



Gil ARL 8B, arado de cohecho reversible para un mínimo consumo y una alta calidad también en parcelas ecológicas

El 21 de mayo, con buen tiempo y el suelo en condiciones favorables, después de las lluvias de los últimos días, procedimos a realizar un conjunto de pruebas de evaluación en campo del arado de cohecho reversible Gil ARL H-8B. Pruebas que tuvieron lugar en primer lugar en la finca denominada Coto de San Benito (cerca de Valdepiélagos en la Comunidad de Madrid), y en una parcela cercana en barbecho desde hace cuatro años. Los resultados más destacables en capacidad de trabajo, consumo de combustible y calidad de la labor se detallan a continuación.

Pilar Barreiro, Belén Diezma,
Miguel Garrido, Román Zarco,
Eva Baguena y Constantino Valero.

LPF_TAGRALIA. Dpto. Ingeniería Rural ETSI
Agrónomos UPM.

De acuerdo con Julio Gil, presente en todo momento en la prueba, el origen del arado de cohecho hay que situarlo en su empresa respondiendo a la necesidad de construir un arado pa-

ra el ahorro de combustible para la zona de Los Barrios cercana a la Guardia (Álava), hace ahora ya doce años.

La vertedera empleada en el arado ensayado es un diseño propio con más de cuarenta años que se desarrolló para una zona donde el terreno se pegaba mucho a las vertederas y no se podía voltear. Consiste básicamente en unos brazos de cultivador con una pala muy pequeña. Los arados de este tipo se desarrollaron a raíz de la primera crisis del petróleo en los años 70 del siglo pasado, lo

que demuestra que siempre en las épocas de crisis resulta imprescindible optimizar las labores.

Por tanto la vertedera empleada típicamente en el arado de cohecho Gil ARL es un diseño muy conocido que fabrica para la firma la empresa Bellota en acero al boro. Con posterioridad se ha desarrollado además una nueva vertedera discontinua, en la que se eliminan algunas secciones de acero, con el fin de minimizar la adherencia en suelos arcillosos y pesados (**foto 1**).

Cabe destacar que Gil tiene una amplia experiencia en arados de cohecho fijos con una cuantía aproximada de equipos en funcionamiento de 800 en todo el territorio nacional, comercializados en el mencionado periodo de doce años.

En arados de cohecho reversibles la experiencia de la empresa Julio Gil Águeda e Hijos se remonta a unos cuatro años, en los que se han comercializado una decena de equipos con sistema de reversión hidroneumático.

En la actualidad este tipo de arado cobra fuerza en todas aquellas explotaciones en las que el control de malas hierbas se vuelve fun-

damental, típicamente en las que se hayan acogido a la denominación de agricultura ecológica. Los ensayos internacionales más recientes ratifican esta tendencia (Metzke, Potthoff *et al.* 2007; Bakken, Brandsaeter *et al.* 2009) y se centran además en tratar de reducir el peso de los tractores empleados en la labor debido a la enorme incidencia que esto tiene sobre la compactación del suelo en profundidad, estudiando además el efecto de la profundidad de trabajo y del tipo de laboreo sobre las comunidades de gusanos como indicadores de la biología del suelo.

El arado empleado en este ensayo tenía unas 30 horas de uso, no habiendo sido sustituidos los formones en ninguna ocasión; Julio Gil apuntó a una recomendación de sustitución o revisión entre 30-40 ha, aunque este valor es enormemente dependiente de las características del suelo en el que se trabaje.

Características técnicas

Los modelos de arado de cohecho Gil ARL van desde cuatro brazos (75 CV; 55,9 kW) hasta nueve brazos (170 CV; 126,7 kW). Todos ellos con un ancho de corte fijo de 34 cm, por lo que los anchos útiles de trabajo (n° de brazos x ancho de corte) oscilan entre 1,36 m y 3,06 m. En los casos en los que el ancho de trabajo es inferior al ancho de vía de tractor, puede emplearse surco guía co-

mo referencia en las pasadas consecutivas, mientras que a partir típicamente de cinco cuerpos la labor se realiza con ambas ruedas del tractor sobre el suelo sin labrar, empleándose guías visuales para ajustar el ancho de trabajo; en caso de que el tractor disponga de autoguiado puede emplearse éste bien entendido que con sistemas DGPS diferencial el error puede situarse en torno a ± 30 cm, y por tanto su utilidad es limitada incluso para los anchos útiles mayores.

