

Agricultura

Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura 5

# Ahorro, Eficiencia Energética

# y Estructura de la Explotación Agrícola



MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, TURISMO  
Y COMERCIO



Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía



*Agricultura*

Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura 5

# Ahorro, Eficiencia Energética

## y Estructura de la Explotación Agrícola



## TÍTULO

Ahorro, Eficiencia Energética y Estructura de la Explotación Agrícola

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente la valiosa colaboración del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el apoyo técnico asesor del Instituto Técnico y de Gestión Agrícola, S.A. (ITGA), y la colaboración de una serie de expertos, entre los que cabe destacar a Juan Antonio Boto Fidalgo (Universidad de León), M<sup>a</sup> del Carmen Jarén Ceballos (Universidad Pública de Navarra) y Mariano Suárez de Cepeda Martínez (Universidad de Castilla-La Mancha).

.....  
Esta publicación ha sido elaborada y editada por IDAE, y está incluida en el fondo editorial de este Instituto, en la Serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.

Cualquier reproducción, total o parcial, de la presente publicación debe contar con la aprobación del IDAE.

Depósito Legal: M-42846-2006

ISBN-13: 978-84-96680-01-2

ISBN-10: 84-96680-01-0  
.....

**IDAE**

**Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**

**c/Madera, 8**

**E- 28004 - Madrid**

**comunicacion@idae.es**

**www.idae.es**

Madrid, octubre 2006

# Índice

Página

---

<b>Prólogo</b> .....	5
<b>Introducción</b> .....	7
<b>1 Caracterización de las explotaciones agrícolas</b> .....	9
1.1 Tipos de explotaciones .....	10
1.2 Indicadores económicos de la explotación .....	13
<b>2 Análisis de la influencia de la estructura de la explotación en el consumo de combustible</b> .....	15
2.1 Comparación de explotaciones en función de la forma, regularidad y tamaño de las parcelas de producción, así como su distribución en el campo .....	15
2.2 Comparación de explotaciones en función del tamaño de la explotación .....	19
2.3 Comparación de explotaciones en función de su nivel de mecanización .....	21
2.4 Diversificación de cultivos en distintas épocas de laboreo .....	25
2.5 Aumento de la mano de obra disponible .....	25
2.6 Comparación de distintos modelos de gestión de la mecanización ...	26
2.7 Comparación de distintos niveles de profesionalización .....	28
<b>3 Las “CUMA” y “AMA”: un ejemplo de ahorro y eficiencia en el uso del combustible</b> .....	31

<b>4 Herramientas de ayuda a la decisión</b> .....	35
<b>Resumen, recomendaciones y conclusiones prácticas</b> .....	37
<b>Bibliografía</b> .....	39
<b>Anexo: Definiciones y métodos de cálculo</b> .....	41

---

# Prólogo

Actualmente el crecimiento del consumo energético duplica, prácticamente, el crecimiento del PIB, lo que resulta insostenible. Además, este crecimiento se sustenta fundamentalmente en el incremento del consumo de energías fósiles, escasas y agotables, que hacen al sistema energético español dependiente en cerca del 80% de factores externos que no podemos controlar, entre los que se incluye la pluviometría.

El momento en que vivimos es decisivo, porque hay un escenario energético en el mundo -y concretamente en España más acentuado- que nos obliga a poner en marcha iniciativas y políticas que moderen el crecimiento de la demanda energética.

El sector de la agricultura también presenta una tendencia al crecimiento del consumo de energía, con sus consecuentes efectos negativos sobre la competitividad de los productos (costes) y sobre el medio ambiente (emisiones).

El ahorro de combustible en los tractores agrícolas es un objetivo medioambiental pero también económico y por lo tanto es objetivo imprescindible en cualquier explotación agraria.

Cómo puede el agricultor reducir su consumo energético sin afectar a la rentabilidad de sus cultivos es uno de los objetivos principales de la parte agrícola del Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (aprobado en Consejo de Ministros de 8 de julio de 2005) y que está desarrollando el IDAE en colaboración con las CC.AA.



Este Plan, como una de las primeras medidas en favor del ahorro y la eficiencia energética, prevé la realización de medidas de formación e información de técnicas de uso eficiente de la energía en la agricultura, con el fin de introducir y concienciar a los agentes del sector sobre la importancia del concepto de eficiencia energética.

Es por ello que, siendo conscientes de que el agricultor y el ganadero pueden tener una incidencia en el ahorro energético, el IDAE, siempre contando con la colaboración del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, está realizando una serie de acciones en materia de formación, información y difusión de técnicas y tecnologías de eficiencia energética en el sector. Una de estas acciones es el desarrollo de una línea editorial en materia de eficiencia energética en el sector agrario mediante la realización de diversos documentos técnicos, como el que se presenta, donde se explican los métodos de reducción del consumo de energía en las diferentes tareas agrarias.

