

Principales avances en los elementos clave del tractor así como de los relacionados con las nuevas técnicas de agricultura

# Últimos desarrollos tecnológicos aplicados a los tractores

En la actualidad, aspectos claves como la disminución de los costes de producción, la utilización eficiente de la energía, la reducción de la contaminación del aire y la continua preocupación por la mejora de las condiciones de trabajo, han propiciado el desarrollo y la evolución

de la mecanización, llevando a la incorporación constante de innovaciones mecánicas, hidráulicas, electrónicas e informáticas. El tractor agrícola, como base de la mecanización agraria, está siendo el centro de esta evolución y de la gran mayoría de los avances desarrollados.

G.L. Blanco Roldán, J. Gil Ribes.

G.I. AGR 126 Mecanización y Tecnología Rural.  
Dpto. de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos y de Montes.  
Universidad de Córdoba.

La correcta elección de los tractores de la explotación es crucial para obtener el máximo rendimiento de los mismos. Así, disponer de un exceso de potencia supone mayor inversión, y un bajo aprovechamiento de la potencia nominal. En cambio, un tractor pequeño puede comprometer la realización de las tareas con tiempo limitado (siem-

bra, tratamientos y recolección), aumentando los costes de demora (debidos a no realizar las operaciones en su momento óptimo) e imposibilitar el empleo de máquinas exigentes en potencia y/o en capacidad de elevación.

Al hablar de tractores, se debe diferenciar entre los utilizados en cultivos extensivos y los destinados a trabajar en cultivos leñosos, a pesar de que hay aspectos comunes válidos para ambos. La potencia necesaria suele ser mayor en los primeros debido al uso de aperos de labranza, sembradoras directas, remolques y tolvas de gran tamaño o peso. En los leñosos se valoran más aspectos como la maniobrabi-

lidad, para trabajar en marcos estrechos, o disponer de marchas supercortas, para operaciones como el triturado de restos de poda. En la **figura 1** se muestra la distribución del trabajo del tractor en España.

## Elementos principales del tractor

A continuación, se comentan los principales avances tecnológicos empleados en los tractores.

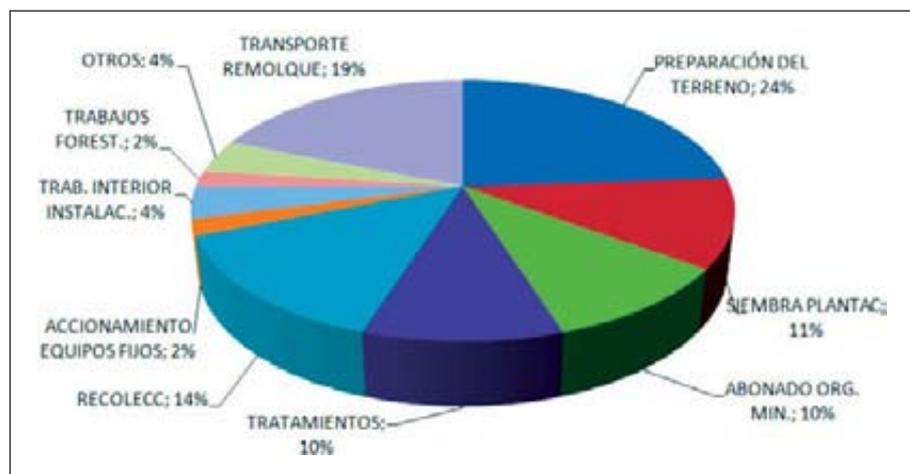
### Motor

Los tractores actuales suelen ir equipados con motores diésel de inyección directa, turbocompresor e intercooler, cuatro válvulas por cilindro (para el llenado y evacuación eficiente de los gases) y sistemas electrónicos de inyección de combustible (**figura 2**). Estos últimos, optimizan el rendimiento, al controlar de manera precisa la cantidad y duración de la inyección, lo cual contribuye a la reducción del consumo y de la emisión de gases de escape, utilizando para ello sensores de temperatura, presión, caudal, posición (acelerador, regulador de la bomba de inyección y árbol de levas) y régimen del motor (Blanco-Roldán y Gil-Ribes, 2007).

