

CLUB BOLOGNA Estrategias para el desarrollo de la mecanización agrícola

# EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA PROCEDENTE DE LA BIOMASA: UN DESAFÍO PARA LOS FABRICANTES DE LA MAQUINARIA

Resumen de las Ponencias presentadas en la 22ª Reunión Anual



Los días 13 y 14 de noviembre de 2011, en el marco de Agritechnica (Hannover, Alemania), tuvo lugar la 22ª Reunión Anual del CLUB BOLOGNA que tiene como objetivo analizar estrategias para el desarrollo de la mecanización agrícola en el ámbito mundial.

**LUIS MÁRQUEZ**  
**ETTORE GASPARETTO**  
MIEMBROS DEL  
COMITÉ DE DIRECCIÓN

Debido al interés que cobran las energías renovables de origen agrario en la actualidad, el tema programado para esta Reunión Anual ha sido el análisis del estado de las técnicas que permiten su aprovechamiento sostenible, compatible con el suministro de

alimentos que la Humanidad necesita para una población en continuo crecimiento.

Las reuniones de trabajo se han estructurado en tres bloques: El primero de ellos dedicado a dar una visión de la relación de la agricultura con la energía. El segundo, a la producción de energía a partir de la biomasa: El tercero, a la utilización de la energía procedente de la biomasa, con una especial atención a los biocombustibles para los motores en los tractores agrícolas. Una información completa de las ponencias se puede encontrar en [www.clubofbologna.org](http://www.clubofbologna.org).

## ■ Agricultura y energía

En el primer bloque se presentaron dos ponencias que marcaron el estado del conocimiento y las perspectivas de la producción de energía a partir de materias primas de origen agrario.

**Desarrollo de un modelo agro-industrial integrado para la producción sostenible y la conversión de la biomasa en biocombustibles.**

El prof. Paulo Seleguin, de la Universidad de Sao Paulo (Bra-

El Club se reunió durante la última Agritechnica.

sil), ofreció la perspectiva de un país como Brasil, en el que la caña de azúcar ofrece un potencial envidiable para producir etanol.

Basándose en la perspectiva del continuo aumento de la demanda de la energía para el transporte, se pone de manifiesto la necesidad de desarrollar procesos industriales eficaces, robustos y competitivos para la producción en gran escala de biocombustibles, entre los que el etanol probablemente es el más importante.

Se ha discutido sobre la interferencia entre la demanda de energía de origen agrario, y la demanda creciente de suelo agrícola para producir alimentos, con el impacto que puede tener sobre el precio de los granos. Sin embargo, con la obtención de etanol mediante procesos de 2ª generación, realizada sobre la biomasa de especies específicas no alimentarias (como eucalipto, miscanto, etc.) o con los residuos agrícolas e industriales (restos de poda, paja, etc.), se abren expectativas muy prometedoras que no afectan al suministro de alimentos.

La caña de azúcar es particularmente favorable, ya que es una especie vegetal con alta capacidad fotosintética, siendo capaz de convertir alrededor de 1% de energía solar incidente en biomasa con un alto volumen de sacarosa, que es muy fácil de fermentar y convertir en etanol. Las condiciones de Brasil para cultivar la caña son muy favorables, y se ha desarrollado una tecnología industrial para el aprovechamiento del etanol producido co-



Desarrollo de la caña de azúcar (T. C. Ripoli).



mo combustible para los motores de gasolina-alcohol (Flex-Fuel). A pesar del balance de energía global tan favorable que ofrece la caña, en comparación con otros cultivos, todavía queda mucho por hacer para mejorar la eficacia de la conversión, minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, y conservar la fertilidad de la tierra y los recursos hídricos.

El proceso que ahora se sigue para obtención de etanol tiene obstáculos y cuellos de botella como consecuencia de la falta de conocimiento científico y la ausencia de tecnologías de producción de etanol con sistemas de 2ª generación. Para superar estas dificultades se necesita investigación aplicada específica para:

- Mejorar el conocimiento de la estructura y composición de biomasa ligno-celulósica,
- Modificación genética para mejorar la eficacia fotosintética y metabólica de las células.



Residuo que queda en el campo (T. C. Ripoli).