En este sentido, ya se han publicado y están disponibles en nuestra página web<sup>1</sup>, los seis primeros documentos de esta línea editorial:

- Tríptico promocional: “Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”
- Documento especial (coeditado con el MAPA): “Consumos Energéticos en la Operaciones Agrícolas en España”
- Documento nº 1: “Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola”
- Documento nº 2: “Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío”
- Documento nº 3: “Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas”

- Documento nº 4: “Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola”

Desde el IDAE pensamos con optimismo que el uso racional de la energía deberá formar parte de todas las decisiones que afecten al sector, convencidos de que los profesionales que actúen en este sector sabrán valorar las iniciativas que se proponen.

Actualmente la mayor parte de la atención del sector agrario se centra en las oportunidades que el sector energético ofrece a la agricultura como productores de energías renovables: biocombustibles, biomasa..., y en menor medida en otro tipo de energías renovables como la solar fotovoltaica y la eólica.

Pero es fundamental una atención primordial a la demanda, que depende mucho más de nosotros que la oferta. Es necesario hacer, de una vez por todas, de la eficiencia energética y de la utilización racional de la energía objetivos realmente prioritarios.

Es de vital importancia que los programas públicos de apoyo incorporen la eficiencia energética como un elemento prioritario, partiendo de la formación de formadores y agentes, y primando aquellos equipos más eficientes.

<sup>(1)</sup> [www.idae.es](http://www.idae.es)

Visitar: Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia - Proyectos IDAE - Agricultura y pesca - Documentos de ahorro y eficiencia energética en la agricultura.

# Introducción

El ahorro y uso eficiente de la energía en la producción agrícola puede conseguirse por varias vías complementarias.

Esta publicación es la tercera parte de una trilogía, dentro de la línea editorial de IDAE, que persigue la reducción del consumo de gasóleo en la agricultura y que contempla los siguientes aspectos:

- Elección y manejo apropiado del tractor agrícola (objeto del documento nº 1 de la serie: “Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola”). Es fundamental elegir el tractor adecuado para el trabajo que debe realizar y usarlo de manera eficiente.
- Elección del laboreo más apropiado en cada caso (objeto del documento nº 4 de la serie: “Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola”). El laboreo del suelo es el trabajo agrícola en el que se consume la mayor cantidad de combustible en los cultivos extensivos e industriales, que suponen la mayor parte de la superficie agrícola española.
- Estructura y dimensión de la explotación de producción (es el mostrado en esta publicación), como un factor decisivo de ahorro desde la eficiencia en los trabajos agrícolas.

Abordar este trabajo es una tarea compleja dada la diversidad de estructuras de producción o modelos de explotaciones con las que nos podemos encontrar en las distintas regiones de España, de ahí que se ha preferido hacer un desarrollo basado en modelizaciones, que permitan vislumbrar la importancia de los factores que se van a ir analizando.

Además se ha optado por analizar explotaciones de cultivos extensivos por su significación en el consumo energético (más de 9 millones de hectáreas en España), dejando para otros desarrollos específicos las explotaciones hortícolas (0,4 millones de ha), de viña (1,2 millones de ha), olivar (2,4 millones de ha), cítricos (0,3 millones de ha) o frutales (1,6 millones de ha).

El trabajo se centra en la influencia de la estructura de la explotación en los trabajos de laboreo de los cultivos extensivos como cereales, leguminosas, oleaginosas y

cultivos industriales. Los trabajos de recolección no se han abordado por su estructura diferente.

En una primera parte se caracterizan las explotaciones, definiendo algunas tipologías que tratan de representar situaciones reales más o menos presentes en las distintas regiones españolas, a través de algunos indicadores de carácter técnico y económico.

Las explotaciones tipo elegidas no pretenden ser un reflejo estadístico de la realidad existente en España, dada la complejidad de esta tarea a nivel nacional, sino más bien una herramienta que permita identificar líneas de acción en el ahorro y uso eficiente de la energía.

Una de las primeras dificultades prácticas se encuentra en las estadísticas disponibles del tamaño de las explotaciones. En ocasiones un mismo agricultor trabaja de modo agrupado las tierras de varios propietarios, especialmente cuando se trata de cultivos mecanizados como los cereales, oleaginosas o leguminosas e industriales. De este modo, las unidades de explotación de la tierra tienden a ser más grandes que lo reflejado en las estadísticas.

Posteriormente se definen las variables estructurales (referidas a la estructura de la explotación agrícola) que influyen más significativamente en el consumo de

combustible y para cada una de ellas se analiza cómo influyen en el consumo energético.

Como la utilización de la maquinaria en común es una de las vías principales para mejorar la eficiencia energética se presentan algunos ejemplos prácticos ilustrativos.

De este modo podremos al final definir unas conclusiones prácticas.