Los arados ARL disponen de una sola rueda de apoyo diseñada para el control de profundidad y el transporte. Conviene destacar el hecho de que es sólo una rueda, y que en el proceso de reversión se gira para quedar convenientemente orientada para ejercer de control independientemente del sentido de la labor. La rueda además avanza dentro del ancho de labor por lo que es posible apurar las zonas de trabajo hasta los bordes de las parcelas. La rueda de apoyo permite el control en profundidad mediante nueve posiciones seleccionables de forma sencilla mediante un perno tal y como se aprecia en la **foto 2**. Así como en los estudios que encontramos a nivel internacional las profundidades que suelen evaluarse oscilan mayoritariamente entre 12 y 14 cm, Julio Gil prefirió ceñirse a un uso en una profundidad mayor por considerar que es la demanda de sus usuarios.

El control de profundidad es hidroneumá-



Foto 2. Rueda de apoyo para el control de profundidad y el transporte.



Foto 3. Apero trabajando en la parcela trabajada con chísnel previamente.

tico (aceite y gas). El circuito al que están conectados los cilindros de amortiguación de cada brazo se tara de acuerdo con las condiciones del suelo. En nuestro caso a una presión de 60 kg/cm². El diámetro de los vástagos de los cilindros es en general de 45 mm, salvo en la vertedera que trabaja sobre la rodada del tractor en que el vástago es de 50 mm. De ello se infiere que la fuerza (presión $\times \pi \times \varnothing^2/4$) que determina la elevación de la mayoría de los brazos es de 954 kg fuerza (9.349 N), siendo 1.178 kg fuerza para la vertedera que trabaja sobre la rodada del tractor (11.544 N). El circuito de amortiguación se completa con un amortiguador que no es más que una botella donde se encuentra retenido el gas de manera que cuando alguno de los brazos se retrae el gas se comprime aumentando su presión. La capacidad de este amortiguador debe estar en relación con el número de brazos, dado que pueden

Cuadro I. Resumen de los ensayos realizados en cada una de las parcelas de trabajo con las condiciones de régimen del motor y velocidad teórica.

	Vertedera ciega		Vertedera discontinua	
	Pendiente ascendente	Pendiente descendente	Pendiente ascendente	Pendiente descendente
Labor previa meses atrás	4 trayectos	2 trayectos	2 trayectos	2 trayectos
Desnivel: 14 m	Control de tiro en posición 3; 2.000 rpm régimen de motor			
	Velocidad teórica 8,5 km/h			
Parcela en barbecho	2 trayectos	2 trayectos	2 trayectos	2 trayectos
Desnivel: 7 m	Control de tiro en posición 3; 2.000 rpm régimen de motor			
	Velocidad teórica 8,5 km/h			

ser varios los brazos que se encuentren basculando cada vez en un movimiento suave, lo que recuerda a las teclas de un piano durante una ejecución musical. Cuando el tamaño del amortiguador es excesivamente pequeño puede llegar a romperse algún latiguillo debido al exceso de presión. Conviene de día en día verificar la presión del circuito da-

do que la temperatura incide significativamente en la misma.

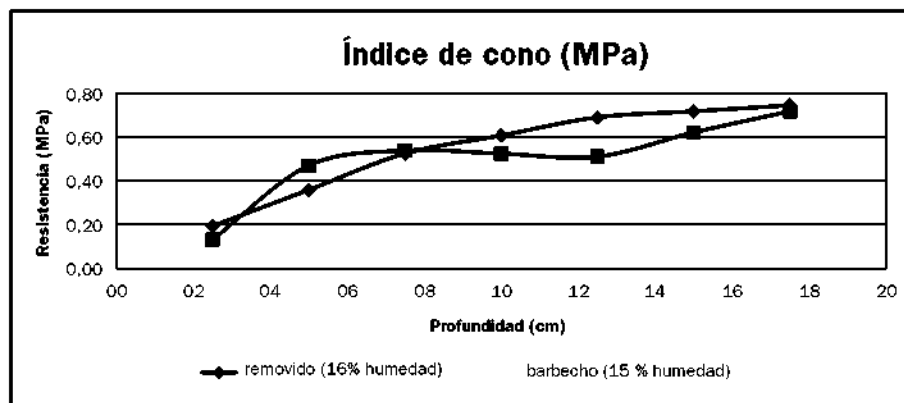
Uno de los aspectos que Julio Gil quiso destacar en relación a sus equipos es la disponibilidad de documentación *on-line* para sus clientes, documentación que se actualiza anualmente con todos los detalles y mejoras que se incorporan en cumplimiento con la



Foto 4. Apero trabajando en la parcela en barbecho y detalle del trabajo realizado en la misma parcela.