El motor se caracteriza por una serie de parámetros tales como potencia, par motor, y consumo, todos ellos relacionados con el régimen de funcionamiento, lo que permite conocer la potencia y el par que puede dar el trac-

FIGURA 1

Distribución de las horas de funcionamiento del tractor por operaciones en España (MAPYA, 2006).



tor en función del consumo o de las revoluciones. La potencia de homologación se obtiene en Estaciones de Ensayo oficiales siguiendo Códigos o Normas como los de la OCDE.

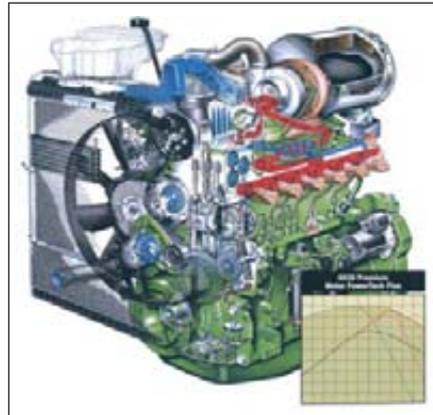
En la **figura 3a** se representa la curva característica de potencia del motor obtenida en alimentación máxima. La potencia nominal (punto 2), obtenida en trabajo al régimen de funcionamiento máximo recomendado por el fabricante, no coincide con la potencia máxima del motor (punto 3). En los motores antiguos estas dos potencias coincidían en el régimen nominal. Sin embargo, en los actuales, la potencia máxima se obtiene a un menor régimen de revoluciones. Esta es la base de los nuevos motores con potencia constante, permitiendo así reducir los cambios de marchas, y el consumo al obtener igual potencia en regímenes de funcionamiento menores.

En la **figura 3b** se representa la curva característica de par motor obtenida en alimentación máxima. La reserva de par permite al tractor soportar una sobrecarga pasajera. No debe ser inferior al 25%, ya que, con una reserva de par baja, el número de velocidades de las que disponga el tractor deberá ser mayor, para poder adaptarse a todas las circunstancias del trabajo.

Algunas marcas incorporan sistemas de gestión de la potencia del motor, que permiten liberar hasta un 15 % de potencia adicional en función de la exigencias del transporte en carretera y de las aplicaciones a la tdf, volviendo al valor normal cuando se reduce la carga.

**FIGURA 2**

Motor common rail de 4 válvulas por cilindro (Doc. John Deere).



Especial interés tiene el desarrollo de motores menos contaminantes y más eficientes energéticamente, obligados por la implantación de normativas restrictivas en Estados Unidos (actualmente, etapa Tier 4, que se introducirá en dos fases, la primera en 2011 y la segunda en 2014) y Europa (en 2012 entra en vigor la primera parte de la Fase IV). Para el cumplimiento de esta normativa, las tecnologías más utilizadas en los nuevos motores, en la reducción de los óxidos de nitrógeno (NOx) y las partículas en suspensión (PM), son: la tecnología SCR (reducción catalítica selectiva), basada en la inyección de un líquido, conocido como Ad-Blue (que es una solución de urea al 32,5 % y agua desionizada), en el conducto de los gases

de escape, donde un catalizador externo transforma los NOx en nitrógeno y agua (**figura 4**); y la tecnología EGR (recirculación de gases de escape), que recircula parte de los gases de escape, devolviéndolos al motor previo paso por un intercambiador de calor para enfriarlos y la salida al exterior se realiza a través de un filtro de partículas.

Generalmente, los fabricantes utilizan ambos sistemas, el SCR para tractores con potencias medias-altas (motores de más de 100 CV) y el EGR para tractores con motores de potencias medias-bajas (menos de 100 CV).

**Transmisión**

Aunque la tendencia es clara hacia la automatización de las cajas de cambios, varias marcas han optado por ampliar su oferta a modelos de alta potencia con cajas de cambios convencionales y manejo sencillo.