El destinatario de este documento es el agricultor, al que se pretende aportar datos para la reflexión y opciones prácticas que le permitan ahorrar y usar eficientemente el gasóleo en su explotación. La finalidad de este trabajo es fundamentalmente divulgativa y por ello se ha basado en ejemplos sencillos que permiten señalar propuestas de ahorro y eficiencia.



Tractor agrícola.

# 1 Caracterización de las explotaciones agrícolas

Para caracterizar una explotación se van a utilizar algunos indicadores que permitan conocer su tamaño, su estructura parcelaria, su nivel de mecanización y la mano de obra disponible.

## A) Superficie de la explotación en hectáreas

**Tabla 1. Encuesta sobre la estructura de las explotaciones agrícolas año 2003.** (Fuente: INE. TOTAL NACIONAL)

Superficie (ha)	Nº de explotaciones (%)	% superficie del total
1 a 20 ha	56	10
20 a 50 ha	21	17
50 a 100 ha	11	20
Más de 100 ha	11	54

Más de la mitad de las explotaciones cerealistas en España tienen menos de 20 ha, pero apenas representan el 10 % de la superficie total cultivada. Las tres cuartas partes de la superficie de cereales son gestionadas en explotaciones superiores a las 50 ha.

## B) Número y tamaño medio de las parcelas

**Tabla 2. Explotaciones y superficie total según número de parcelas.** (Fuente: Censo Agrario 1999)

C. Autónoma	ha/parcela
Andalucía	5,7
Aragón	2,7
Asturias	1,5
Baleares	4,7
Canarias	2,9
Cantabria	2,3
Castilla y León	2,2
Castilla-La Mancha	3,0
Cataluña	4,7
Comunidad Valenciana	1,6
Extremadura	5,6
Galicia	0,4
Madrid	2,9
Murcia	4,9
Navarra	2,4
País Vasco	2,3
Rioja	1,7
Ceuta	4,1
Melilla	6,4
ESPAÑA	2,3

No se dispone de una estadística que permita conocer la superficie media de las parcelas dedicadas a cultivos extensivos, si no es de un modo indirecto a través del número de parcelas y la superficie de la explotación.

Se considera que el tamaño de parcela crece al crecer la superficie de la explotación agrupando parcelas pequeñas.

### C) Forma y distribución espacial de la explotación

Las explotaciones tradicionales se encuentran circunscritas a sus municipios de origen, siendo los desplazamientos pequeños (elegimos 3 km como media representativa).

La tendencia, al crecer las explotaciones, es a aumentar los desplazamientos, en algunos casos muy importantes.

### D) Potencia disponible y nivel de inversión en la explotación

Se hace referencia fundamentalmente al índice de mecanización (IM) como número de caballos de potencia (CV) disponibles por hectárea cultivada.

Las características del tractor medio en España, según estudios realizados por el MAPA, es de 63 CV, con una media de 16 años.

En los últimos años la potencia de inscripción media de los tractores es de 98 CV.

### E) Mano de obra disponible en la explotación en UTA<sup>2</sup>

Cuando se habla de mano de obra normalmente se trata del agricultor, a tiempo parcial o en dedicación completa, aunque también se hace referencia a trabajadores contratados.

## 1.1 Tipos de explotaciones

Habitualmente el agricultor tiende a aumentar el tamaño de la explotación a través de la compra de tierras o de diferentes modelos de arrendamiento.

Además es interesante profundizar en los modelos que se están desarrollando de utilización de maquinaria en común y el desarrollo de sociedades de producción en común. Hay agricultores que para disminuir las inversiones realizan algunos trabajos con empresas de servicios.

También se ha de tener en cuenta que el *índice de mecanización (IM) va a depender del tiempo disponible para realizar las labores*, lo que marca claras diferencias entre los climas húmedos (Norte de España), con un reducido número de días disponibles para la siembra, y los semiáridos, con una limitación menor (Centro de España). Otras tareas agrícolas como la recolección de la remolacha están sometidas a este mismo tipo de limitaciones.

A continuación se seleccionan algunas situaciones tipo que permiten realizar análisis y comparaciones de escenarios diferentes, sin que con ellas se pretenda reflejar completamente la enorme variabilidad de tipos de explotaciones reales que existen en España.



<sup>(2)</sup> UTA, Unidad de Trabajo Agrario, una persona un año.

### 1.1.1 Explotación familiar 1 (a tiempo parcial)

Como ya se ha dicho, las explotaciones extensivas de menos de 20 ha representan sólo el 10% de la superficie cultivada por lo que no nos detendremos especialmente en ellas.

Se elige como representativa una explotación pequeña, de 30 ha (el 21% de las explotaciones extensivas en España disponen de entre 20-50 ha), dedicada a cultivos extensivos mecanizados, preferentemente cereales.

