

Mecanización de la agricultura de conservación en cultivos extensivos

En la mecanización de la agricultura de conservación (AC) debemos distinguir entre los equipos para cultivos extensivos de secano y de regadío y los de cultivos leñosos. Los criterios de selección y empleo de las máquinas deben basarse en minimizar sus costes, para mejorar el margen neto de la explotación, cumpliendo una serie de requerimientos y/o limitaciones técnicas para lograr los fines agronómicos previstos, entre los que destaca la protección del suelo mediante restos vegetales.

J. Gil Ribes, G. L. Blanco Roldán • Grupo de Investigación "Mecanización y Tecnología Rural". Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba



Tractor con ruedas de baja presión en labor de limpieza de la línea de siembra de restos de algodón para la siembra de maíz

La selección de la maquinaria se realiza teniendo en cuenta: los calendarios de tareas de los cultivos; las limitaciones de tiempo en las operaciones críticas (siembra o tratamientos); las necesidades de potencia de los aperos; la adecuación máquina-tractor; el precio y disponibilidad de las máquinas; las posibilidades del uso en común y el apoyo en las Empresas de Servicios de mecanización que está siendo clave en la extensión de estas técnicas. Elegir bien los tractores es clave. Disponer de exceso de potencia supone mayor inversión, coste horario, consumo, compactación y bajo aprovechamiento de su potencia nominal. Un tractor pequeño puede comprometer la realización de las tareas con tiempo limitado, aumentando los costes de demora, e imposibilitar el empleo de máquinas exigentes en potencia y/o en capacidad de elevación.

En general, resulta conveniente la agrupación de operaciones (siembra, abonado y tratamientos), lo cual se facilita disponiendo de enganche tripuntal y toma de fuerza delantera, consiguiéndose, además, una distribución más equilibrada del peso entre ejes. Por otra parte, los avan-

ces tecnológicos de los tractores (mayor número de marchas, reductoras e inversor; equipos electrónicos de control y regulación); la incorporación de tecnologías de precisión (como el guiado automático y la distribución variable de agroquímicos) y la mejora de las condiciones ergonómicas, permiten trabajar mejor y más eficientemente.

Un aspecto clave es la compactación por las rodadas, que en estos casos no se elimina con el laboreo, por ello, es necesario el uso de los neumáticos de baja presión o alta flotación, más anchos, que compactan menos y pueden trabajar en condiciones de humedad más difíciles (**figura 1**). Es conveniente seguir técnicas de tráfico controlado, realizando, en lo posible, pasadas en los mismos sitios. La primera pasada es la que más compacta y, por tanto, es preferible pisar varias veces en el mismo sitio que en sitios distintos. Esto se consigue con una proporción entre el ancho de siembra y el de abonado y tratamientos y con la ayuda de sistemas de guiado con GPS. Las técnicas de Agricultura de Precisión, ayuda al guiado y guiado automático, permiten además, trabajar más eficientemente reduciendo los solapes entre pasadas lo que supone ahorros del 10-20% en los tiempos de trabajo, en el consumo de gasoil y en la distribución de insumos.

Maquinaria para el manejo de la cubierta

El manejo de residuos es el factor clave en la agricultura de conservación. Desterrado el quemado de residuos y el laboreo agresivo, su distribución sobre el suelo debe ser uniforme y su manejo debe realizarse por la cosechadora, dotándola de dispositivos a tal efecto (**figura 2**). Hay que distinguir entre los residuos de tallo débil y los de tallo grande y fuerte, como el girasol o el maíz, y tener en cuenta que el manejo está condicionado para lograr su pervivencia y por la maquinaria de siembra disponible.

Para los residuos de maíz o girasol se utilizan cabezales de recogida con órganos de picado de las cañas. En todo caso, su manejo es más comprometido; dependiendo del



Dispositivos de esparcido para cosechadora



Apero de picado de cañas de girasol en posición de transporte

tipo de sembradora se recomienda dejar las cañas de pie. También, se han diseñado aperos específicos, básicamente rulos dotados de paletas radiales para el derribo y picado de las cañas de girasol (**figura 3**). Trabajando como una grada de discos, realizan esta función sin tocar apenas el suelo, siendo la única operación de manejo antes de la siembra.