En la transmisión principal se utilizan embragues multidisco en baño de aceite, también empleados para la doble tracción y la toma de fuerza. En los distintos modelos, se presentan opciones de cambio con escalonamiento de marchas y cambio continuo. Las cajas de cambios con marchas escalonadas pueden ser con selección secuencial bajo carga o automáticas (con programas de trabajo) incorporando inversores electrohidráulicos y reductora, obteniendo hasta 64 velocidades (32 AV+ 32 AR). En todos estos casos, diferentes sistemas, denominados de gestión electrónica o automática, permiten seleccionar la marcha y la veloci-

**FIGURA 3**

Curva característica de potencia (a) y curva característica de par motor (b)

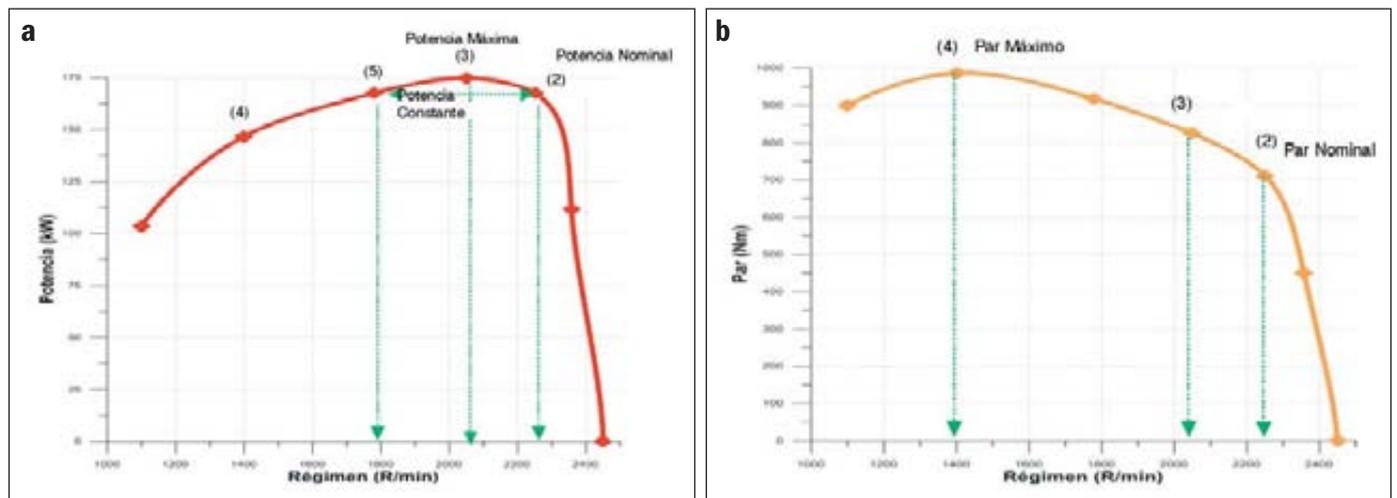
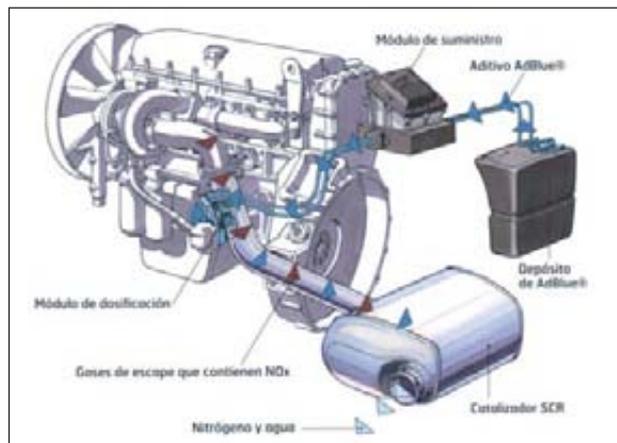


FIGURA 4

Esquema de componentes de un sistema SCR (Doc. New Holland).



idad idónea en cada momento del trabajo, e incluso también elegir el modo de trabajo o transporte manual (**figura 5**).

Las transmisiones continuas o cajas de cambios CVT (*continuous variable transmission*) permiten obtener un cambio continuo, de tal forma que puede conseguirse cualquier velocidad dentro de las de actuación del tractor (0 - 40 o 50 km/h).

Otro concepto relacionado con la transmisión es el de transmisión gradual (tecnología de doble embrague), que proporciona conducción suave y mejor control.