Dispone de un tractor de 80 a 120 CV, sobredimensionado a las necesidades de la explotación y que

realiza un sistema de laboreo convencional, así como de un parque de maquinaria poco diversificado, normalmente con una antigüedad media de 18 años. En muchos casos se trata de explotaciones descapitalizadas y con agricultores próximos a la jubilación.

El futuro de este tipo de explotaciones en algunos casos será el mantener su actividad a tiempo parcial utilizando un parque de maquinaria de segunda mano de menor inversión, mientras que en otros tenderán a desaparecer como tales explotaciones extensivas.

A. Superficie de la explotación en ha	30 ha (21 a 50 ha)
B. Número y tamaño medio de las parcelas	Entorno a 10 parcelas con agrupaciones medias de 3 ha
C. Forma y distribución de la explotación	Radio medio de trabajo de 3 km y una distancia media entre parcelas de 1 km
D. Potencia disponible y nivel de inversión en la explotación	Tractor desde 120 CV (Norte de España) a 80 CV (Centro). Parque de maquinaria antiguo (de 12 a 18 años). IM de 4 a 2,7 CV por ha (4 es la media de España)
E. Mano de obra disponible en la explotación, en UTA	El propio agricultor a tiempo parcial (inferior a 0,2 UTA)

### 1.1.2 Explotación familiar 2 (profesional)

Se trata de una explotación de tamaño mediano, 80 ha (representa el 20% de la superficie dedicada a cultivos extensivos mecanizados, preferentemente cereales).

Está equipada con dos tractores, el mayor, de 80 a 150 CV (la variabilidad es muy alta entre zonas), que se utiliza en las labores más pesadas, y otro de 60 a 100 CV para el resto de labores. En el centro de España el índice de

mecanización es menor, pudiendo hablar de tractores de 80 y 60 CV, respectivamente. Al ser una explotación mayor podrá disponer de un parque de maquinaria más diverso en función del tipo de sistema de laboreo que realice.

Muchas de estas explotaciones están sobredimensionadas en maquinaria ya que esperan crecer en superficie con el mismo parque.

A. Superficie de la explotación en ha	80 ha (51 a 100 ha)
B. Número y tamaño medio de las parcelas	En torno a 27 parcelas con agrupaciones medias de 3 ha
C. Forma y distribución de la explotación	Radio medio de trabajo de 3 km y una distancia media entre parcelas de 1 km
D. Potencia disponible y nivel de inversión en la explotación	2 tractores de 150 y 100 CV (80 y 60 CV en el Centro). Parque de maquinaria antiguo (de 8 a 12 años, con opciones de crecimiento en superficie y maquinaria). IM de 3,1 a 1,8 CV por ha
E. Mano de obra disponible en la explotación, en UTA	El propio agricultor a tiempo parcial (entorno a 0,3 a 0,5 UTA)

### 1.1.3 CUMA (Cooperativa de Utilización de Maquinaria Agrícola en común)

Si bien existe una gran diversidad de CUMA se ha elegido un ejemplo concreto que permitirá analizar su contribución al ahorro y la eficiencia.

Se trata de 10 explotaciones pequeñas, de 30 ha que se agrupan para utilizar la maquinaria en común. Están dedicadas a cultivos extensivos mecanizados, prefe-

rentemente cereales. Disponen de dos tractores, uno de 180 CV que utilizan en las labores más pesadas, y otro de 120 CV que utilizan en el resto de labores. Se contempla la posibilidad de realizar distintas inversiones (diferentes tipos de aperos) en función del tipo de sistema de laboreo que realice.

A. Superficie de la explotación en ha	300 ha
B. Número y tamaño medio de las parcelas	En torno a 50 parcelas con agrupaciones medias de 6 ha
C. Forma y distribución de la explotación	Radio medio de trabajo de 4 km y una distancia media entre parcelas de 1 km
D. Potencia disponible y nivel de inversión en la explotación	2 tractores de 180 y 120 CV. Parque de maquinaria nuevo (de 4 a 8 años, con un nivel de inversión en maquinaria elevado y opciones de renovación). IM de 1 CV por ha
E. Mano de obra disponible en la explotación, en UTA	1 agricultor a tiempo completo (1 UTA)

### 1.1.4 Cooperativa (o Asociación de cultivo en común)

Se trata de una cooperativa de cultivo en común con dos tractoristas y que trabaja 600 ha, dedicadas a cultivos extensivos mecanizados, preferentemente cereales. Disponen de dos tractores, uno de 200 CV que utilizan en las

labores más pesadas, y otro de 150 CV que utilizan en el resto de labores. Se contempla la posibilidad de realizar distintas inversiones (diferentes tipos de aperos) en función del tipo de sistema de laboreo que realice.