En ocasiones y cuando la cantidad de residuo es elevada (más de 3.000 kg/ha), se debe pensar en la posibilidad de quitar los residuos de las bandas de siembra de las máquinas de precisión. Se emplean diversos útiles en la sembradora, formados por ruedas de estrella en "V". Con ello se evitan muchos problemas de penetración y atascos. Esta operación se puede realizar, un día o dos antes de la siembra, con aperos, similares a un rastrillo hilerador de soles, que limpian una franja de unos 15-20 cm. Así, dejan expuestas a la intemperie a algunas plagas con lo que se alejan de la zona de siembra buscando refugio en el residuo (**figura 1**).

El uso de aperos de labranza se desaconseja por dañar la cubierta. Su acción depende del tipo de apero, de su regulación y de la forma de uso (USDA, 1992). La capacidad de pervivencia de los restos de cosecha y protección al suelo dependen también de la climatología y de la producción (Hanna et al., 1995; Gil Ribes y Blanco Roldán, 2004). Especialmente adecuados son los equipos de laboreo subsuperficial, como el arado plano (**figura 4**) que permite eliminar problemas de compactación sin apenas dañar al residuo.

Maquinaria de siembra

En presencia de residuo, la sembradora ha de ser directa, para poder trabajar a través de ellos y operar en diversas condiciones y estado del suelo. Estas máquinas son más pesadas e incluyen componentes para cortar el suelo y los residuos, controlar la profundidad, abrir el surco de siembra y cubrirlo, preparar la línea de siembra, fijar la semilla y permitir la incorporación de elementos localizadores de agroquímicos (ASAE, 2004). Con frecuencia se omiten uno o varios de estos componentes. Raramente aparecen los de preparación de la hilera, que a veces se limitan a

apartar los residuos, y los de fijación de la semilla, ruedas semineumáticas de poco espesor. Su clasificación se realiza atendiendo a tres criterios: distancia entre líneas de siembra y tipo de siembra (precisión o chorrillo), elementos de corte del suelo y residuos (discos o rejas) y sistema de distribución de semillas (mecánico o neumático).

Los elementos de corte de residuos, si se usan separadamente, preceden a todos los demás. Cortan y/o orientan los residuos superficiales en la hilera de siembra y cortan o aflojan el suelo para mejorar la acción de los siguientes componentes (Gil Ribes y Blanco Roldán, 2004). Para el corte de residuos los discos son los elementos que mejor se comportan. Los hay de diversos tipos (lisos, acanalados, estriados u ondulados) y, a veces, tienen adosados elementos para el control de la profundidad. Cuanto más grandes mejor se comportan, pero requieren más peso. En suelos duros tienen dificultades de penetración y en los excesivamente blandos empujan sin cortar al residuo al fondo del surco, lo que dificulta la germinación.



Arado plano descompactador en profundidad



Tren de siembra con disco de corte del residuo y estrellas de limpieza del surco de siembra

Tren de siembra: disco de corte del residuo, doble disco de apertura con ruedas de control de profundidad y cierre con dos ruedas en V

En ocasiones, incorporan patines de apoyo para controlar su trabajo. En las **figuras 5 y 6** tenemos dos ejemplos de trenes de siembra directa de chorrillo.

Los elementos de apertura del surco de siembra pueden estar precedidos o no por los elementos de corte de residuos y preparación de la hilera; es frecuente que el corte de residuos y apertura del surco lo realice un mismo elemento. Su trabajo depende de la velocidad de avance, tipo y estado del suelo y residuo y de la profundidad de siembra. Se emplean discos (simples, dobles y triples) o rejas (cultivador, chisel, tipo sable, etc.). Los discos suelen ser más pequeños que los de corte de residuos para reducir la fuerza de corte necesaria.

Los elementos de cubrición de las semillas, si se emplean, suelen ser de un disco inclinado, de dos discos en "V" o dedos flexibles que facilitan el aporcado del surco. Las ruedas compactadoras son los elementos de cierre y fijación del surco de siembra. Son de anchura y posiciones diversas y, a veces, se usan para colocar lastre o para la actuación de muelles compresores. Se montan individualmente y en bandas. Pueden ser simples (neumáticas o acanaladas) o dobles (en ángulo o verticales). Asegurar el

contacto adecuado suelo-semilla es fundamental para una buena germinación, cubriéndola y evitando que entre en contacto con terrones gruesos o residuos enterrados.

Los elementos de control de la profundidad pueden ser individuales en cada línea o para el conjunto del bastidor de la máquina. Deben ser ajustables y pueden basarse en una rueda compactadora trasera, ruedas controladoras laterales simples o dobles en el elemento de apertura del surco o patines, ruedas en tandem y bandas cilíndricas en los discos de corte de residuos.