Figura 1

Índice de cono en función de la profundidad para las dos parcelas ensayadas.



normativa de seguridad de las máquinas agrícolas y que da lugar a etiquetado CE en todos sus equipos.

Ensayos realizados

En este artículo presentamos los resultados de trabajar con un arado Gil ARL de ocho brazos y ambos tipos de vertederas (ciegas y discontinuas), acoplado a un tractor John Deere 7830 de 205 CV (153 kW), con inyección electrónica, lo que nos permitirá emplear los datos internos de la CPU del tractor (régimen de motor, consumo horario y velocidad teórica) como elementos de análisis y comparación. El peso del apero es de 2.005 kg, mientras que el peso del tractor se acotó en báscula en 10.935 kg (lastradas las ruedas traseras al 75%) y con 18 contrapesos frontales de 50 kg; el reparto de pesos se situó en un 79,8% en el eje trasero y un 20,2% en el eje delantero.

Conviene una vez más destacar el aspecto contraproducente de trabajar con tractores tan pesados. Un sencillo cálculo empleando las dimensiones de los neumáticos (620 mm de ancho de balón trasero) y el ancho útil de trabajo (2,72 m para el ARL 8) nos indica que como mínimo el 45,5% del suelo es recorrido por las ruedas del tractor durante esta labor, con el consiguiente efecto de compactación en profundidad.

Se trabajó en dos zonas diferentes: una parcela que había sido trabajada con chisel meses atrás tras una aplicación de herbicida total (foto 3), y una parcela en barbecho de cuatro años (foto 4), que Julio Gil amable-

mente se ofreció a localizar junto con un agricultor de la zona ante nuestra demanda de evaluar el equipo no sólo en su finca sino en condiciones de terreno sin remover.

La figura 1 muestra el índice de cono antes de realizar la labor para una media de cinco repeticiones por parcela, evaluado a distintas profundidades. El contenido de humedad evaluado en otras tantas repeticiones mediante secado en estufa hasta pesada constante indica que nos situábamos en valores entre 15 y 16%, ligeramente mayor en la parcela con labor de chisel meses atrás.

Equipamiento empleado

Se instalaron dos GPS diferenciales uno sobre el centro del tractor y otro sobre el centro del apero. Como en ocasiones anteriores, los parámetros extraídos del DGPS son las coordenadas UTM, la altitud sobre el nivel del mar y velocidad real de avance (km/h), información que es posible superponer con las orto-fotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) o incluir en ficheros Google Earth para la simulación de trayectorias. Se emplearon además por primera vez unos acelerómetros para evaluar las vibraciones a las que se ven sometidos los brazos y el centro de tiro del apero. Se dispuso para ello de un acelerómetro triaxial (foto 5) en el brazo (x = línea, y = ancho, z = oscilación vertical) y otro uniaxial (midiendo vibraciones transversales al avance) que se situó en el centro de tiro del bastidor (en este caso entre el 4° y 5° brazo, dado que el bastidor estaba preparado para trabajar con nueve brazos).

Los datos de la CPU del tractor se registra-

Figura 2

Trayectos realizados en las parcelas de trabajo y en transporte (arriba). Detalle de los recorridos en las parcelas de trabajo.