A. Superficie de la explotación en ha	600 ha
B. Número y tamaño medio de las parcelas	En torno a 60 parcelas con agrupaciones medias de 10 ha
C. Forma y distribución de la explotación	Radio medio de trabajo de 4 km y una distancia media entre parcelas de 1 km
D. Potencia disponible y nivel de inversión en la explotación	2 tractores de 200 y 150 CV con un nivel de inversión en Parque de maquinaria moderno (de 1 a 4 años), y de continua innovación. IM de 0,6 CV por ha
E. Mano de obra disponible en la explotación, en UTA	2 agricultores a tiempo completo (2 UTA)

## 1.2 Indicadores económicos de la explotación

Para determinar los resultados económicos de la explotación se han de utilizar indicadores que reflejen la renta obtenida en la explotación y específicamente el consumo de combustible.

Del mismo modo se ha de prestar especial atención a las necesidades de mano de obra referidas tanto a la explotación como por hectárea cultivada.

Los principales de estos indicadores son:

- Coste horario del tractor o tractores utilizados, coste por hectárea de las labores y del itinerario de trabajo elegido en la explotación.
- Horas de trabajo necesarias en cada una de las labores y en el itinerario de trabajo completo, expresado por hectárea y para la explotación.
- Consumo de combustible en las labores y en el itinerario de trabajo completo, expresado por hectárea y para la explotación.
- Índice de Mecanización o Potencia en CV utilizada en la explotación por hectárea.
- Tiempo de amortización o índice de innovación en la maquinaria.



## 2 Análisis de la influencia de la estructura de la explotación en el consumo de combustible

---

Al hablar de estructuras de producción vamos a referirnos a distintas variables que tienen una influencia más o menos directa en el resultado económico y de gasto de combustible en la explotación. Como evaluadores de los resultados se utilizan los indicadores económicos de explotación definidos anteriormente, sobre todo los relativos al consumo de gasóleo.

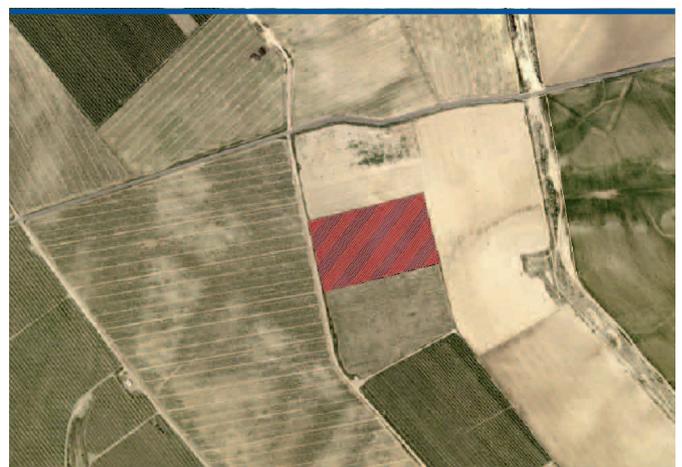
Las variables consideradas son las que se especifican a continuación.

### 2.1 Comparación de explotaciones en función de la forma, regularidad y tamaño de las parcelas de producción, así como su distribución en el campo

Se va a utilizar como referencia la explotación Familiar 2 para poder ver la influencia que tiene el tamaño y forma de las parcelas en una explotación real de 80 ha de cultivos extensivos. El análisis se realiza considerando un sistema de laboreo convencional (vertedera, grada rotativa, siembra, fertilización y tratamientos).

El indicador que se utilizará es el consumo de combustible suplementario en los tiempos de giro en el itinerario completo de laboreo. Reducir al mínimo este consumo permitirá un uso más eficiente del combustible en la explotación.

#### 2.1.1 Forma y regularidad de la parcela



Parcela rectangular.

El tiempo y combustible utilizado en los giros varía en función de la forma de la parcela y su regularidad.

- Así, la parcela de forma “Rectangular” será la forma de parcela más favorable para el laboreo. Cuanto mayor sea la relación largo/anchura menores pérdidas tendremos en el laboreo.
- Salvo en determinadas concentraciones parcelarias de grandes llanuras es difícil encontrar esa regularidad de parcelas. Se considera la llamada parcela “Normal”, representando parcelas cuyas formas se aproximan a las rectangulares pero no dejan de tener rincones o deformaciones que obligan a dar más vueltas cortas de las deseadas (20% más de vueltas).



Parcela normal.

- Por último, especialmente cuando se trata de parcelas pequeñas y sin concentración parcelaria se pueden encontrar parcelas difíciles, “Irregulares”, cuyo laboreo es más costoso en tiempo y por supuesto en gasóleo (40% más de vueltas).