En la **figura 7**, se observa un tren de siembra de chorrillo con un disco doble para la apertura del surco con ruedas de control de profundidad y rueda de cierre del surco. Con diversas variaciones y/o adaptaciones estos son los tipos más comunes de sembradoras directas. En la **figura 8** tenemos una sembradora neumática con tren delantero de corte de residuos.

En las sembradoras de chorrillo de reja, éstas se espacian y se disponen y distribuyen en profundidad para que se favorezca la circulación de los residuos (**figura 9**). Normalmente, llevan ruedas compactadoras para asegurar el contacto semilla-suelo, **figura 10**.



Sembradora directa neumática de disco de apertura doble



9
Sembradora directa mecánica de reja



10
Sembradora directa neumática de reja con ruedas de cierre de surco



11
Sembradora directa de precisión



12
Tolva adicional para abonos especiales de baja dosis

En el mercado existe una gran variedad de modelos de sembradoras directas de discos y reja. Su elección no es tarea fácil, por lo que, es mejor orientarse por personas con experiencia en la zona. En todo caso, es conveniente la adaptación de las máquinas a las condiciones locales de suelo, residuo y climatología. Los cuerpos de la sembradora de precisión de la **figura 11** están dotados de patines limitadores en el corte de residuos y ruedas limpiadoras del surco de siembra, fruto de un estudio al respecto.

La incorporación de elementos de abonado es clave. Utilizan un abridor propio o aprovechan los de la sembradora. La distribución de microgránulos e incluso herbicidas en la línea de siembra es aconsejable por el ahorro de producto y tiempo. La mayor parte de los equipos actuales de siembra a chorrillo pueden tener tolva dividida o tolvas adicionales de abono. Con abonos especiales de baja dosis la tolva puede ser menor que la de grano (**figura 12**) y en estos casos el abonado de cobertera debe adelantarse.

El uso de sistemas de inyección de abono líquido (**figura 13**), que colocan el producto debajo de la superficie del suelo para maximizar la eficiencia del fertilizante, está siendo impulsado por el coste de los abonos y por los riesgos ambientales de uso.

En la práctica, los sistemas de inyección de fertilizantes líquidos o distribución de sólidos tras rejas o cuchillas abridoras de surcos no han tenido la aceptación necesaria, en el caso de los abonos líquidos influyen los problemas de distribución.

Mecanización en cultivos alomados en regadío

Los sistemas de conservación han encontrado una vía de desarrollo en este ámbito gracias a la combinación de la configuración del suelo en lomos y el manejo del residuo. El trabajo mecánico del suelo se reduce si se mantiene la configuración en sucesivos cultivos y las zonas compactadas se localizan en los valles entre lomos no regados por los goteros. Las máquinas de abonado y de tratamientos deben tener un ancho múltiplo del de la sembradora y procurar que pisen sobre sus huellas lo que, además, favorece la transitabilidad.



13
Sistema de inyección de abono líquido con sistema de apertura propio previo al tren de siembra



Alomadora de cuatro líneas



Suelo alomado con cubierta protectora sembrada



Siembra sobre lomos y nascencia del maíz sobre algodón sin desbrozar y desbrozado



Nascencia de maíz en lomos sobre restos de algodón

Un ejemplo de esto lo tenemos en rotaciones algodón-maíz y, eventualmente, trigo en Andalucía. Sobre el rastrojo de este último se da un pase de subsolador o arado cincel como operación previa a la formación de los lomos (figura 14).

Si se busca una mayor protección del suelo, se puede sembrar una cubierta de avena sobre los lomos, controlando, posteriormente, de forma química, la cresta del lomo (figura 15). El maíz se siembra en los lomos del algodón, tras desbrozar o no las matas de algodón aún en pie sobre el terreno, y puede sembrarse directamente con buen resultado (figura 16). En la figura 17 se ve la nascencia de maíz sobre restos de algodón sin desbrozar (izquierda) y desbrozado (derecha). En general, es aconsejable limpiar la zona de siembra como se mostró en la figura 1.

Si se introduce trigo en la rotación, se siembra distribuyendo la semilla sobre el terreno por medio de una abonadora neumática, procediéndose a tajar la semilla mediante el pase ligero de grada.

La aplicación de herbicidas es un aspecto esencial en los sistemas de conservación. El equipo de tratamientos es tan importante como el de siembra y debe encontrarse en buen estado, pasar periódicamente revisiones, sustituir las boquillas cada campaña y usar las más adecuadas como es el caso de las antideriva (figura 18).