En cuanto a diseño, cada vez más se tiene en cuenta la disposición de elementos de motor y transmisión para facilitar el acceso durante las operaciones rutinarias de mantenimiento.

**Toma de fuerza y enganche tripuntal**

La toma de fuerza trasera se presenta de serie, con dos velocidades (540-1.000 r/min)

r/min, ya que, posibilita el desarrollo de dos tareas a la vez, ahorrando tiempo y costes de operación (**foto 1**). En modelos avanzados el enganche se controla en tiempo real permitiendo su adaptación a la geometría del terreno.

Los sistemas electrónicos de control pueden conseguir el equilibrio entre la velocidad de la toma de fuerza, la velocidad de avance y la potencia (consumo óptimo).

**Ejes motores**

En los ejes motores, los aspectos a destacar son su control electrónico para el bloqueo de los diferenciales delantero y trasero y para el accionamiento de la tracción delantera, y la creciente incorporación de sistemas de suspensión delanteros (**foto 2**). Normalmente, éstos se realizan con sistemas, controlados electrónicamente, formados por cilindros hidráulicos de doble efecto, generalmente uno para cada semieje y acumuladores neumáticos.

**Sistema hidráulico**

Los tractores actuales incorporan servicios externos gobernados por electroválvulas no sólo en la parte trasera sino también en la central y en la frontal. Se ha generalizado el uso del sistema de regulación electrónica del elevador hidráulico, basado en sensores de posición y fuerza de tiro y el tripuntal delantero integrado con toma de fuerza directa del motor o hidráulica.

**Sistema de rodadura**

Otro elemento fundamental son los neumáticos, ya que, debido a las condiciones irregulares de los suelos agrícolas, juegan un papel esencial, interviniendo en los conceptos de tracción, rodadura, resbalamiento, adherencia y compactación, por lo que los desarrollos actuales van encaminados en este sentido. Los neumáticos de alta flotación o de baja presión tienen cualidades favorables, pues permiten que la superficie de apoyo sobre el suelo sea mayor (**foto 3**) y, por lo tanto, la presión se distribuya sobre una mayor superficie. Con ello se consigue reducir la compactación del suelo y mejorar la circulación en condiciones de suelo húmedo.

Por otro lado, la diversificación e intensificación de actividades, hace que se empleen nuevos neumáticos procedentes de ámbitos industriales (Blanco-Roldán *et al.*, 2010).

En cuanto a las orugas, se emplean para trabajos en terrenos complicados, como los forestales, estando, en este caso, dispuestas sobre tractores de dimensiones reducidas y mayor estabilidad; y para reducir la compactación provocada por grandes tractores de potencias de más de 200 CV. Aunque también hay combinaciones, como la que se muestra en la **foto 4**.

**Dirección y frenos**

En la dirección, la tendencia actual es a realizar diseños de ejes delanteros articulados y bastidores que permitan reducir el radio de giro y, por tanto, beneficiar la maniobrabilidad del conjunto tractor-apero.

Los modelos capaces de superar los 40 km/h disponen de ejes delanteros con suspensión y sistemas de frenado independiente. En la **figura 6** se muestra un sistema de frenado en eje trasero.

Los tractores con bastidor articulado no son frecuentes y sólo se presentan en los extremos de potencia: tractores pequeños para huertos y frutales y tractores de altas potencias (**foto 5**).

FIGURA 5

Mandos de la transmisión (izquierda) y detalle de controlador para selección de régimen del motor – ajuste automático de marcha (Doc. Massey Ferguson).





Foto 1. Tripuntal delantero y toma de fuerza accionando picadora de restos de poda.



Foto 2. Suspensión del eje delantero.



Foto 3. Neumáticos de alta flotación.



Foto 4. Sistema mixto neumático-cadena en un tractor frutero.

### Cabina y puesto de conducción

Las cabinas destacan por un diseño en el que se reúnen los conceptos de funcionalidad, seguridad y ergonomía. Las palancas se han sustituido por pulsadores o botones (accionamientos electrohidráulicos) y mandos tipo joys-

tick; éstos, junto con las pantallas de mando, están localizados en posiciones de fácil acceso, generalmente en el reposabrazos (figura 7), todo en base a un diseño ergonómico que contempla la gestión de los controles del tractor de manera intuitiva.