- Definir las prácticas agrícolas sostenibles, con un enfoque especial en el agua y la conservación de suelo, la energía y el transporte.
- Identificar procesos de conversión bioquímica para producir económicamente biocombustibles y productos industriales de origen biológico con alto valor agregado.
- Desarrollar procesos industriales innovadores y equipo para la transformación de la biomasa a costes competitivos
- Desarrollo de herramientas para evaluar la viabilidad económica, la huella ecológica y los impactos sociales de estas nuevas tecnologías.

#### Las tecnologías para la conversión de la biomasa: una apreciación global y aspectos que deben desarrollarse

El prof. Giovanni Riva, de la Universidad Politécnica de Marche (Italia), en su ponencia desarrolla, en el contexto europeo actual, algunos aspectos de la utilización de la energía procedente de la biomasa que pueden interesar los fabricantes de equipo agrícola.

La producción de biomasa para su aprovechamiento energético es importante para la política de UE, a pesar de que la situación económica no es favorable, y se



Fuentes de energía renovables.

está apoyando una estrategia a largo plazo con aspectos positivos para el sector agrícola y para las industrias conectadas.

De la ponencia presentada por el prof. Riva se derivan las siguientes conclusiones:

**Su interés como fuente de energía:**

- Las energías renovables en la Unión Europea son interesantes para el mercado.
- La energías renovables procedentes de la biomasa juegan un papel importante (>50%).
- Los sectores más atractivos en la actualidad son la biomasa como fuente de calor y para obtener combustible para el transporte.

**Su competitividad y aceptación por la sociedad:**

- La biomasa es competitiva para las producciones de calor y generalmente necesita menos incentivos que otras fuentes renovables.
- Los precios de la biomasa deben aumentar en el tiempo menos que los de los combustibles fósiles.
- La sociedad no tiene una visión favorable sobre la utilización de la biomasa para producir energía.
- La biomasa obtenida a partir de los restos de cosecha y de resi-

duos es mejor aceptada como fuente de energía por la sociedad mayoritariamente urbana.

**Sus perspectivas:**

- La biomasa sigue siendo una fuente de energía interesante desde el punto de vista técnico y económico. La producción de calor aparece como el sector más concreto; las bio-refinerías representan la evolución futura, aunque todavía están en fase experimental.
- La utilización sostenible de residuos y de determinados cultivos es socialmente y me-

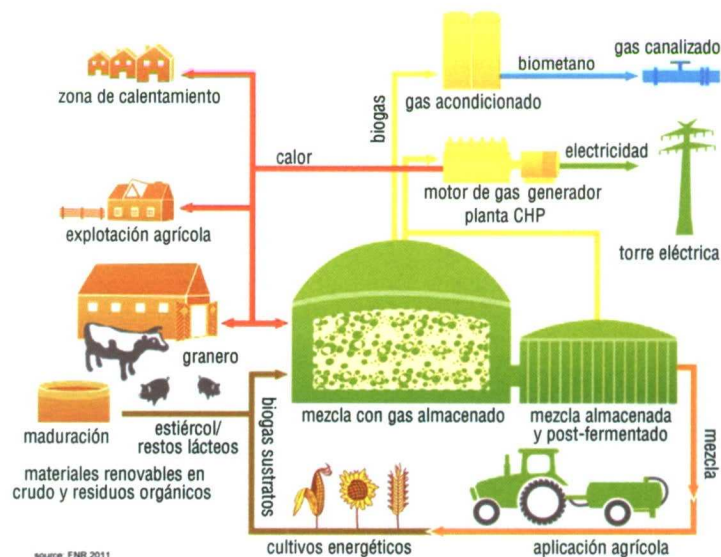
dioambientalmente aceptable. Falta mucho por hacer en relación con la reducción de las emisiones de partículas y de gases de efecto invernadero en las plantas de combustión medianas y pequeñas.

- La industria de maquinaria agrícola puede contribuir de manera importante para mejorar la mecanización en la recolección de la biomasa y su transformación en productos intermedios.

