

El mercado ofrece a día de hoy una sembradora adaptada a cada tipo de suelo y cultivo

Especificaciones técnicas de la maquinaria para siembra convencional y directa

Actualmente, hay en el mercado muchas marcas y modelos de sembradoras que posibilitan la adaptación a cualquier característica de cultivo y explotación. Son equipos muy evolucionados con prestaciones y calidad notables, en los que el control electrónico aparece como una de las principales tendencias.

Por tanto, en la selección de la máquina hay que tener en cuenta, además de los condicionantes generales relativos a la zona y explotación, que esta mayor tecnificación debe venir acompañada de una paralela simplificación de su manejo y regulación para que las mejoras no queden anuladas por un uso deficiente.

Gregorio L. Blanco Roldán y Jesús A. Gil Ribes

Dpto. Ingeniería Rural. ETSI Agrónomos y Montes.
Universidad de Córdoba.

El éxito de un cultivo se debe, en gran parte, a que la siembra se realice de forma adecuada, para lo cual las máquinas sembradoras tienen que conseguir una correcta colocación y distribución de las semillas en el suelo.

En las siembras de otoño-invierno, el factor más limitante es la disponibilidad de días útiles para efectuar la operación, por lo que

es habitual sembrar lo antes posible, siendo necesario aumentar la capacidad de trabajo, utilizando máquinas con más anchura de trabajo y a mayor velocidad.

También se tiende a recurrir a la combinación de operaciones, como el abonado y la siembra, pudiendo incluir también las operaciones previas de preparación del lecho de siembra (laboreo secundario y primario) (foto 1).

Todo esto, junto con la implantación progresiva de técnicas de agricultura de conservación y agricultura de precisión, hace que se produzca un aumento de los precios de las máquinas, paralelo al aumento de prestacio-

nes y capacidades, lo que está llevando a que la siembra deba ser asumida, en muchos casos, por empresas de servicios o agrupaciones de agricultores.

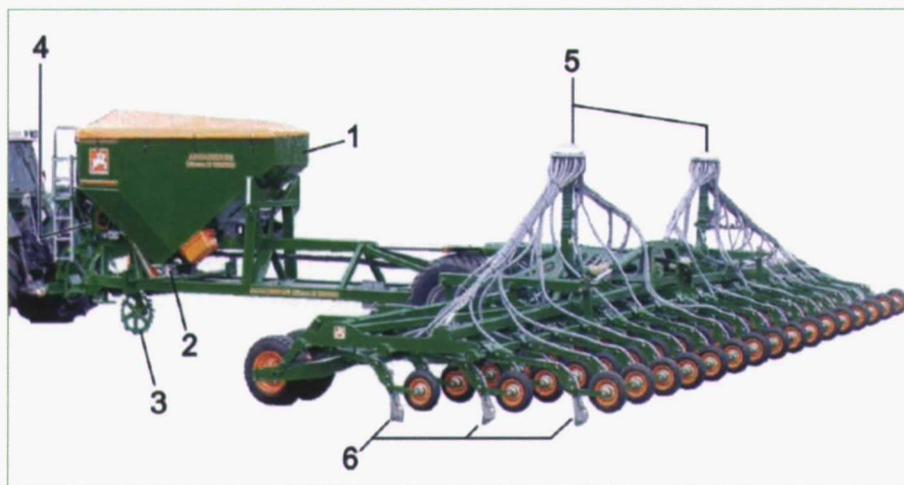
Sembradoras en línea

Las sembradoras a chorrillo o en línea se caracterizan por disponer de una tolva general para todas las líneas de siembra y un sistema de distribución mecánico, de cilindro acanalado o de rueda dentada, adaptable a diferentes tamaños de semilla y regulable para variar la dosis. El transporte de las semillas desde el dosificador hasta el suelo pue-



FIGURA 1.

Elementos de una sembradora con transporte neumático.



(1) tolva, (2) dosificador, (3) rueda de accionamiento, (4) soplador, (5) cabezas distribuidoras y (6) rejas.

de realizarse por gravedad o mediante asistencia neumática.