La pantalla táctil permite disponer de las principales funciones para desarrollar el trabajo en campo: monitorización del rendimiento del motor, del trabajo y datos de mantenimiento; puesta a punto de la configuración y control del vehículo; mantenimiento de registros de finca,



TORNADO3

Esparcidor desmontable con 6 espirales  
Ganchos en acero (400 HB)  
Acoplamiento elástico  
Palas replegables ø 1100 mm

SIFOKO

Esparcidor desmontable con 5 espirales  
Altura del esparcidor: 2000 mm  
Palas replegables en la base  
Ganchos en acero Hardox 450 desmontables

**JOSKIN**  
www.joskin.com

Concesionarios JOSKIN para España

- DIAZ Y VALIN SL (Galicia) 982 20 95 96
- COMERCIAL AGRARIA (Cataluña) 973 48 32 00
- MENDYRA (Navarra) 606 16 98 14
- JOSE LUIS (Cantabria) 942 59 90 02
- LUIS LOPEZ MORENO (Murcia) 968 57 83 47
- TALLERES CABEZA (Toledo) 925 30 16 13
- ALTEMIR Y FEBAS (Aragón) 974 41 20 08
- AGRITULSA SL (Giroña) 630 94 90 70
- TECNOAUTO MOTOR SL (País Vasco) 945 28 00 66
- ALQUILER DE TRACTORES Y CUBAS S.L. (Huelva) 625 44 41 39
- BASILIO PERAL S.L. (Benavente Zamora) 806 37 22 25
- TALLERES BARRIO GÓMEZ S.A. (Escalona Del Prado Segovia) 921 57 05 10

FIGURA 6

Sistema de frenado (Doc. Fendt).



parcela y tarea; y obtención de mapas de consumo de combustible y datos de carga del motor. Además, permite la conexión con un ordenador portátil, entrada de vídeo (para cámaras que visualicen zonas ocultas) y compatibilidad Isobus.

Algunos modelos incorporan puesto de conducción reversible lo que permite manejar cómodamente el tractor marcha atrás (foto 6).

Destacan los aspectos relacionados con el confort del tractorista y con su protección frente al ruido (aislamiento acústico de la cabina) y a las vibraciones de cuerpo completo, que se transmiten a través del asiento, pudiendo aislar-

se mediante asientos de suspensión activa (foto 7) y con sistemas de suspensión compuestos, combinación de amortiguadores de oscilaciones (tractor-apero), suspensión de la cabina (mecánica o neumática) y suspensión del eje delantero con regulación de nivel.

**Sistemas de gestión y control**

Además de los específicos relacionados con cada uno de los elementos del tractor, hay una serie de sistemas de control electrónicos que gestionan diversas funciones, entre los que destacan:

FIGURA 7

Reposabrazos con integración de mandos para todas las funciones del tractor (Mando principal: 2: subida/bajada enganche; 3: mando distribuidores auxiliares; 4 y 5: transmisión. Monitor con pantalla táctil (6). Panel de control (10): doble tracción, tdf, diferencial, etc.) (Doc. Case IH).



1. Gestión de aperos. En los sistemas más avanzados las opciones de gestión permiten realizar este control, pudiendo el operador programar las secuencias de actuación del conjunto tractor-apero, incluyendo funciones hidráulicas, de la toma de fuerza, del enganche tripuntal, de la tracción delantera, del bloqueo del diferencial y de la suspensión del eje delantero. Así se permite realizar fácilmente maniobras cuando se llega al final de la parcela (cabeceras) y mejorar el transporte de aperos suspendidos evitando las cargas bruscas sobre el sistema de elevación, lo cual contribuye a la estabilidad del conjunto y al confort del operario.

2. Gestión de las comunicaciones del tractor con los aperos. Basados en la norma ISO 11783 (Isobus) son igualmente importantes, permitiendo una mayor rapidez de conexión de la máquina y una mejor gestión del trabajo de la misma (foto 8). Todos estos sistemas pueden ser controlados desde el puesto de conducción.