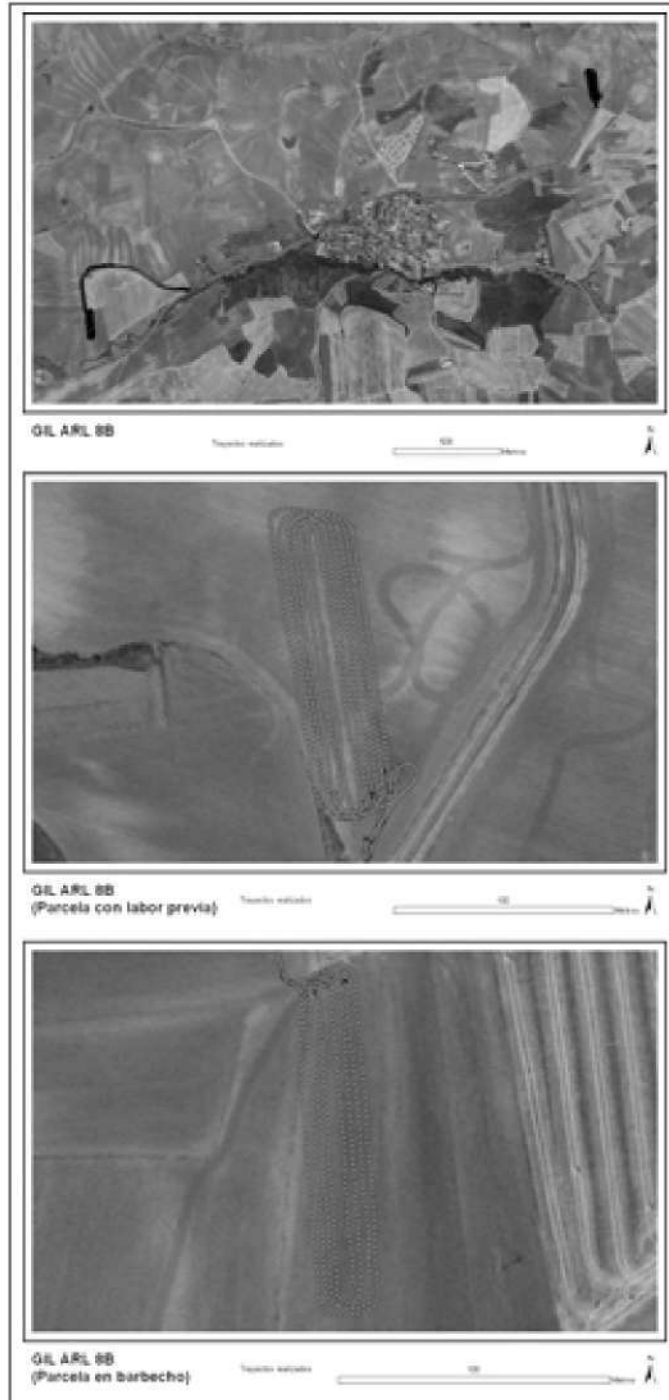


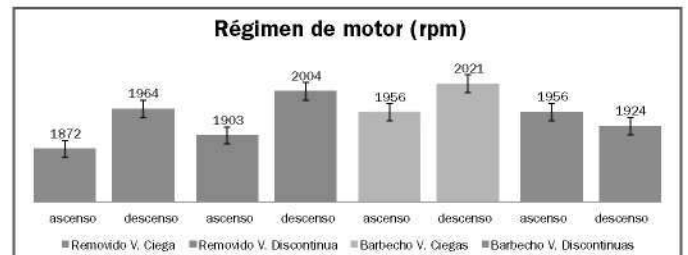
Figura 3

Superposición de los datos de velocidad registrados por el GPS durante los ensayos sobre la ortofoto del PNOA.



Figura 4

Comparativa del régimen del motor para los dos tipos de palas, los dos tipos de trayectos y las dos parcelas de trabajo.



ron digitalmente por voz, información que fue posteriormente transcrita y analizada estadísticamente.

Se empleó un manómetro para evaluar la presión del circuito de regulación hidroneu-

mático, tanto en estático como en la labor a lo largo de varias besanas, y se efectuó la labor con el control de tiro en posición 3. La necesidad de colocar el cableado de la instrumentación de forma estable determinó la

ejecución de la labor en círculos, revertiendo la vertedera al término de entre 2 y 4 giros completos en torno a una besana de 100 m.

En todos los recorridos se realizó un cronometrado manual doble de las labores (una

Figura 5

Comparativa del consumo horario según tipo de pala, trayecto ascendente o descendente y parcela de ensayo (l/h).