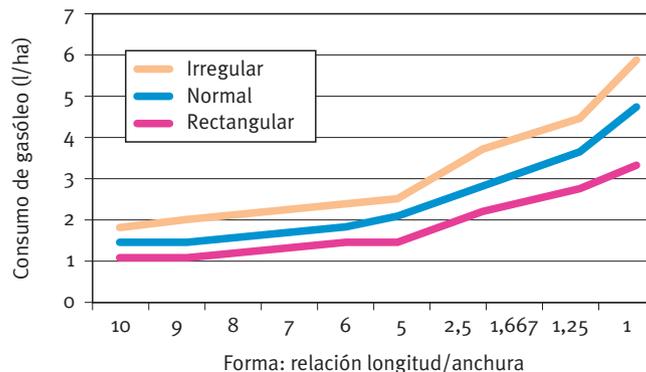


Parcela irregular.

En el itinerario completo de laboreo presentado como ejemplo se realizan 6 pasadas con el tractor en cada

una de las parcelas (1 labrar + 1 grada rotativa + 1 sembrar + 3 abonar + 1 tratar), lo que supone una acumulación de consumos en los giros significativa y digna de tener en cuenta.

**Gráfico 1. CONSUMO DE GASÓLEO en los giros en el itinerario completo en función de la forma de la parcela**



Observando los resultados obtenidos en la simulación (gráfico 1) se ve cómo las mayores pérdidas se tienen cuando las parcelas tienden a ser más cuadradas e irregulares.

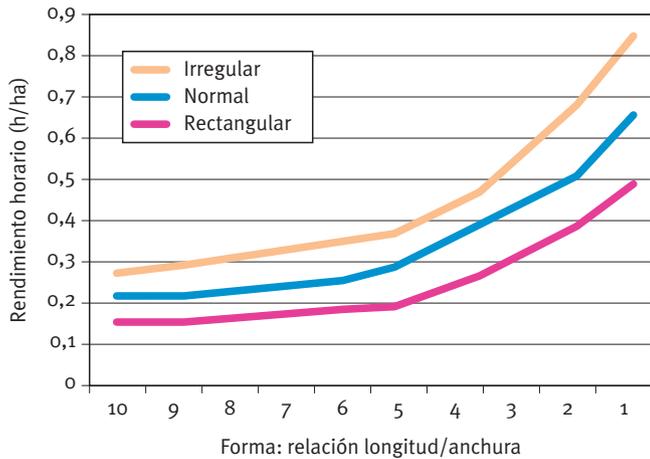
*Si se considera un tipo de parcela “Normal”, el consumo en los giros puede ser de 1,5 a 4,6 l/ha. Entre parcelas rectangulares bien proporcionadas y las irregulares se puede ahorrar unos 3 l/ha de combustible en nuestro ejemplo (240 l en la explotación de 80 ha).*

Considerando ahora la forma de la parcela y el caso frecuente de una relación longitud/anchura de 2,5 (una parcela de 2,5 ha tendría 100 m de anchura por 250 m de longitud), vemos que pasaremos de consumos de 1,9 a 3,4 l/ha, es decir, un posible ahorro de 1,5 l/ha.

*Esta menor eficiencia en el uso de combustible debida a la forma de las parcelas, está muy relacionada con el tamaño de las parcelas y consecuentemente con el tamaño de la explotación.*

Al crecer la explotación es habitual que lo haga concentrando parcelas. Por otra parte las parcelas mayores ofrecen siempre más posibilidades de regularizar sus formas, transitando en la parcela de una forma más eficiente.

**Gráfico 2. TIEMPOS DE GIROS en el itinerario completo en función de la forma de la parcela**



Cuando se comparan los tiempos perdidos en los giros se obtienen gráficas similares a las anteriores. Hay que tener en cuenta que los tiempos de laboreo son un elemento decisivo, como luego se verá, para optimizar el uso de cada máquina dado que los días disponibles para cada labor son limitados a causa de las condiciones meteorológicas.

En nuestro ejemplo, considerando las situaciones extremas, se pasa de 0,1 hasta 0,8 horas de tiempo empleado en los giros. *Para una explotación profesional que hoy puede cultivar más de 100-200 ha puede suponer más de 100 horas de trabajo "perdidas" al año*, lo que puede traer consigo la realización de peores labores, a destiempo y obteniendo inferiores resultados.

### 2.1.2 Tamaño de la parcela

El tamaño de la parcela, expresado en hectáreas, es también muy significativo a la hora de evaluar el consumo de gasóleo producido por los tractores al

circular repetidas veces sobre ella en todo el itinerario de laboreo realizado.

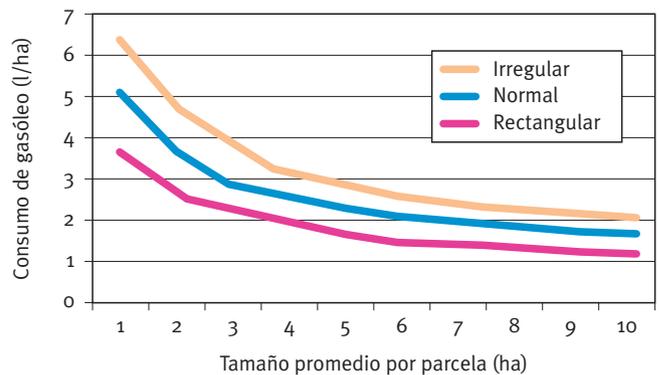
A continuación se analiza el consumo de gasóleo y de tiempo comparando parcelas desde 1 hasta 10 ha (tabla 3). Consideraremos parcelas o agrupaciones de parcelas que se trabajan en conjunto.