3. Sistemas de comunicación entre tractores y cosechadoras. Transmisión de datos por radio entre vehículos y localización mediante GPS. Permite la conducción y control simultáneo de dos tractores con un solo conductor o la coordinación entre cosechadoras y tractores durante la cosecha y transporte del grano.

4. Sistemas de diagnóstico off-board. Para operaciones de mantenimiento, los técnicos pueden acceder, a través de un PC portátil que incorpora el correspondiente software, a los datos almacenados en el tractor, mostrando en pantalla todos los parámetros relevantes de funcionamiento de los distintos sistemas, para así poder realizar un diagnóstico rápido de errores y proceder a su reparación (foto 9).

**Avances relacionados con las nuevas técnicas de agricultura**

Otros avances o adaptaciones que se están produciendo en los tractores son los relacionados con las nuevas técnicas de agricultura, que dan respuesta a una de las preocupaciones de la sociedad actual: el desarrollo sostenible en la agricultura y el respeto por el medio ambiente. Para hacer frente a esta demanda, han surgido diferentes técnicas de manejo del suelo. La más importante es la agricultura de conservación, pero también, una de las que más exige a los tractores. Algunos de los avances más significativos se han desarrolla-



Foto 5. Tractor articulado de alta potencia.

do sobre los neumáticos, sobre la gestión de circulación de la maquinaria y sobre el control variable de insumos (Gil-Ribes y Blanco-Roldán, 2010).

En agricultura de conservación, uno de los mayores retos es el control de la compactación del suelo, para conseguirlo, se utilizan los neumáticos de alta flotación o de baja presión, como ya se han especificado (foto 3).

Las técnicas de ayuda al guiado y el guiado automático son igualmente muy útiles, ya que, refuerzan la sostenibilidad de la agricultura de conservación enmarcándose dentro de lo que se conoce como agricultura de precisión (foto 10). El paso de la maquinaria pesada de recolección y tratamientos daña al suelo, compactándolo y rompiendo su estructura; sin embargo, utilizando estos sistemas, es posible la



Foto 6. Puesto de conducción reversible.

implantación de técnicas de tráfico controlado, concentrando las pisadas en las mismas zonas, para mejorar el tránsito de la maquinaria, pues es preferible pisar varias veces en el mismo sitio que una en varias zonas (Gil-Ribes *et al.*, 2005).

Los equipos de ayuda al guiado son muy asequibles e indicados en el caso de máquinas distribuidoras de gran anchura, al ahorrar solapes y evitar zonas sin tratar. Por ejemplo, el análisis en campo del resultado de una siembra directa de cereal realizada por un tractorista de una empresa de servicios –dentro del Proyecto Life Agricarbon– mostró que para una parcela de 14,85 ha, los solapes entre pasadas fueron de un 14% (2,29 ha) y las zonas sin sembrar fueron de un 5,3 % (0,79 ha). Estos son resultados de tipo medio que indican que se puede ahorrar más de un 10% del tiempo de trabajo e insumos aplicando estas técnicas, lo que también supone una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Con sistemas de

guiado automático aún se mejoran más estas prestaciones (llegando a solapes del 5%) y son particularmente adecuados cuando se exija



Foto 7. Asiento de suspensión activa.

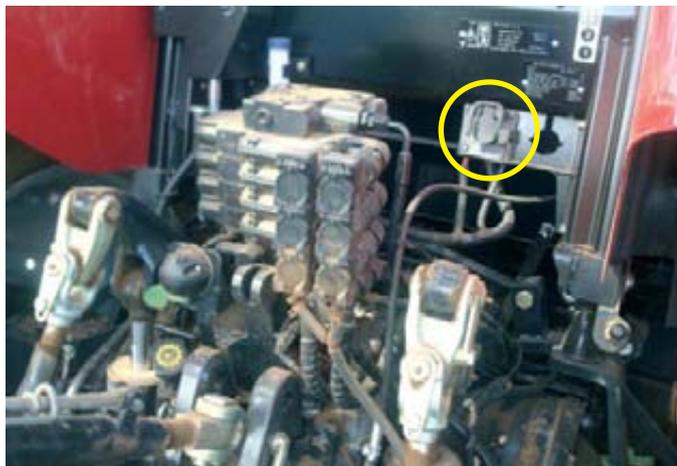


Foto 8. Conector Isobus.