**Producción de energía a partir de la biomasa**

La primera parte de esta sección se centró en la producción de biogás mediante digestión de la materia orgánica, que tanto desarrollo está teniendo en países del centro y del norte de Europa, y especialmente en Alemania, dado el buen precio que recibe la energía eléctrica producida mediante esta tecnología.

En la segunda parte se analizan las alternativas para producir biocombustibles en procesos de 2ª generación, junto las diferentes materias primas potencialmente disponibles y el estado actual de la tecnología mecánica para recogida y procesado de la biomasa de origen diverso.



source: FNR 2011

Esquema de una instalación de biogás en una explotación agropecuaria (fuente FNR).

## Biogás: energía producida mediante fermentación anaerobia

Detlef Riesel, representante a la FNR (Agencia para los Recursos Renovables de Alemania), analizó sucesivamente la tecnología para la producción de biogás, la utilización del biogás producido y la situación de la producción de biogás en Alemania.

Previamente presentó las características del FNR, una Asociación financiada por el Gobierno de Alemania, que realiza proyectos de investigación desarrollo y demostración (más de 2 000 en la actualidad), relacionados con biolubricantes, construcción y materiales aislantes, fuentes renovables de energía y bio-energía.

Como estrategia para conseguir buenos resultados en la producción de biogás, se analizan diferentes especies vegetales, sus técnicas de cultivo, los procesos de transformación de la biomasa para obtener el máximo de metano, el tratamiento y la utilización del biogás producido y la utilización del digestato residual como fertilizante sin riesgo para las personas o el ambiente.

El biogás se produce naturalmente en suelos pantanosos y en el estómago de los rumiantes por la descomposición microbiana de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Esto mismo se puede conseguir en instalaciones industriales con un rendimiento variable; así 1 m<sup>3</sup> de biogás permite obtener entre 5.0 y 7.5 kWh, y 1 m<sup>3</sup> de metano proporciona 9.97 kWh.

Como ventajas de estas tecnologías, además de reducir la demanda de la energía de origen fósil, están la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, el aprovechamiento de residuos orgánicos y basuras en el ámbito regional, el ahorro de fertilizantes minerales, todo ello en zonas rurales, con lo que aumentan los ingresos de los

agricultores y los puestos de trabajo. Esto explica el apoyo de las autoridades alemanas para mejorar la tecnología de producción de biogás en el medio rural.

Como material para obtener el biogás se están utilizando el estiércol producido por el ganado, cultivos energéticos (maíz, hierba, remolacha, girasol...), residuos alimentarios, y basuras orgánicas y residuos procedentes de la indus-

**1 m<sup>3</sup> de biogás permite obtener entre 5.0 y 7.5 kWh, y 1 m<sup>3</sup> de metano proporciona 9.97 kWh. No todos los materiales ofrecen el mismo potencial para producir metano**

tria alimentaria (pulpas, restos de mataderos, residuos de jardinería, etc.).

No todos los materiales ofrecen el mismo potencial para producir metano. También hay que considerar la disponibilidad local, la estabilidad a lo largo del año, la calidad uniforme, la relación coste/beneficio, el rendimiento en biogás, y la posibilidad de mezclas de productos diferentes. En el caso de Alemania, el 76% de la materia prima utilizada es silo de maíz (año 2010), seguida con el 11% de hierba ensilada.

Se conocen diferentes tecnologías para producir biogás, que dependen del contenido de



Picado de maíz para ensilado.

materia seca en el material de entrada, de la forma en la que se realiza la alimentación (continua o discontinua), del número de fases en el proceso (una o dos) y de la temperatura en la que éste se realiza.

En la situación actual de Alemania, hay que destacar que se necesita apoyo económico para rentabilizar la producción de energía con el metano obtenido por la fermentación de biomasa, siendo la producción de calor la que exige menos subvención. Por los beneficios ambientales y sociales que se derivan de esta forma de obtención de energía renovable, el gobierno alemán bonifica la energía producida con esta técnica, a la vez que establece una reglamentación para los que construyan y utilicen este tipo de instalaciones.

### La mejora de la eficiencia técnica, económica y ecológica de producción del biogás: Los desafíos futuros para el sector de la ingeniería agrícola

Como complemento de la ponencia sobre el biogás, H. Döhler presentó otra, que se puede resumir como sigue.