La primera función de la sembradora es realizar la apertura del surco, lo cual depende de las condiciones del suelo y del cultivo, disponiendo, para tal efecto, de juegos intercambiables de diversos tipos de botas de siembra.

En las sembradoras mecánicas, más tradicionales y económicas, la tolva es de anchura igual a la de trabajo (foto 2). Están diseñadas para explotaciones de tamaño medio o pequeño, donde el número de horas de trabajo anual no es elevado. Permiten la adaptación, con gran perfección, a muchos tipos de semillas.

Las sembradoras con transporte neumático pueden ser de multidistribución, con tol-

va general similar a las anteriores y un dosificador por cada línea o grupo de líneas, o de distribución centralizada, con tolva de forma trapezoidal o troncocónica, dosificador central y divisor-repartidor (figura 1). En todos los casos, las máquinas que incorporan sistemas neumáticos son más avanzadas técnicamente, permitiendo mayor precisión de la labor, mayor anchura de trabajo y trabajar mejor en pendientes (ascendentes, descendentes y laterales).

Las de tolva centralizada son las más representativas y cuentan con varios modelos en el mercado permitiendo dosificaciones entre 1 kg/ha y 400 kg/ha, velocidades de trabajo de hasta 20 km/h y anchuras de entre 4 y 12 m, incorporando, estas últimas, varios distribuidores.

Son máquinas muy versátiles que pueden combinarse con aperos para laboreo del suelo (suelen usarse los de tipo accionado), colocando, en este caso, la tolva en el tripuntal delantero del tractor. Y que permiten su conversión a la siembra directa dotándolas de un tren delantero de corte de residuos y usando los elementos de apertura y cierre de la línea de siembra adecuados a este tipo de manejo del suelo y cubierta (foto 3).

También es destacable el control electrónico de las funciones de la máquina. Los ordenadores de a bordo (foto 4), que, generalmente, son específicos de cada fabricante, aunque también los hay genéricos, incorporan avances técnicos –como pantallas gráficas y táctiles–, y ergonómicos –para facilitar la comprensión de las funciones que posibilitan– y de manejo. Permiten introducir datos de la máquina y del trabajo a realizar, cambiar la dosis durante la operación y controlar los actuadores hidráulicos (regulación de la altura de la máquina, manejo de los marcadores y de las ruedas compactadoras, ajustes de profundidad, plegado de la máquina para el transporte, control del soplador, etc.).

Además, se puede monitorizar la operación para obtener, en tiempo real y grabar, datos de velocidad (km/h) (foto 5), dosis aplicada (kg/ha), contenido de la tolva en cada momento (kg), tiempos y capacidades de trabajo (ha/h) instantáneas, diarias, totales y medias.

Actualmente, la mayoría de estas máquinas se utilizan con GPS y sistemas de guiado, lo cual está posibilitando la aplicación progresiva de técnicas de agricultura de precisión y la adaptación de las tecnologías de distribución variable (TDV) (foto 6).

Algunas máquinas incorporan el sistema de gestión de las comunicaciones basado en la norma ISO 11783 (Isobus) (foto 4).

Sembradoras de precisión

También conocidas como sembradoras a golpes, generalmente se distinguen por estar constituidas por diferentes cuerpos de siembra, uno por cada línea, que se unen a un chasis común (de una sola barra o teles-



Foto 1. Operación combinada de laboreo y siembra. Foto 2. Sembradora a chorrillo con marcador de las ruedas del tractor. Foto 3. Sembradora directa a chorrillo neumática de doble disco.

4



Foto 4. Terminal virtual del sistema Isobus de una sembradora.

cópico), aunque también hay modelos que cuentan con tolva centralizada. Se clasifican, según el sistema de distribución, en mecánicas y neumáticas, en función de si el plato distribuidor (elemento principal en cuyos orificios o alvéolos se alojan las semillas) es alimentado por gravedad o de forma neumática, respectivamente.

Aunque la siembra de cultivos exigentes, como la remolacha, necesita el uso de sistemas neumáticos para lograr una labor eficiente, hay otros cultivos, como el girasol, que emplean los sistemas de distribución mecánicos.

