquina cosechadora, se recogen las mazorcas caídas al piso, se desgranan 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:

$$PN = 250\ GN\ (kg/ha)$$

Tabla 4. 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	• Ajustar las puntas de manera que apenas toquen el suelo.
		• Al recolectar mazorcas bajas o caídas elevar la puntas delanteras de las puntas juntadoras lo suficiente para operar el cabezal con los patines cerca al suelo.
	Velocidad de avance demasiado rápida o demasiado lenta	• 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.
		• 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.
	No se está recolectando las hileras como fueron sembradas	• Ajustar el ancho de las líneas del cabezal de acuerdo con la separación entre surcos.

Pérdidas en el cabezote para maíz (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 m² (10 m × 4 m), se recogen todas las mazorcas que cayeron al suelo y que por algún motivo no entraron a la combinada, se desgranan 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.

$$PM = 250\ MC\ (kg/ha)$$

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 m² (1 m × 1 m), se recogen los granos sueltos y pedazos de mazorca con granos, se desgranan 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:

$$PG = 10.000\ GC\ (kg/ha)$$

Por lo tanto, las pérdidas totales en el cabezote para maíz (*PC*), es igual a la suma de las pérdidas individuales correspondientes a mazorcas y grano suelto, esto es:

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

Pérdidas en la trilla (PT): Para la determinación de las pérdidas en la trilla y en las unidades de limpieza y separación se trabaja sobre el material que sale por la parte trasera de la combinada, entendiendo que éste proviene de todo el ancho de la máquina. Para efecto de estos cálculos, el ancho del cabezal para maíz lo denominaremos W_1 y el ancho de la cola W_2. 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 1 × W_2 m², 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:

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

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

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, $1 \times W_2$ m², 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:

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

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 y arroz, 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.

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

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. 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 por el tractor con el remolque en recorrer 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 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 zorreo, 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 granos.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, C. A. 2004. *Administración de maquinaria agrícola*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Unibiblos, Bogotá.

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.

BERLIJN, D. J. 1987. *Organización de operaciones agropecuarias*. Área Administración Rural. Editorial Trillas, México.

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 divulgativo No 3. 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.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

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.

FAO. 1994. *Principios de prácticas de pruebas y evaluación de maquinaria y equipos agrícolas*. Boletín de Servicios Agrícolas No. 110. Roma.

GARGICEVICH, A. 2004. *Sembradoras para maíz. Tres herramientas para mejorar la calidad de siembra*. www.elsitioagricola.com

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 algodonero 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.

IGAC. 1990. *Propiedades físicas de los suelos*. Subdirección Agroecológica. Bogotá, 813 pág.

JHON DEERE. 1973. *FMO. Fundamentos de operación de la máquina, recolección con cosechadora*.

JOHN DEERE TECHNICAL SERVICES. 1982. *FMO Crop Chemicals – Fundamentals of machine operation*. Illinois, USA. 1982. Pag. 113 – 156.

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.

MENDOZA, R. 1975. *Temas de orientación agropecuaria. Costos del uso de la maquinaria agrícola*. Federación Nacional de Arroceros, Fedearroz. Noviembre 1975. Págs. 162 – 169.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1980. *Diez temas sobre maquinaria y mecanización*. Madrid, España

MURCIA, G. 2004. *Evaluación y calibración de algunas máquinas e implementos usados en la mecanización del sistema maíz – soya*. Corpoica. 56 pg.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

ORTIZ, J. C. 1989. *Técnicas de mecanización agraria*. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.

REVISTA NUEVA AGRICULTURA TROPICAL. 1980. Volumen XXXII. No. 2. Febrero.

TEEJET. 1988 *Manual de productos para la agricultura y horticultura*. Catálogo 46m-E. Illinois.

TEEJET. 2000. *Productos para aspersión TeeJet*. Guía del comprador 2001-E. Illinois 30 pg.

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.

ANEXOS

PÁG.

Anexo 1.
Hoja de especificaciones técnicas de tractores. 69

Anexo 2.
Hoja de especificaciones técnicas de implementos. 70

Anexo 3.
Calendario agrícola. 71

Anexo 4.
Calendario de uso de la maquinaria agrícola. 72

Anexo 5.
Informe diario de trabajo por máquina. 73

Anexo 6.
Consolidado mensual de gastos de combustible por máquina. 74

Anexo 7.
Registro y control de mantenimiento preventivo. 75

Anexo 1. Hoja de especificaciones técnicas de tractores.

