



## “LA TERCERA VÍA DE LA MECANIZACIÓN” EVOLUCIÓN RECIENTE DE LA MECANIZACIÓN AGRARIA

Argüello Revilla, Álvaro; Martínez Ballesteros, Abel; Verdugo Andrés, Antonio

Tutores: Barreiro, Pilar; Moya, Adolfo

Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: A.arguello@alumnos.upm.es; Abel.mballesteros@alumnos.upm.es;

A.verdugo@alumnos.upm.es

### RESUMEN

Durante la evolución de la maquinaria se han desarrollado hasta tres estrategias o vías de mecanización bien diferenciadas: desarrollo de maquinaria de gran potencia (>110 kW), pequeños robots autónomos (<20 kW), y parques de máquinas de potencia media (en torno a 60 kW) controladas simultáneamente por un único operador. Todas ellas están encaminadas a la optimización de la producción (mayores capacidades de trabajo y menores costes), en el caso de la segunda y la tercera vía se amplían los criterios de optimización.

Cuando se pretende establecer un procedimiento capaz de un manejo del suelo más *sostenible* sin comprometer la capacidad de trabajo nos encontramos con la denominada *tercera vía* en la que se propone el empleo de flotas de tractores con un único operador capaz de manejar un número limitado de máquinas. Este es el caso del sistema *GUIDE CONNECT* de Fendt, medalla de oro en diversas ferias internacionales durante éste último año.

**Palabras clave:** *sostenible, tercera vía, GUIDE CONNECT*

### INTRODUCCIÓN

Nuestro interés por este tema ha surgido gracias a la reciente adjudicación de la medalla de oro de Agritechnica 2011 al grupo Fendt, que ha desarrollado un sistema de conexión entre tractores llamado *Guide-Connect*, con el cual se consiguen controlar dos tractores en labores de campo utilizando un único conductor. Ésta propuesta se ajusta a los principios establecidos por la tercera vía de la mecanización.

### EVOLUCIÓN DE LA MAQUINARIA: TERCERA VÍA

Una primera etapa de la mecanización fundamentaba su eficiencia en el empleo de máquinas pesadas (de 5 a 7 Mg) que implican grandes capacidades de trabajo mientras que la segunda vía propugna el empleo de pequeños robots autónomos (*Small Smart Machines*) especializados en su labor. La tercera vía pretende por una parte reducir el problema de la compactación debido al tránsito de maquinaria pesada asociado a la primera vía, y por otra extender la capacidad de las máquinas empleadas en la segunda vía, sorteando la limitación al control de la maquinaria mediante sistemas maestro-esclavo en los cuales ésta presenta la supervisión humana *in situ*.

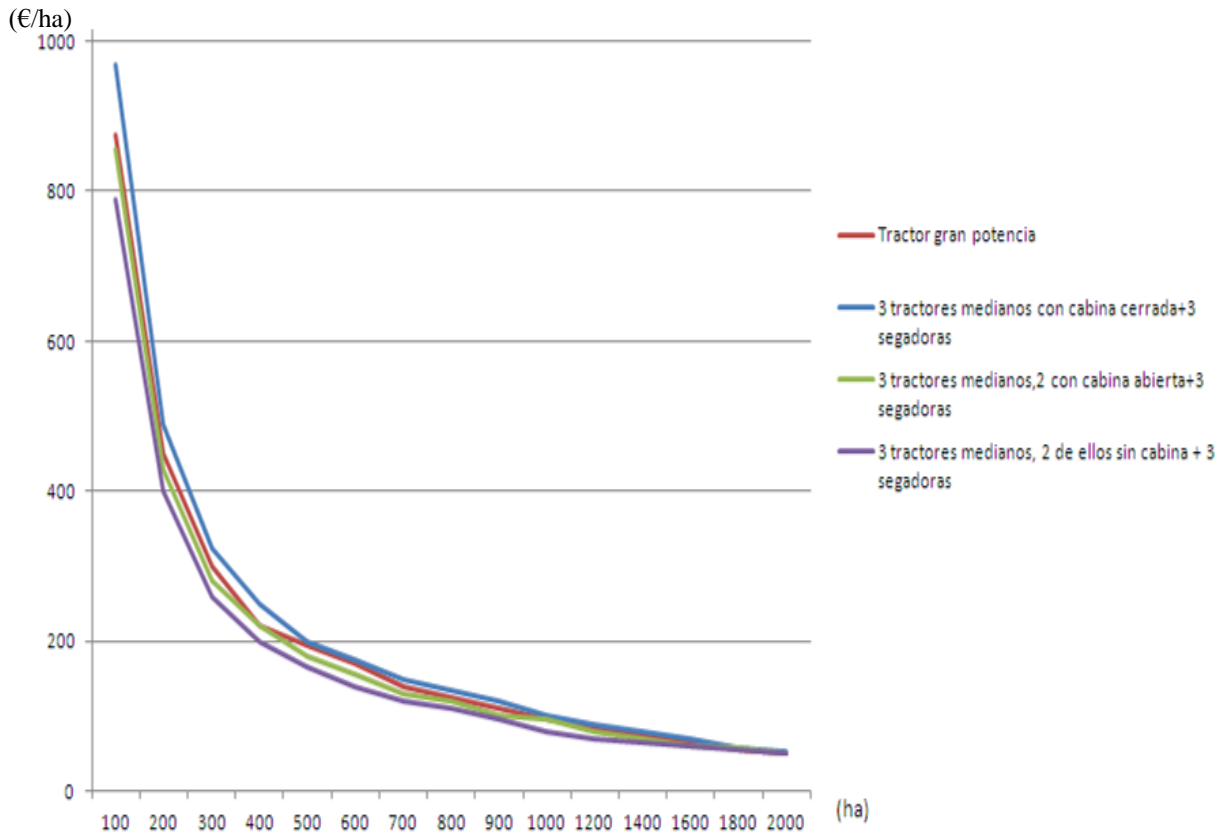
El estudio “*Evolution of agricultural machinery: the third way*” (Berducat et al., 2009), demuestra que la aplicación de ésta vía aún no es económicamente rentable, a no ser que contemos con algún tractor sin cabina, pero con vistas al futuro puede ser una tecnología interesante de desarrollar ya que el paso del tiempo reduce el coste de la tecnología.