En las mecánicas la posición del disco distribuidor puede ser horizontal, vertical o

Foto 5. Detalle de la ubicación de un radar (velocidad). Foto 6. Sembradora-abonadora con Tecnología de Distribución Variable (Prototipo INTA Manfredi).

5



6



inclinada, necesitando granos bien calibrados para obtener uniformidad en la dosis. Los discos son intercambiables para posibilitar la siembra de semillas de tamaños diferentes y son accionados, de forma centralizada o individual, a través de las ruedas de la sembradora. Tienen la ventaja de ser sistemas simples y robustos. También hay otros sistemas mecánicos más específicos, como el de dedos pinzadores, diseñado para maíz, y el de correa de caucho perforada, para semillas delicadas.

Las neumáticas (fotos 7 y 8) disponen de un disco vertical sobre el cual se colocan las semillas al generarse una depresión o una presión. Consiguen mejor regularidad en la colocación de las semillas y no necesitan que éstas estén calibradas.

Hay otras sembradoras, que se denominan de distribución centralizada, en las que el plato o corona con alvéolos se ubica en un tambor que dispone de inyectores periféricos (uno por línea) para expulsar la semilla (foto 9). En éstas, la tolva es central, de gran capacidad (hasta 1.200 l), y el transporte de las semillas hasta el suelo también es neumático.

El resto de consideraciones generales

son similares a las anteriores, aunque en las sembradoras de precisión es muy importante que el control de la profundidad sea individual para así facilitar la localización del abono y microgránulos insecticidas (foto 7) e incluir elementos para el corte de residuos que permitan su uso como sembradora directa en agricultura de conservación.

En el cuadro I se muestran las principales características técnicas de las sembradoras convencionales.

Sembradoras directas

En la siembra directa la única máquina que realiza el laboreo del suelo es la propia sembradora que por ello dispone de un serie de órganos especializados que la caracterizan. El tren de siembra directa (fotos 10 y 11) está compuesto por elementos de corte de residuos y suelo, preparación de la hilera, apertura de surco, fijación de la semilla, cubrimiento de la semilla, cierre de surco, abonado y tratamientos y control de la profundidad. Generalmente, en la mayoría de las sembradoras actuales no se dispone de todos estos elementos, agrupándose dichas funciones en tres componentes princi-

CUADRO I.

Características técnicas de sembradoras.

Chorrillo	Ancho de trabajo (m)	Velocidad de trabajo (km/h)	Nº líneas	Distancia entre líneas (cm)	Capacidad tolva (l)	Potencia (kW)
Mecánica	2,4 - 6	5 - 9	16 - 48	12 - 50	300 - 2.500	36 - 88
Transporte neumático	3,0 - 12	12 - 15	24 - 48	12,5 - 15	750 - 3.000	110 - 170
Precisión	Ancho de trabajo (m)	Velocidad de trabajo (km/h)	Nº cuerpos	Distancia entre cuerpos (cm)	Capacidad tolva (l/cuerpo)	Potencia (kW)
Mecánica	2,5 - 8	5 - 7	2 - 18	22 - 50	8 - 20	20 - 120
Neumática	2,5 - 9	4 - 6	2 - 14	40 - 90	15 - 57	20 - 120



Foto 7. Sembradora neumática de precisión con tolvas para microgránulos.

Foto 8. Sembradora neumática con doce cuerpos de siembra.

Foto 9. Sembradora de precisión de distribución centralizada: (a) tolva central; (b) sistema de distribución.

pales: corte de residuos e inicio de la franja de siembra, apertura del surco y cierre del surco.

Las sembradoras de siembra directa de chorrillo pueden ser de distribución mecánica (fotos 12 y 13) o neumática (fotos 14 y 15). Según el elemento de apertura del surco de siembra, se clasifican en dos grupos: de reja (foto 16) y de discos (foto 3). Las primeras se utilizan en climas secos, debiendo espaciarse las rejas para favorecer la circulación de los residuos.

Los elementos de control de la profundidad pueden ser individuales (para cada línea), comunes (para un grupo de elementos) o generales (para el conjunto del bastidor de la máquina).