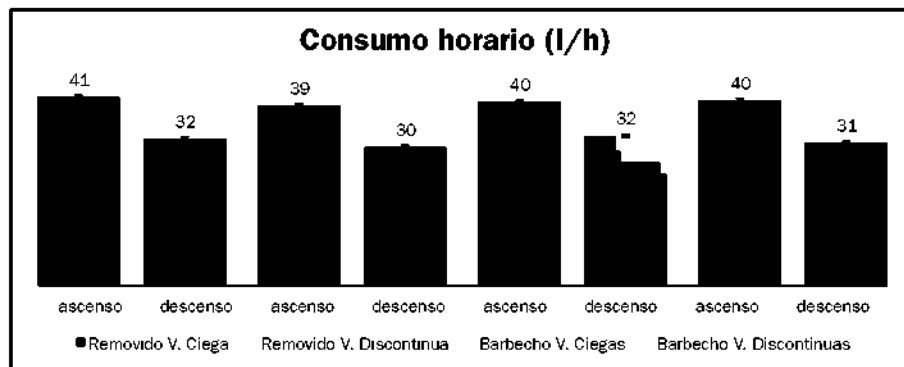
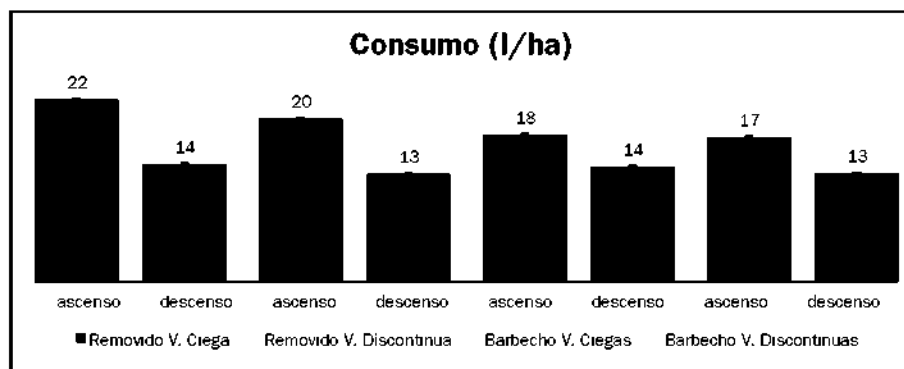


Figura 6

Comparativa del consumo horario según tipo de pala, trayecto ascendente o descendente y parcela de ensayo (l/ha).



persona en cada extremo de la besana con sendos cronómetros), con el fin de cotejar la información con el dispositivo GPS y para poder determinar *in situ* una información previa relativa a los resultados de los ensayos que permite tomar decisiones sobre la marcha y acerca de la necesidad de modificar las condiciones de ensayo. El **cuadro 1** resume los ensayos realizados.

Resultados

La **figura 2** representa los trayectos realizados por el arado de cohecho en la parcela con labor previa de chísel y en el barbecho de cuatro años, tanto con las vertederas ciegas como con las vertederas discontinuas, además del recorrido en transporte de una parcela a otra.

La **figura 3** indica las velocidades en las pendientes ascendentes y descendentes durante el trabajo. La velocidad aumenta en tra-

yectos descendentes respecto a los ascendentes. La pendiente fue asimismo inferior en la parcela de barbecho que en la parcela con labor de chísel meses atrás, lo que se refleja en menores diferencias de velocidad entre los trayectos de ascenso y descenso. Nótese que la ortofoto no está actualizada a fecha de la prueba y por ello no es visible el barbecho.

La **figura 4** muestra los niveles de régimen de motor en los distintos ensayos. El valor deseado como consigna fue de 2000 rpm, sin embargo sólo en dos casos fue posible alcanzarlo. En general las diferencias de régimen entre ascenso y descenso son superiores en el terreno labrado, con más desnivel (14%) que en el barbecho (7% de pendiente).