El sector de la energía renovable a partir de biogás proporciona una contribución significativa en Alemania. Aproximadamente dispone de 7 000 instalaciones agrícolas de biogás, con una capacidad total de 2 730 MW, que equivalen a dos plantas de generación eléctrica con energía nuclear, con una producción aproximada del 2.1% del consu-

mo de electricidad total en Alemania (año 2010).

El biogás, en comparación con otras fuentes de bioenergía, ofrece algunas ventajas: producción sostenible a partir de diferentes tipos de biomasa, y distintas formas de aprovechamiento de la energía producida.

Los costes de producción de energía a partir de biogás, y mediante la tecnología fotovoltaica son similares en Alemania en el momento actual. A pesar del aumento en la eficacia de producción del biogás, por los costes crecientes de los componentes de la planta y los substratos (la biomasa), no se esperan reducciones en los costes de la energía producida con este sistema.

Por los adelantos tecnológicos en la industria de los semiconductores y la producción en mayores volúmenes de paneles fotovoltaicos, los costes de esta energía se reducen de 90 a 15 céntimos/kWh, aumentando significativamente la competitividad de otras fuentes de energía renovables diferentes de la biomasa.

La generación de electricidad en las plantas del biogás competirá con otras opciones de energías renovables, como consecuencia de que minimiza las emisiones netas de gases de efecto invernadero, que tienden a cero. Esto permite una reducción económicamente aceptable de unos 100 €/tonelada de CO<sub>2</sub>.

La prioridad para el sector de la ingeniería agrícola es la inves-

tigación y el desarrollo de los diferentes pasos en el proceso de generación del biogás, con la desintegración de la ligno-celulosa, para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, a la vez que se mejora la eficacia de la producción de biogás.

**Los costes de producción de energía a partir de biogás, y mediante la tecnología fotovoltaica son similares en Alemania en el momento actual**

**La apreciación global en las tecnologías de biocombustibles: las materias primas y el desarrollo de los procesos**

David Chiamonti, del Renewable Energy Consortium for R&D - RE-CORD (Italia), realizó en su ponencia un análisis global del estado actual de la situación en el campo de tecnologías para producción de biocombustibles.

Después de la publicación de las Directivas CE/28/2009 y CE/30/2009, los diferentes Estados Miembros de la UE han desarrollado planes de acción nacionales para el desarrollo de las mismas. Este esfuerzo del legislativo ha creado las condiciones para el desarrollo de nuevos procesos y tecnologías, y en particular las de los biocombustibles de 2ª generación.

Este término se utiliza para denominar los combustibles líquidos derivados de la biomasa lignocelulósica, a través procesos termoquímicos, bioquímicos,



cos, o combinación de ambos. Son materias primas alternativas la biomasa obtenida con algas, los residuos orgánicos y basuras, los aceites fritos desechados, los ácidos grasos, etc., que no se consideraron en la ponencia.

La biomasa lignocelulósica puede obtenerse en tierras productivas marginales o de menor calidad, con lo que se reduce la interferencia con la producción de alimentos. Esto la hace diferente de la producción de biocombustibles a partir de cultivos como la caña de azúcar o los oleaginosos. Además, la tierra necesaria por unidad de materia prima es mucho menor que la que se necesita para obtener combustibles de 1ª generación, y los costes por tonelada de materia seca son mucho menores.

La biomasa ligno-celulósica se fracciona mediante un pretratamiento específico para obtener sus componentes básicos: hemicelulosa, celulosa, lignina (como exposición al vapor seguida por la hidrólisis enzimática), llegando a un gas constituido básicamente por H<sub>2</sub> y CO, y cantidades diferentes de contaminan-

Rastrojo de caña de azúcar.





Cultivos arbóreos para la producción de biomasa.

tes para los procesos que siguen.

Los pasos biológicos basados en la acción de microorganismos que transforman los azúcares en etanol y otros productos, junto con el gas producido a partir de la biomasa, permiten obtener un biocombustible líquido. Este proceso se llama BTL (Biomasa-a-Líquido), por analogía a CTL (Carbón-a-Líquido), o GTL (Gas-a-Líquido), procesos ya conocidos.