Una combinación importante, también en las sembradoras convencionales, es la de

siembra y abonado ya que permite reducir operaciones y aprovechar mejor el abono, para lo cual las máquinas disponen de doble tolva con uso múltiple (foto 17), pudiendo realizar siembra y fertilización simple

Turbofarmer por encima de las expectativas.



Suspensiones hidroneumáticas



Cuando la tecnología Merlo entra en acción no dudeis en aprovechar al máximo de vuestra máquina, porque no queremos poner límites a vuestras expectativas.



Constructor de confianza.

www.merlo.com



(tolva única con separación interior), siembra y fertilización simple de gran autonomía (tolva de semilla y tolva de fertilizante) y siembra y fertilización doble (tolva compartida de semilla y fertilizante y tolva de fertilizante). O de sistemas de inyección de abono, localizándolo unos centímetros por debajo de la línea de siembra.

En el **cuadro II** se presentan las características técnicas generales de los principales modelos de sembradoras de siembra directa del mercado.

Las sembradoras directas de precisión son similares a las convencionales pero van provistas de los elementos característicos de corte de residuos y demás ya citados. Hay equipos que disponen de diversos accesorios acoplables al tren de siembra para

posibilitar la siembra en diferentes condiciones de terreno (**figura 2**).

Caracterización del funcionamiento en campo

En el **cuadro III** se muestran datos medios del comportamiento del conjunto tractor-máquina (sembradora) obtenidos en diversos ensayos realizados por el Grupo de Investigación AGR 126 "Mecanización y Tecnología Rural" de la ETSIAM de la Universidad de Córdoba en el Valle del Guadalquivir (Gil Ribes *et al.*, 2002).

Se ha utilizado un equipo de captura y registro de datos constituido por sensores electrónicos que miden los siguientes parámetros: consumo de combustible, velocidad de

Foto 10. Tren de siembra directa de una sembradora de precisión. Foto 11. Tren de siembra directa de una sembradora a chorrillo.

giro del motor del tractor, velocidad real de trabajo y resbalamiento (radar "doppler"), posición del elevador hidráulico, fuerzas de tiro (dinamómetro para el enganche tripuntal), potencia de accionamiento de máquinas por la toma de fuerza Ptdf (sensores de par y velocidad de giro) y potencia de accionamiento de máquinas mediante el circuito hidráulico (presión y caudal en las tomas remotas).

Para evaluar el uso de la potencia suministrada por el motor del tractor (Pm) y el tiempo empleado en la labor se considerarán los siguiente índices (ASAE EP496.3

CUADRO II.

Características generales de las principales sembradoras directas de chorrillo del mercado.

Distribución	Sistema abridor	Sistema enterrado	Control Profundidad	Ancho (m)	Nº líneas	Distancia líneas (cm)	Nº filas siembra	Enganche	Peso (kg)
Mecánica	Disco	- 2 ruedas de caucho - Rastra - Rueda metálica - Rueda compactadora y rastra	- Rueda lateral - Bastidor - Hidráulico	3,5 - 4,5	17 - 23	13 - 38	2	- Arrastrada - Suspendida	750 - 3.800
	Doble disco	- 1 ó 2 ruedas de caucho - Rueda compactadora metálica	- Rueda lateral - Ruedas traseras - Hidráulico	3,0 - 3,5	17 - 21	17 - 18	2	Arrastrada	3.200 - 3.600
	Reja	- Rastra - Rueda metálica	- Bastidor - Rueda lateral	2,5 - 4,5	13 - 21	16,6 - 18,5	3 - 4	- Suspendida - Arrastrada	1.000 - 2.800
Neumática	Disco	- Rastra - Rueda compactadora	- Ruedas laterales - Rodillo compactador de neumáticos trasero (bastidor)	3,0 - 6,0	18-32	12 - 16	2	Arrastrada	3000 - 6.300
	Doble disco	- Rastra - Rueda compactadora - Rueda de caucho	- Bastidor - Hidráulico	3,0 - 4,5	17-26	15 - 17,3	2	Arrastrada	2.700 - 5.300
	Reja	- Rastra - Rueda metálica	- Bastidor - Rueda lateral - Rodillo compactador de neumáticos trasero (bastidor)	2,5 - 6,0	16-32	14 - 25	3 - 4	Arrastrada	1.100 - 5.500