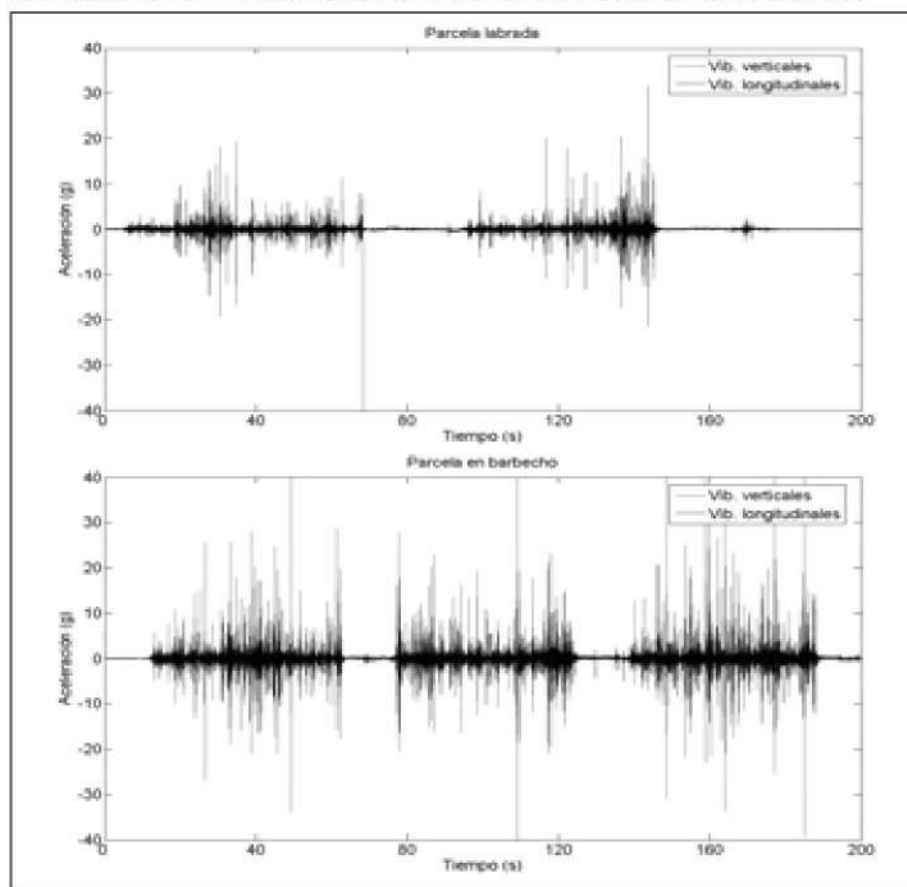
Las máximas diferencias en consumo horario (l/h, **figura 5**) se dieron entre los trayectos ascendentes y descendentes casi con

Cuadro II. Resbalamientos en función de las velocidades reales y teóricas, capacidades de trabajo teóricas y efectivas (error típico).

	Parcela con terreno removido				Parcela en barbecho de 4 años			
	Vertederas ciegas		Vertederas discontinuas		Vertederas ciegas		Vertederas discontinuas	
Pendiente	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Velocidad teórica (km/h)	8,0 (0,1)	8,9 (0,1)	8,1 (0,1)	9,0 (0,1)	8,8 (0,1)	9,0 (0,1)	8,9 (0,1)	8,8 (0,1)
Velocidad real (km/h)	6,9 (0,06)	8,3 (0,06)	7,3 (0,06)	8,6 (0,06)	8,3 (0,06)	8,7 (0,06)	8,5 (0,06)	8,8 (0,06)
Resbalamiento (%)	13,9 (0,8)	6,6 (0,7)	9,7 (0,7)	4,6 (0,7)	5,4 (0,7)	3,3 (0,7)	4,4 (0,7)	-0,2 (0,7)
Profundidad (cm)	18,4 (0,6)	18,0 (0,6)	18,3 (0,7)	17,0 (0,8)	18,7 (0,7)	18,2 (0,7)	18,0 (0,7)	18,7 (0,7)
Capacidad de trabajo teórica (ha/h)	1,876	2,257	1,985	2,339	2,257	2,366	2,312	2,393
Rendimiento efectivo (%)	0,716	0,677	0,673	0,641	0,804		0,796	
Capacidad de trabajo efectiva (ha/h)	1,343	1,528	1,336	1,499	1,815	1,902	1,840	1,905

Figura 7

Vibraciones verticales y longitudinales recogidas por un acelerómetro triaxial en el primer brazo del arado. Arriba: parcela labrada. Abajo: parcela en barbecho.