Los requisitos tecnológicos para las materias primas pueden ser significativamente diferentes si se trata de alimentar un proceso termoquímico o un proceso bioquímico. Esto no sólo se aplica a las condiciones físicas (por ejemplo, secado), sino también a los aspectos químicos, como el contenido en cenizas y composición. Así, los procesos termoquímicos, como la pirólisis y la gasificación o gasificación directa, son muy sensibles a las características de la ceniza, mientras las soluciones bioquímicas parecen más flexibles a este respecto.

En el estado industrial de los procesos para la producción

de biocombustibles, el etanol obtenido a partir de procesos bioquímicos ha alcanzado el nivel de demostración completo, con producción de decenas de miles de toneladas por año, mientras que las plantas de demostración que realizan los procesos termoquímicos están avanzando en la UE más lentamente de lo esperado. Estos procesos probablemente tendrán un fuerte impacto en la comercialización de combustibles de 2ª generación en los próximos años.

### El suministro de biomasa de madera para producir energía: las tendencias globales y perspectivas

Raffaele Spinelli, del CNR-IVALSA (Italia), analizó la situación bajo dos aspectos: el de la disponibilidad de biomasa en forma de madera y los procesos tecnológicos para obtenerla en la actualidad y en el futuro.

Se pueden considerar tres fuentes principales de biomasa leñosa: los productos del bosque, los residuos de madera agrícola y las plantaciones especializadas. Los productos del bosque aprovechables para producir energía son los residuos de los procesos de producción de la madera, como restos de

poda o ramas y troncos que no ofrecen dimensión comercial como madera. El precio del material residual condiciona su destino, teniendo en cuenta el coste de la recogida de la biomasa residual. Por otra parte, las cantidades producidas son muy variables, y se dan valores de entre 0.2 y 0.3 toneladas de biomasa residual por cada metro cúbico de madera obtenida. También puede ser interesante la recuperación de las raíces para obtener biomasa.

Los residuos de madera de origen agrícola son la mayor fuente de biomasa para producir energía, con gran beneficio si se desarrollan sistemas de recogida eficaces. Los restos de poda en frutales proporcionan de 2 a 4 t/ha de madera verde en la poda anual de las diferentes especies, que aumentan en el caso del olivar.

Por otra parte se encuentran las plantaciones especializadas, que ofrecen el mayor potencial. Las especies principales son sauces, álamos y eucaliptos, y las rotaciones que se utilizan van de 1 a 5 años. Los rendimientos anuales están en el rango de 30-35 toneladas por hectárea de material en verde para sauce y álamo en las regiones templadas, pero pueden ser dos veces más elevados en



Agavilladora de ramas.

las plantaciones de eucalipto brasileñas.

Las tecnologías de proceso con el astillado de la madera (*chipping*) permiten aumentar su densidad facilitando el transporte. Hay máquinas para realizar este proceso, tanto desde una perspectiva industrial, como para el uso doméstico. La productividad en los equipos profesionales puede variar entre 15 y 30 t/h, y los contratistas aplican una tarifa de 10 a 15 €/t, utilizando generalmente equipos con una capacidad de trabajo entre 10 y 15 t/h.

La alternativa al astillado es la compactación en gavillas que facilitan el transporte y permiten el almacenamiento del material incluso en condiciones atmosféricas adversas. La productividad del atado varía entre 10 y 30 gavillas/h, que equivalen a entre 5 a 12 t/h de material en verde. El coste del atado varía entre 10 y 20 €/t, que puede recuperarse a través del manejo más eficaz en el transporte y almacenamiento.

En los países nórdicos se aprovechan las raíces de pino que se extraen con excavadoras modificadas con sistema de garfios para el agarre de los troncos. Una vez arrancada la raíz, esta se agita para eliminar la tierra adherida, y se dejan en el campo para que la lluvia complete el proceso de eliminación de la tierra. En Italia para los álamos se utilizan sistemas de extracción tipo 'sacacor-

chos' accionados por la toma de fuerza de los tractores agrícolas. La eliminación de la tierra que acompaña las raíces permite reducir los costes de transporte, por lo que se han desarrollado sistemas con mayales accionados hidráulicamente para acelerarla.