**Tabla 3. Tractor de 150 CV con arado de 2,8 m (velocidad de 4,5 km/h). (Fuente: Elaboración propia)**

Tamaño de parcela (ha)	Rendimiento del tractor (h/ha)	Capacidad de trabajo (ha/h)
2,0	1,28	0,78
4,0	1,18	0,85
6,0	1,14	0,88
8,0	1,12	0,90
10,0	1,10	0,91

*La gráfica 3 muestra cómo a partir de tamaños de más de cinco hectáreas por parcela, las diferencias de consumo tienden a ser menos significativas, siendo el tramo entre 1 y 5 ha donde se producen mayores diferencias.*

**Gráfico 3. CONSUMO DE GASÓLEO en los giros en el itinerario completo en función del tamaño de la parcela**

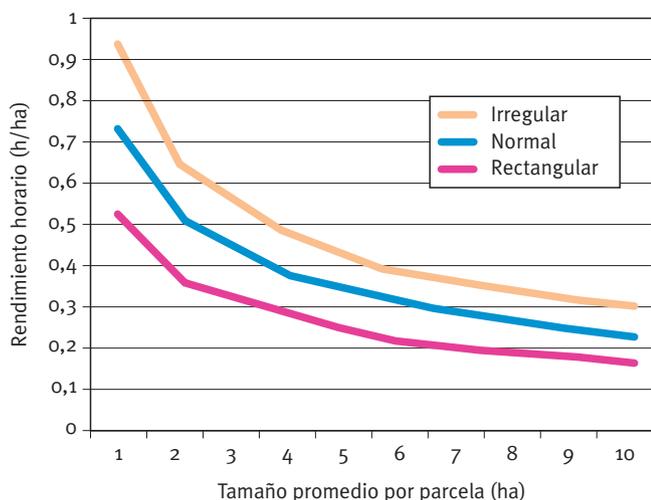


Las diferencias en los extremos pasan de 1,1 a 6,5 l/ha lo que da una idea de la importancia de este factor en el consumo final de gasóleo en una explotación.

Los tiempos empleados en los giros tienen una repercusión directa sobre la velocidad real (final) sobre la parcela y consecuentemente sobre la capacidad de

trabajo real del tractor que será mayor cuanto menor sea el tiempo empleado en ellos.

**Gráfico 4. TIEMPOS DE GIROS en el itinerario completo en función del tamaño de la parcela**



Diferentes tamaños de parcela en una misma zona.

### 2.1.3 Distribución de las parcelas

Vamos a continuar con la explotación Familiar y con una superficie de 80 ha. Vamos a ver que efecto tiene en el consumo de gasóleo el hecho de que las parcelas se encuentren concentradas o dispersas.

**Tabla 4. Comparación de consumos en función de la distribución de las parcelas.** (Fuente: Elaboración propia)

* Tractor 120 CV	Distancia	Consumo	Incremento	Rendimiento	
* Explotación 80 ha	media	de gasóleo	consumo	horario	
* Itinerario laboreo reducido (1)	(km)	(l/ha)	(l/ha)	(h/ha)	
	(2)	(3)			
En torno al garaje	0	0	35,5	0	3,0
Próxima al garaje	2	0,5	36,6	1,1	3,2
Distancia media al garaje	4	1	37,7	2,2	3,4
Distancia larga al garaje	8	1	39,9	4,4	3,7

(1) Laboreo Reducido: 1 chisel, 1 cultivador, 1 sembradora, 3 abonadora, 1 pulverizador.

(2) Distancia media entre el garaje y las parcelas de cultivo.

(3) Distancia media entre las parcelas.

A menudo para crecer una explotación familiar tiene que trabajar tierras que se encuentran distantes de su establecimiento inicial, en ocasiones con desplazamientos de varios km, lo que como podemos ver (tabla 4) tiene consecuencias negativas en el resultado económico al aumentar los costes de producción, normalmente de una manera significativa.

*De un modo general, considerando parcelas medias de 3 ha, el coste en consumo de los desplazamientos puede estimarse en torno a 0,5-0,6 l/ha por cada km que nos alejamos del garaje de la explotación (en el itinerario completo de laboreo, sin recolección).*



Tractor en camino.