10 l/h de diferencia entre ambas situaciones y en las dos parcelas. Por otra parte, el consumo en l/ha fue inferior en todos los casos en la parcela con barbecho que en la removida meses atrás. En la parcela con terreno removido, el consumo en l/ha se mag-

nifica debido a la menor velocidad real (mayor resbalamiento). En un sistema de conexión/desconexión de la tracción delantera, ésta se hubiera desconectado en los trayectos descendentes en la parcela en barbecho, donde fue visible el cabalgamiento, as-

pecto que se verifica en valores de resbalamiento extremadamente reducidos en dicho caso.

El **cuadro II** resume los valores de resbalamiento y capacidad de trabajo (teórica y efectiva) en ambas parcelas y en las distintas condiciones de ensayo (pendiente ascendente y descendente, y tipo de vertedera). La profundidad de trabajo se situó en todos los casos en torno a 18 cm lo que supone un valor bastante elevado si lo comparamos con algunos de los valores propuestos en ensayos internacionales (12-14 cm). Podemos aventurar por tanto que sería posible en tal caso incrementar la velocidad, como también se indica en otros ensayos donde alcanzan de 11 a 13 km/h.

Cabe destacar la buena calidad de la labor en la parcela de barbecho, incluso a pesar de la elevada cantidad de masa vegetal, lo que indica que este apero está perfectamente preparado para trabajar en parcelas de cultivo ecológico donde el control de la flora vegetal arvense se convierte en un verdadero problema.

El efecto del tipo de vertedera (ciega o discontinua) sobre el consumo en l/ha se hace visible cuando alcanzamos el límite de potencia (**figura 6**). Así el consumo en l/ha es siempre inferior en la vertedera discontinua, tanto en trayectos ascendentes como descendentes, cuando se compara con la vertedera ciega en la parcela con terreno removido meses atrás.

La **figura 7** muestra los valores de aceleración registrada en el primer brazo mediante un acelerómetro triaxial. Los valores más elevados se corresponden con el eje z (vertical) alcanzándose un límite superior de 50 g (50 veces el valor de aceleración de la gravedad). En los virajes, apero suspendido, las aceleraciones disminuyen drásticamente. Se observan mayores niveles de vibración en la parcela en barbecho.

La **figura 8** resume las aceleraciones transversales en el centro de tiro comparado con las vibraciones transversales en el brazo. Los valores de aceleración máximo en el centro de tiro son reducidos comparados con cualquier vibración transversal fuera de dicho punto. La obtención de valores lo más reducidos posibles en el centro de tiro es la base para garantizar la facilidad de conducción (ausencia de esfuerzos laterales).

Figura 8

Vibraciones transversales recogidas en el centro del apero y en el primer brazo del apero. Arriba: parcela labrada. Abajo: parcela en barbecho.