## Los restos de poda en frutales proporcionan de 2 a 4 t/ha de madera verde en la poda anual de las diferentes especies, que aumentan en el caso del olivar

El empacado de los restos de poda se viene realizando desde hace algunos años, así como su picado para la posterior compactación. De las rotoempacadoras de pequeño tamaño, especialmente diseñadas para los sarmientos de la viña, se ha pasado a rotoempacadoras que incorporan sistemas de troceado en el recogedor que permiten empacar

ramas con troncos de hasta 15 cm de diámetro. Las pacas se almacenan con facilidad, mientras que las astillas en verde se deterioran con el tiempo. La capacidad de trabajo de las rotoempacadoras especiales para leña, recientemente introducidas en el mercado europeo proporcionan una capacidad de trabajo de más de 40 pacas/h (20 t/h) en plantaciones y de 15 a 18 pacas/h (8 a 10 t/h) en el medio natural. Los costes que se dan para diferentes sistemas de empacado de restos de poda están entre 15 y 35 €/t.

Para las plantaciones de árboles en turno corto, dirigidas a la producción de biomasa, se están utilizando picadoras de forraje dotadas de un cabezal segador basado en dos rotores con sierra de disco (SRC). Es necesario que las plantaciones que se recogen con estas cosechadoras se encuentren en llano, siendo la densidad de la cosecha la apropiada para la capacidad de picado de la cosechadora. En estas condiciones se consiguen capacidades efectivas de trabajo de más de 30 t/h. Los costes de la recolección varían entre 10 y 35 €/t de material en verde, con la utilización de máquinas con motores cuya potencia supera los 300 kW. En la actualidad se desarrollan equipos mecánicos de menor tamaño para ser accionados por tractores agrícolas, con el objetivo de reducir la inversión necesaria para que puedan utilizarse menos horas por año.

Con estas perspectivas se espera una notable evolución de la maquinaria que puede intervenir en los procesos de recolección y procesado de la madera con fines energéticos, adaptándose a las diferentes situaciones del medio en el que se produce, con distintos grados de automatización en función de las condiciones socioeconómicas de cada región.



Rotoempacadora para material leñosos.



Cabezal SCR para la siega de plantaciones arbóreas en turno corto.

## La energía de la biomasa: su utilización

La primera de las ponencias de esta sección estuvo dirigida a presentar la experiencia del Grupo Same Deutz-Fahr utilizando aceites vegetales como combustible en sus motores. En la segunda, se dió una visión global del potencial de los diferentes biocombustibles en los motores para uso agrícola.

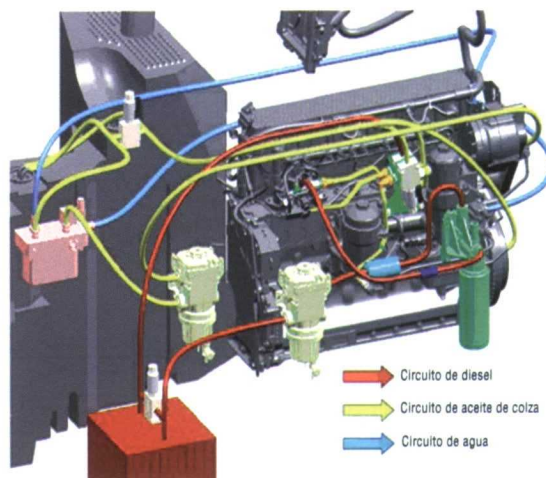
**La visión y experiencia de Same Deutz-Fahr con aceites vegetales puros (100%), esterificados (RME/FAME) y no esterificados (RSO) en tractores agrícolas con motor diésel.**

Massimo Ribaldone, presentó la experiencia del Grupo Same Deutz-Fahr en los últimos 10 años, utilizando aceites vegetales puros y esterificados en los motores de sus tractores.

Con la utilización de aceite de colza esterificado (RME), se ha observado pérdidas de potencia entre el 7 y el 10% con respecto a lo que se obtiene con gasóleo; además se necesita reducir los intervalos de cambio de aceite. Conviene evitar tiempos largos sin servicio cuando se utiliza biodiésel, y se deben utilizar materiales resistentes a este combustible.