Corpoica

Tipo de máquina	
Marca y modelo	
Serie	
Origen	
Número interno de placa	
Fecha de adquisición	
Precio de compra	
Distribuidor	

Mantenimiento			
Sistema	Frecuencia hr	Cantidad	Tipo
Motor (filtros aceites)			
Caja y transmisión			
Doble transmisión			
Sistema hidráulico			
Dirección hidráulica			
Combustible			

ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Motor	Marca	
	Modelo	
	Cilindros	
	Cilindraje cc	
	Potencia motor (hp)	
	RPM	
	Sistema electrico	
	Sistema de refrigeración	

Transmisión	Tracción	
	Velocidades adelante	
	Velocidades atrás	

Otras especificaciones	Capacidad de tiro	
	Capacidad de levante	
	Dirección	
	Sistema hidraulico	3 brazos
	Categoria sistema hidráulico	
	Frenos	
	Toma de fuerza	

Llantas neumáticos	Delanteros	
	Traseros	

Características	Largo	
	Ancho	
	Alto	
	Peso	

OTRAS OBSERVACIONES

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Anexo 2. Hoja de especificaciones técnicas de implementos.

Corpoica

Tipo de máquina/implemento	
Marca y modelo	
Serie	
Origen	
Número interno de placa	
Fecha de adquisición	
Precio de compra	
Distribuidor	

Mantenimiento			
Sistema	Frecuencia	Cantidad	Tipo

ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Número de líneas/discos	
Separación entre líneas mm	
Neumáticos	
Potencia requerida hp	
Ancho útil	
Capacidad depósito semilla	
Capacidad depósito fertilizante	

Disco de corte mm	
Velocidad operación	
Peso	
Ancho total	
Largo	
Alto	

OTRAS OBSERVACIONES

_____

_____

_____

_____

Anexo 3. Calendario agrícola.

Corpoica

Actividad	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
Preparación de suelos - Algodón												
Preparación de suelos - Maíz												
Preparación de suelos - Sorgo												
Preparación de suelos - Arroz												
Preparación de suelos - Yuca												
Siembra - Algodón												
Siembra - Maíz												
Siembra - Sorgo												
Cosecha - Algodón												
Cosecha - Maíz												
Cosecha - Sorgo												
Cosecha - Arroz												
Cosecha - Yuca												
Renovación - Praderas												
Labores culturales - Cultivos												

Observaciones

Anexo 4. Calendario de uso de la maquinaria agrícola.

Corpoica

Máquina/implemento	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic

Observaciones

Anexo 5. Informe diario de trabajo por máquina.

Corpoica

Fecha_____

Máquina	Hora salida	Medidor combustible	Solicitud combustible	Responsable	Hora llegada	Medidor combustible	Finca	Labores	Responsable	Horas trabajada	Consumo ACPM
							Área_____				
							Área_____				
							Área_____				
							Área_____				
							Área_____				
							Área_____				
							Área_____				
							Área_____				
							Área_____				

Observaciones_____

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Anexo 6. Consolidado mensual de gastos de combustible por máquina.

Mes_____ Del_____ Al_____
Máquina_____

Corpoica

Día	Descripción	Cantidad	Valor unitario $	Subtotal $	Total $	Observaciones
1	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
2	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
3	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
4	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
5	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
6	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
7	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
8	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
9	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
10	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
11	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
12	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
13	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
14	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
15	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					
16	ACPM_____ Aceite_____ Otros_____					

Observaciones_____

Anexo 7. Registro y control de mantenimiento preventivo.

Máquina_____
Marca_____
Fecha_____

Corpoica

Horas vienen ____

Horas pasan

TOTAL HORAS DE TRABAJO DIARIO																														
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
hr/día																															
Acumulado																															
Mantenimiento																															
- Motor																															
- Caja y transmisión																															
- Hidráulico																															

Mantenimiento

Sistema	Frecuencia hr	Cantidad	Tipo
Motor			
Aceite			
Filtro aceite			
Caja			
Transmisión			
Doble transmisión			
Dirección hidráulica			
Sistema hidráulico			