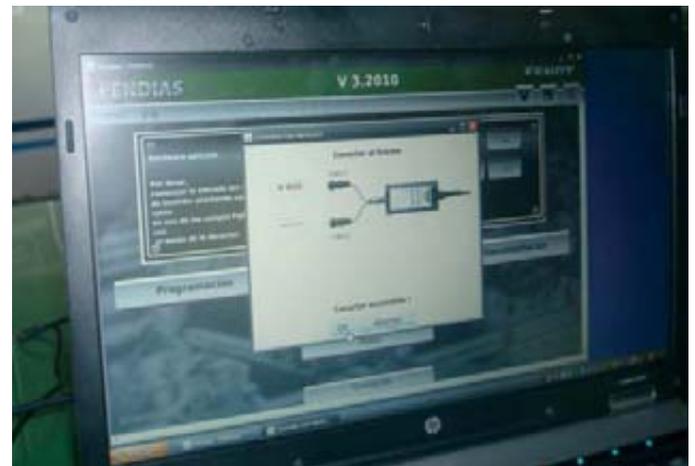


Foto 9. Sistema de diagnóstico.

gran precisión en la realización de las operaciones, como es la siembra. En este caso, se obtuvieron unas emisiones de 17,55 kg CO<sub>2</sub>/ha y 0,96 kg CO<sub>2</sub>/ha en los solapes, frente a una siembra convencional, donde en los solapes puede llegarse a 1,2 kg CO<sub>2</sub>/ha.

Los últimos avances hacen referencia a la Tecnología de Distribución Variable de insumos (TDV) que representan el presente y el futuro de la agricultura sostenible. A partir de los mapas de producción obtenidos con cosechadoras dotadas de monitores de rendimiento, y de mapas de variabilidad de las propiedades químicas y físicas del suelo,

pueden realizarse aplicaciones de semilla, abono o fitosanitarios, específicas y puntuales, en función de la productividad del suelo. Para ello se dota al tractor de un sistema de georreferenciación GPS con señal corregida RTK y a la máquina de sistemas de distribución controlados por microprocesador que pue-



Foto 10. Sistema de orientación asistida con motor sobre el volante de la dirección.



Foto 11. Tractor frutero especializado en tratamientos fitosanitarios.



Foto 12. Tractor frutero con vibrador de troncos.

den variar las dosis, mejorando así la eficiencia de las explotaciones.

También es posible realizar la gestión de la flota de tractores y máquinas y obtener datos sobre capacidades de trabajo, tiempos de trabajo, consumos de combustible, etc., determinando con exactitud los costes.

En cuanto a los tractores fruteros (**foto 11**), éstos presentan similares componentes a los anteriores, pudiendo incorporar, como hacen algunas marcas, prácticamente las mismas tecnologías que en los modelos superiores, lo que se corrobora en el uso de diversos equipos muy exigentes, como picadoras de ramón, atomizadores con cubas de gran tamaño (2.000-4.000 l), equipos de recolección, como los vibradores de troncos (**foto 12**), y remolques de gran capacidad (6 a 10 t). Esto lleva a que el tractor adecuado tenga una potencia de unos 100 CV (75 kW), además de ser de doble tracción y disponer de inversor y de marchas superreducidas (Gil-Ribes y Blanco-Roldán, 2010). ●

### Bibliografía ▼

Gil-Ribes, J.A.; Blanco-Roldán, G.L., 2010. Evaluación de costes de la mecanización en la agricultura de conservación en cultivos leñosos. En: Agricultura de Conservación. Ed. MARM-EUMEDIA. Madrid.

Blanco-Roldán, G.L.; Gil-Ribes, J.A., 2007. Tecnología en tractores agrícolas de alta potencia. Vida Rural, 248, 48-52.

Blanco-Roldán, G.L.; Hurtado, J.; Agüera, J., 2010. Selección de neumáticos para aplicaciones agrícolas. Efecto sobre la compactación del suelo de los neumáticos agrícolas. Vida Rural, 319, 62-65.

MAPYA, 2006. Análisis del parque nacional de tractores agrícolas. 2005-2006. Ed. MAPYA. Madrid.