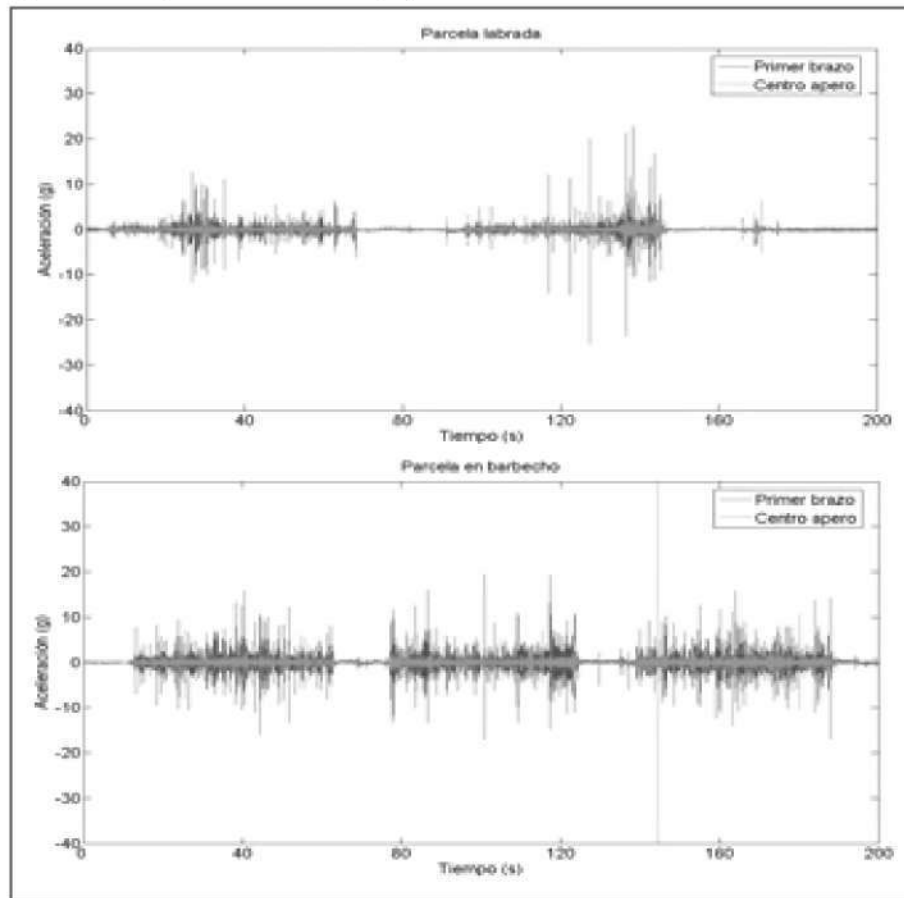


Foto 5. Detalle de un acelerómetro triaxial colocado en el primer brazo del arado.

Discusión y nuevos escenarios

Obtenemos por tanto algunas conclusiones no evidentes:

- ▶ No es necesariamente más sencillo efectuar la labor de arada en un terreno removido hace unos meses que en un barbecho de cuatro años. De hecho, en este caso el consumo de combustible fue ligero pero sistemáticamente inferior en el barbecho (18,5 l/ha y 13 l/ha en pendientes ascendentes y descendentes) que en el primer caso (19,8 l/ha y 14 l/ha respectivamente).
- ▶ ¿Podría haber sido todavía menor el consumo en barbecho que en terreno removido si se hubiera recurrido a una menor profundidad (por ejemplo, 15 cm en vez de 18 cm)? La respuesta podría ser también afirmativa si tenemos en cuenta el perfil de compactación del terreno, dado que la resistencia acumulada en barbe-

cho hasta 15 cm es el 90% de la acumulada en terreno removido.

- ▶ ¿Podría una menor profundidad redondar en una mayor velocidad de avance? Claramente, y así se verifica en una variedad de ensayos internacionales con velocidades límite entre 11 y 13 km/h.
- ▶ ¿Cómo garantizar la uniformidad de la labor? La presión del circuito hidroneumático es fundamental (verificándose errores de profundidad en este ensayo inferiores al 3%), además su correcta selección (no excesivamente elevada entre 50 y 60 kg/cm²) permite a su vez reducir la potencia demandada y consecuentemente el consumo. Una vez más si se limita la profundidad se puede reajustar la presión a la baja disminuyendo el consumo.
- ▶ ¿Es conveniente emplear tractores de alto tonelaje en la labor? Aunque los tractores de potencia igual o superior a 200 CV facilitan la labor en el sentido de no quedarnos nunca cortos de potencia, son contraproducentes a largo plazo por problemas de compactación en profundidad especialmente en terrenos arcillosos. La optimización del peso y su reparto en tractores ajustados de potencia es fundamental y así se comprueba en ensayos internacionales.
- ▶ ¿Es imprescindible la doble tracción en todo momento? La respuesta es tampoco, en el barbecho con un nivel de vegetación elevado, el resbalamiento se reduce significativamente y puede ser incluso contraproducente (efecto de cabalgamiento) por lo que es conveniente disponer de herramientas que faciliten la selección correcta de la doble tracción.
- ▶ ¿La cubierta vegetal, típica de cultivos ecológicos, perjudica la calidad de la labor? No, con alturas de vegetación incluso de 30 cm en el arado de cohecho de 8 brazos no se observó embozamiento y el enterrado se produjo con uniformidad.

Bibliografía

- Bakken, A. K., L. O. Brandsaeter, *et al.* (2009). "Effect of tractor weight, depth of ploughing and wheel placement during ploughing in an organic cereal rotation on contrasting soils." *Soil & Tillage Research* 103(2): 433-441.
- Metzke, M., M. Potthoff, *et al.* (2007). "Effect of reduced tillage systems on earthworm communities in a 6-year organic rotation." *European Journal of Soil Biology* 43: S209-S215.