El mencionado trabajo compara los costes asociados a la operación mediante un único tractor de gran potencia (200 kW) con su segadora considerando una velocidad media de 12 km/h y un tiempo accesorio de virajes del 5%, con tres tractores de potencia media (60 kW) con sus respectivas tres segadoras supervisados por un único operador a bordo del tractor maestro, considerando la misma velocidad de 12 km/h y un tiempo accesorio de virajes superior, concretamente del 10%. El estudio de costes contempla la posibilidad de que los tres tractores de media potencia sean completos, que dos de los tres estén equipados con cabina abierta y un último caso en el cuál sólo el tractor en el que viaja el operador dispone de cabina. La Figura 1, adaptada del trabajo mencionado, muestra los



gráficos de coste por unidad de superficie para las distintas soluciones propuestas y en función de la superficie total trabajada.

**Figura 1. Evolución del coste por unidad de superficie según la superficie total de trabajo. (Adaptado de Berducat et al., 2009)**



### EL EFECTO DEL PESO DEL TRACTOR SOBRE EL TERRENO

La compactación del terreno es el proceso por el cual se genera una variación de volumen de suelo bajo la acción de fuerzas de compresión (Ortiz-Cañavate et al., 1989). Estas fuerzas pueden ser de origen mecánico debidas al paso de vehículos. Las variaciones en el estado de compactación del suelo son principalmente debidas a los cambios de posición de las partículas del suelo que provocan una reducción en la porosidad y dependen tanto de la carga aplicada como de la superficie de contacto entre el neumático o cadena con el suelo. La Ecuación 1, determinada empíricamente, relaciona la variación de volumen del suelo con la presión hidrostática ejercida mediante compresión uniaxial a la que éste es sometido. En ésta,  $e$  se refiere al índice de huecos en un momento dado,  $e_0$  al índice de huecos inicial,  $\lambda$  es la pendiente de la curva en escala semilogarítmica y  $\sigma_n$  y  $\sigma_0$  se refieren a la presión hidrostática ejercida en un instante y en el momento inicial.

#### Ecuación 1. Relación entre variación de volumen y la compresión

$$e = e_0 - \lambda \log \frac{\sigma_n}{\sigma_0}$$

El tipo y estado del terreno en el que se trabaje resulta también relevante en los efectos de compresión causados sobre este, en el estudio llevado a cabo por Page-Dumroese et al.



En 2005 se determina la compactación en diversos terrenos a lo largo de 5 años de labor. Los resultados correspondientes a esta comunicación se recogen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Incremento de la densidad aparente antes y después de realizar la cosecha en un periodo de 5 años y sus consecuencias (adaptado de Page-Dumroese et al, 2005)**

Textura del suelo	Densidad aparente (Mg/m <sup>3</sup> )			Daño en función de la densidad		
	Inicial	Final	Incremento (%)	Nulo	Moderado	Peligroso
Arenoso	1.35	1.60	16	1.12	1.28	1.34
Arcilloso	1.05	1.29	20	1.10	1.18	1.27
Limoso	0.95	1.4	33	1.31	1.41	1.42
Franco	0.72	0.96	25	0.6	0.72	0.83

### INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Actualmente, la aplicación de maquinaria completamente autónoma está penalizada por la ley, ya que ésta no permite el uso de maquinaria no tripulada y no supervisada por una persona debido al riesgo de accidentes que comporta. Por esta causa, los investigadores están negociando con el gobierno de Japón el llevar a cabo ensayos con esta tecnología en la zona del desastre de Fukushima, donde debido a la fuga radiactiva en una central nuclear, se ha determinado una amplia zona de exclusión a personas. Tras el accidente, más de 59.000 acres (24000 ha) de terreno cultivable están dañados. El gobierno ha cedido alrededor de 600 acres (242 ha) para realizar las pruebas, destinando para ello 52 millones de dólares en ayudas para los próximos seis años. Existen varias empresas dispuestas a contribuir económicamente incrementando la inversión hasta los 130 millones de dólares ("*Japan's Robot Farmers Could Save the Tsunami Disaster Zone*"). Estos robots, no sólo limpiarán el terreno sino que cultivarán distintos cultivos en la zona tales como arroz, trigo, guisantes, frutas y verduras.