Técnicas de agricultura de precisión en agricultura de conservación

La aparición de las nuevas tecnologías de la información y de posicionamiento global (GPS) en la producción agraria han posibilitado nuevos métodos para el manejo de las explotaciones que, junto a las técnicas de agricultura de conservación, pueden llegar a generar una sinergia potenciando así el efecto beneficioso tanto para el medio ambiente como para la explotación. Podemos distinguir dos tipos de aplicaciones en las que estas nuevas tecnologías están incidiendo: manejo de la variabilidad espacial de las características de las parcelas y los sistemas de ayuda al guiado.

Es en este contexto en el que las nuevas tecnologías, traen nuevas oportunidades para la gestión de las explotaciones agrícolas, dando lugar a lo que se conoce como Agricultura de Precisión (AP).



Barra de tratamientos con boquillas antideriva (derecha) y normales (izquierda)

Así, por ejemplo, y en el ámbito de la agricultura de conservación, podemos tener un conocimiento pormenorizado de cómo evoluciona la compactación del suelo mediante la generación de mapas que muestren su variabilidad espacial a lo largo de toda la parcela, a partir de ensayos de resistencia a la penetración en puntos discretos situados según un reticulado previamente establecido. Actualmente, existe un extenso mercado de dispositivos que permiten, por un lado, establecer el reticulado para la obtención de muestras, ya no sólo de resistencia a la penetración si no de cualquier otra propiedad que nos interese conocer (contenido de nutrientes, textura, humedad, etc), y por otro, guiarnos en campo hasta los puntos en los que tomar dicha información, que, posteriormente, será almacenada en memoria para su volcado a ordenadores más potentes equipados con aplicaciones del tipo AgGIS (Sistemas de Información Geográfica específicos para la Agricultura).

Son estas aplicaciones las que permiten el procesamiento y análisis de la información, utilizando por lo general métodos geoestadísticos para la estimación de los mapas de variabilidad espacial de la propiedad analizada. A partir de ellos se pueden establecer mapas de prescripción de

insumos utilizando las tecnologías de distribución variable con las que puede dotarse a la abonadora, a la sembradora o a los equipos de tratamientos.

Los sistemas de ayuda al guiado son unos dispositivos destinados a facilitar y mejorar la operación de conducción de los vehículos agrícolas cuando efectúan trabajos de campo, contribuyendo además a descar-

gar al conductor de gran parte de la concentración que exige este trabajo, pudiéndola dirigir en mayor medida hacia la labor de la máquina en sí (Agüera y Pérez, 2004), **figura 19**.

Los errores de paralelismo y equidistancia cometidos en una operación de campo, tienen como consecuencia la aparición de solapes y/o huecos no trabajados. En ambos casos las consecuencias son bastante negativas, ya sea por el exceso de horas de trabajo de tractor, máquina, consumibles y tránsito sobre el suelo derivados de los solapes, como por el descenso de rendimiento debido a la no aplicación de fitosanitarios o cualquier otra operación en los huecos. Además, cuando estos errores se cometen en la siembra de cultivos en línea, se dificulta la posterior aplicación de operaciones mecanizadas entre ellas si su ancho de trabajo no coincide exactamente con un submúltiplo del de la sembradora.

Una ventaja adicional de los sistemas de ayuda al guiado, especialmente interesante para la AC, es la facilidad para el establecimiento del tráfico controlado en las parcelas, mediante lo cual, las rodadas se concentran en emplazamientos localizados que el sistema mantiene en memoria, lo que disminuye los daños por compactación.

Agradecimientos: al proyecto AGL 2002-04283-CO2-01 del Plan Nacional de I+D.

Bibliografía

A disposición del lector.



Tractor con sistema de ayuda al guiado mediante GPS y PDA en una aplicación de herbicida

Técnicas de mínimo laboreo

Gama Fastliner suspendidas y arrastradas



VIVE CADA DÍA LA DIFERENCIA KUHN



REDUCCIÓN DE COSTES

- Polivalencia: siembra en suelo labrado, rastrojado o siembra directa.
- Velocidad y autonomía para una alta capacidad de trabajo.



Discos sembradores sobre paralelogramo: siembra de profundidad homogénea.



Discos de dentado acanalado marcado. Exclusiva KUHN.



www.kuhn.es

175

Years of Excellence*

* 175 años de excelencia

KUHN IBÉRICA, S.A.
Pol. Ind. Los Frailes, 23
28814 Daganzo (Madrid)
Tel: 91-878 22 60
Fax: 91-878 25 01
E-mail: info@kuhn.es