Como ventajas más significativas, se pueden destacar la menor emisión de humos (-50%) y de partículas (-30%), reducción global de la emisión de CO<sub>2</sub> y de azufre. Como inconvenientes está el incremento de las emisiones de NOx (+15%), y el aumento del consumo de combustible (+5%). El comportamiento dinámico del motor se puede considerar normal y la fiabilidad es buena con los motores Deutz-AG preparados para RME (B100), con combustible que cumple la norma EN 14214. Las pruebas se realizaron con tractores SDF de menos de 90 kW.

Se utilizó aceite vegetal puro (aceite de colza, según norma DIN V51605), en un programa realizado con 100 tractores (2001-2005), en colaboración con la Universidad de Rostock, con tractores que no se diseñaron específicamente para este tipo de combustible, y que utilizaban motores con niveles de emisiones 1 y 2. Se realizaron modificaciones en el sistema de alimentación de combustible, con dos opciones: depósito de combustible



Sistema *natural power* para aceite de colza (Same Deutz-Fahr).

**Para las plantaciones de árboles en turno corto, dirigidas a la producción de biomasa, se están utilizando picadoras de forraje dotadas de un cabezal segador**

único (con aceite vegetal crudo), que fue la opción que se utilizó en la mayoría de los tractores del programa de pruebas, y depósito doble (gasóleo y aceite), para utilizar el gasóleo en condiciones de baja temperatura, con un sistema simple para el cambio de combustible.

Como ventajas del sistema se dan el menor coste del combustible (sin impuestos gubernamentales), no hay necesidad de modificar el tractor, reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, e incremento de la potencia con el sistema de inyección utilizado. Como inconvenientes, respecto a

cuando se trabaja con gasóleo, están la falta de uniformidad del combustible, reducción de los intervalos de servicio, necesidad de calentar el aceite en tiempo frío y mayor riesgo de daños, especialmente en el sistema de inyección.

Los resultados de las pruebas demostraron que se necesita un segundo depósito para poder adecuar la viscosidad del aceite. Además, en el 2004, el penúltimo año del periodo de pruebas, se detectaron daños en el sistema de inyección de algunos tractores, por lo que no era aconsejable introducir este sistema en tractores de producción regular. Esta experiencia se utilizó para el proyecto *natural power*, que se pondría en marcha años después.

Así, en 2008, se introdujo el sistema de doble combustible (*natural power*) para tractores en el rango de 90 a 140 kW, que podían ser alimentados con aceite vegetal puro (según norma DIN V51605). Estos motores disponen de 4 válvulas por cilindro y cumplen el nivel de emisiones 3A. El sistema de cambio progresivo y automático del gasóleo por el aceite (doble depósito) se comporta de forma satisfactoria, y no se pro-

duce la bajada de la fiabilidad por el empleo del aceite con viscosidad más elevada que la del combustible y un grado de cetano de 40-42.

Los costes del desarrollo son altos, se produce una ligera reducción de la potencia disponible (~5%), el consumo de combustible aumenta en aproximadamente un 10%, el sistema de inyección se complica pudiéndose producir fallos en campo, en condiciones ambientales frías la proporción gasóleo/aceite se mantiene alta, por lo que con un depósito de gasóleo pequeño se reduce los tiempos de trabajo sin repostar. A pesar de estos inconvenientes, no surgen quejas ni se producen fallos durante las pruebas. Como el coste del sistema es alto, el retorno de inversiones sólo es aceptable si el combustible se paga sin los impuestos agregados a los combustibles.

En consecuencia, está probada la viabilidad técnica del empleo de los biocombustibles en los motores, y se puede llegar a soluciones de compromiso que permiten reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto a las que se producen utilizando biocombustibles de origen fósil.

### **Biocombustibles utilizados en los tractores**

Giuseppe Gavioli, de CNH Innovation, desarrolló la última ponencia, dedicada a dar un a visión general del potencial de los diferentes biocombustibles para ser utilizados en los motores de uso agrícola.