### GUIDE CONNECT: PIONEROS EN EL SECTOR

La empresa *Fendt* fue galardonada con una de las medallas de oro de *Agritechnica* gracias al desarrollo del sistema *Guide-Connect* basándose en: un sistema de dos emisores/receptores que se encuentra en cada vehículo y se envían continuamente señales georreferenciadas entre ellos para mantener su compenetración. También se les puede programar previamente una ruta predeterminada para salvar obstáculos en su camino (postes de luz, afloramientos rocosos, arboles...). Esta tecnología cuenta con un sistema de seguridad que permite detener al vehículo guiado en caso de perder el contacto con el tractor maestro o alejarse demasiado de él. Además, el sistema posee varias posibilidades de soslayar obstáculos que no estén programados en el mapa de navegación a través de unos botones auxiliares en el panel de control del tractor maestro tripulado.

**Figura 2. Funcionamiento del sistema *Guide-Connect***





Éste sistema es sólo el primer paso en el desarrollo de la tercera vía, el fin último es tener un sistema automatizado con varias máquinas que realicen distintas labores y estén supervisadas por un único operador.

## CONCLUSIONES

De la realización de éste trabajo, se extrae la idea de que puede ser una herramienta con gran utilidad a largo plazo ya que actualmente es una tecnología muy joven y poco conocida, que requiere una gran inversión, y que puede dar lugar al rechazo de los agricultores más veteranos.

El coste unitario del uso de tres tractores, dos de ellos sin cabina es siempre menor que el empleo de un solo tractor de gran potencia. El gran inconveniente de éste supuesto es la restricción que existe para los tractores sin cabina para utilizarse de manera independiente por un operador debido al incumplimiento de las normas de seguridad y protección. En la comparación del tractor de gran potencia con los tractores de cabina abierta se observan unos costes similares por lo que la elección del sistema a emplear recae en el agricultor. Ningún tamaño de explotación justifica el uso de tres tractores con todas sus prestaciones respecto al tractor de gran potencia.

A día de hoy vemos una alternativa económicamente más favorable consistente en el empleo de elementos de tracción que reduzcan la presión ejercida sobre el terreno (ruedas gemelares, neumáticos de baja presión, orugas...). Con ello se consigue una buena distribución de pesos a lo largo del terreno que reduce significativamente la compactación del suelo, que creemos que es la esencia del empleo del sistema *Guide-Connect*.

A pesar de ello, la medida tomada por el gobierno japonés de utilizar las zonas afectadas por la catástrofe de Fukushima para investigar y desarrollar la utilización de robots autómatas agrícolas con vistas a la automatización del campo nos ha parecido una idea realmente innovadora que puede ayudar a una reducción de los precios de esta tecnología para hacerla más accesible para el agricultor.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bakken,A.K, Brandsæter,L.O., Eltun,R., Hansen,S., Mangerud,K., Pommeresche,R., Riley,H. (2009): Effect of tractor weight, depth of ploughing and wheel placement during ploughing in an organic cereal rotation on contrasting soils. *Soil Till.*
- Berducat M., Debian C., Lenain R., Cariou C. Evolution of agricultural machinery: the third way. *Proceedings of International conference "JIAC2009", Wageningen, Netherlands, 2009, pp. 43.*  
[http://www.agritechnica.com/1144.html?&no\\_cache=1&sword\\_list%5B%5D=connect](http://www.agritechnica.com/1144.html?&no_cache=1&sword_list%5B%5D=connect) Página consultada el 20 de Diciembre de 2011.
- <http://www.innovationnewsdaily.com/771-japan-robot-farm-tsunami-disaster-zone.html> Página consultada el 14 de Enero de 2012
- <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/8996505/Japan-to-open-robot-farm-in-tsunami-disaster-zone.html> Página consultada el 14 de Enero de 2012
- Ortiz-Cañavate J.,Hernanz J.L., (1988): *Técnica de la mecanización agraria*, Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España.
- Page-Dumroese et al., 2005 D., Jurgensen, M., Tiarks, A., Sanchez, F., Fleming, R., Kranabetter, M., Powers, R., Ponder, F., Stone, D., Elioff, J., Scott, A., 2005. Soil physical property changes on the North American long-term soil productivity (LTSP) study sites: 1 and 5 years after treatment. *Can. J. For. Res.*, submitted for publication.