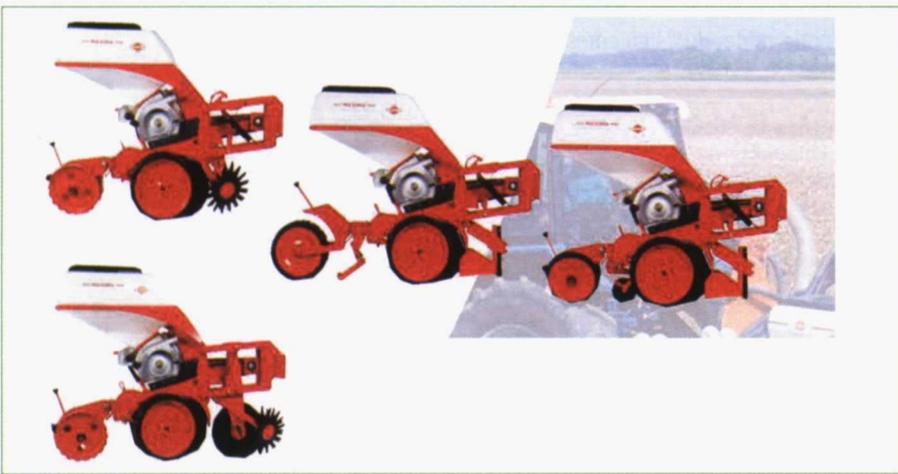
Fotos 12 y 13. Sembradoras de siembra directa a chorrillo mecánicas.



Fotos 14 y 15. Sembradoras de siembra directa a chorrillo neumáticas.

FIGURA 2.

Cuerpo de una sembradora de precisión. Diversas adaptaciones en función de las características del suelo.



CUADRO III.

Parámetros de funcionamiento en campo de las sembradoras de chorrillo.

	Velocidad (m/s)	Consumo (l/h)	Consumo superficial (l/ha)	Tiro (kN)	Pm (kW)	Pb (kW)	ET (%)	EE (%)	Capacidad teórica (ha/h)	Capacidad real (ha/h)
Sembradora convencional	1,6	7,8	5	8,33	25,9	13,58	73,2	15,9	1,72	1,2
Sembradora directa	1,7	10	7,23	6,5	27	11	50	15	1,32	0,86

FEB2006): consumo horario, eficiencia de tracción ET (relación entre la potencia neta de salida de los ejes motores y la bruta que les llega), eficiencia energética EE (relación entre potencias útiles con la potencia ideal del combustible consumido por unidad de tiempo) y capacidad de trabajo.

En una operación la potencia se emplea en trabajo útil (tiro -Pb-, accionamiento a través de la toma de fuerza y accionamiento mediante el circuito hidráulico), en pérdidas en su transmisión, en vencer la resistencia al movimiento o rodadura y la pendiente del terreno, y en resbalamiento de sus ruedas motrices.

En sembradoras de precisión se obtuvieron capacidades de 0,87 ha/h y consumos superficiales de 8,14 l/ha. ●



Foto 16. Sembradora directa de reja.



Foto 17. Sembradora con doble tolva para uso múltiple.

Agradecimientos

Al Plan Nacional de I+D y a la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía por la financiación de los trabajos sobre caracterización del funcionamiento de máquinas en condiciones reales de trabajo en campo, obtenida a través del Proyecto RTA2006-00058-C03-03 y del Proyecto de Excelencia sobre Cubiertas Vegetales, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

ASAE EP496.3 FEB2006. Agricultural machinery management. Ed. ASABE. St. Joseph, MI, USA.

Gil Ribes, J.; Blanco Roldán, G.L.; Perea Torres, F.; Agüera Vega, J., 2002. Caracterización de las operaciones mecanizadas en la agricultura. Anales de Ingeniería Mecánica, año 14, vol. II.