Como punto de partida indica que se pueden utilizar biocombustibles líquidos (biodiésel, BTL, bioetanol...) y gaseosos (biometano, hidrógeno) con ventajas medioambientales (reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero).

El biodiésel, obtenido a partir de aceites vegetales o grasas animales mediante un proceso

de trans-esterificación, puede utilizarse puro (100% B100) o en mezclas con gasóleo (B5, B20, B50...). Incluso a bajas concentraciones, el biodiésel mejora el poder lubricante del combustible y su número de cetano; proporciona menor energía por unidad de volumen que el gasóleo normal; reduce las emisiones de HC, CO y PM (partículas), pero incrementa las de NOx. Debe almacenarse a temperaturas de más de 7 °C, o calentarse antes de su utilización.

El bioetanol es un combustible líquido obtenido a partir de la biomasa, realizando la fermentación de los azúcares derivados de cultivos como maíz o caña de azúcar (1ª generación), o a partir de materiales celulósicos, como restos de cosecha, ramas de poda, o plantaciones especializadas (2ª generación). Normalmente se utiliza en las mezclas con la gasolina (E10, E85) y aumenta el número de octano de este combustible. Contiene el 30% menos energía por unidad de volumen que la gasolina, pero requiere 10 veces menos de energía fósil para producirlo.

El BTL pertenece al grupo de los combustibles sintéticos (Synfuel o Sunfuel®), o sea de los de 2ª generación, y puede adaptarse sin dificultad a los motores actuales. Como ya se ha indicado, pueden obtenerse de la biomasa de diferente procedencia.

El biometano puede obtenerse mediante filtración a partir del biogás obtenido por la digestión anaerobia de la biomasa; es químicamente idéntico al gas natural o metano. También se puede obtener mediante gasificación de la biomasa. Con la tecnología actual, el motor diesel utilizando gasóleo es un 15% más eficiente que cuando cambia a metano, aunque las emisiones tóxicas se reducen considerablemente. Un litro de gasóleo equivale (en términos de energía producida) a 5.7 L de metano a 200 bar de presión.

El hidrógeno como biocombustible puede obtenerse de distintas maneras (biogás, digestión anaerobia, gasificación), o a partir de la energía eléctrica generada mediante paneles solares o aerogeneradores (electrólisis). Puede utilizarse en motores mezcla-



Tractor experimental con pila de combustible alimentada con hidrógeno (New Holland).



do con metano (más del 30-40% en volumen) para reducir las emisiones. El hidrógeno puro en combinación con las pilas de combustible produce emisión 'cero', con eficiencia del 50 al 80% frente al 40% de los motores de com-

bustión interna. Su densidad es muy baja, del orden de 24 kg los 1 000 litros a presión de 350 bar. Con el estado actual de la tecnología, para una potencia de 100 kW se necesita aproximadamente 5.8 kg/h de hidrógeno.

En la actualidad los fabricantes de tractores ofrecen la posibilidad de utilizar biodiésel B5 a B20 como regla general y B100 con algunas adaptaciones. La utilización del etanol es posible, dada la experiencia en el sector del automóvil; los motores que combina metano con gasóleo ya se utilizan; el hidrógeno como propulsor está en estudio. Se investiga sobre las mezclas de biodiésel con hidrógeno y de bioetanol con hidrógeno.

En resumen, los avances en la mecanización agrícola continúan ayudando a la producción de alimentos, piensos y fibras, y puede contribuir globalmente a la producción sostenible de biocombustibles. ■

#### Bibliografía

Ponencias presentadas en la 22ª Reunión Anual del Club of Bologna ([www.clubofbologna.org](http://www.clubofbologna.org)).

  
**DELTACINCO**  
IMPORTADOR EXCLUSIVO  
PARA ESPAÑA



#### Pulverizador suspendido **AMAZONE Serie UF**

- Anchos de trabajo desde 15 a 28 metros.
- Capacidad del tanque de 900, 1200, 1500 y 1800 litros.
- Diseño ligero pero extremadamente resistente.
- Unidades de control dirigidas por el ordenador AMATRON + para una distribución precisa.
- Equipamientos exclusivos como sistema de control automático de la altura de pulverización (DISTANCE CONTROL)



**AMAZONE**

  
**KRONE**