## 2.2 Comparación de explotaciones en función del tamaño de la explotación

El incremento de la superficie de la explotación es una de las opciones más interesantes para conseguir un ahorro energético en el consumo de gasóleo por hectárea, pero el mayor cambio para el agricultor es el económico, que ve reducirse sus costes de producción muy significativamente.

Si se considera una explotación (Familiar 2) que va creciendo gracias a concentrar parcelas próximas en su misma zona de trabajo, situación que es la más habitual, se consiguen parcelas y agrupaciones de parcelas de mayor superficie lo que trae consigo significativas reducciones en el coste de las labores, como puede verse en la tabla 5.

**Tabla 5. Explotación familiar 2 en itinerario de laboreo convencional (vertedera, grada rotativa, siembra, abonado y tratamiento)**

Superficie de la explotación (ha)	(1)	Coste del itinerario completo de laboreo (€/ha)	Tiempo de ocupación en la explotación (UTA)
80	3	205	0,3
150	6	151	0,5
200	9	127	0,6

(1) Tamaño medio de parcelas o agrupación de parcelas (ha).

A continuación se analizan las posibilidades de crecimiento de una explotación (familiar 2) de tamaño medio (80 ha) que evoluciona creciendo en superficie. Se presenta una simulación de los tres sistemas de laboreo: tradicional (vertedera, grada rotativa, siembra, fertilización y tratamientos), reducido (chisel, cultivador, siembra, fertilización y tratamientos) y siembra directa (siembra, fertilización y tratamientos).

*En función del sistema de laboreo se va a ver como se pueden obtener ahorros energéticos importantes, del orden de 1,7 l/ha en el laboreo tradicional, 1,0 l/ha en el laboreo reducido y de 1,2 l/ha con la siembra directa.*

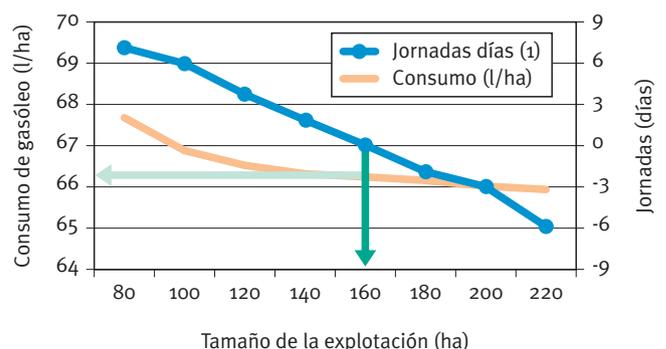


Chisel.

Las posibilidades de crecimiento de una explotación familiar vienen limitadas por el número de jornadas o días disponibles para la siembra en buenas condiciones. Se considera un ejemplo un tanto límite, con tan sólo 10 jornadas disponibles en otoño y 5 en invierno en una explotación cerealista del Norte de España. Del mismo modo, en el caso de siembra directa se considera tan sólo 20 jornadas hábiles de siembra en otoño. En climas semiáridos este limitante es menor, aumentando el número de días disponibles para la siembra, tanto convencional como con siembra directa.

El número de jornadas disponibles menos el número de jornadas necesarias para realizar un trabajo (por ejemplo sembrar) marca el límite posible de superficie a trabajar con un parque concreto de maquinaria. Cuando esa diferencia sea nula habremos llegado al límite de superficie.

**Gráfico 5. Tamaño de la explotación y consumo de gasóleo. Explotación media (150-100 CV), ITINERARIO COMPLETO (LABRAR CON VERTEDERA)**



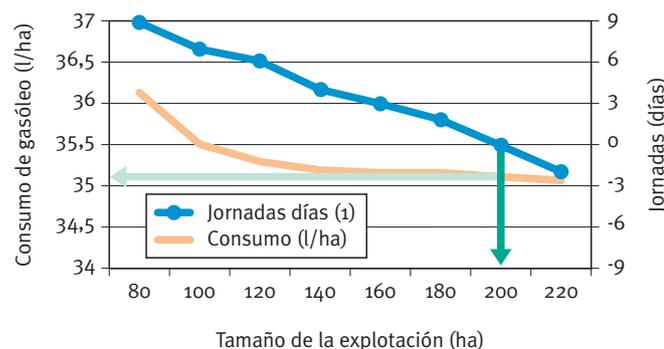
**Tabla 6. Tabla de datos simplificada del gráfico 5**

Superficie (ha)	Parcela (ha)	Consumo (l/ha)	Tiempo (h/ha)	Jornadas días (1)
80	3	67,6	4,53	7
120	5	66,6	4,32	4
160	7	66,2	4,22	0
200	9	66	4,16	-3

(1) Número de jornadas de trabajo disponibles menos número de jornadas trabajadas.

El itinerario de laboreo que parte de la labor de vertedera es el más costoso de todos los evaluados, tanto en tiempo como en consumo, no obstante es necesario considerarlo puesto que se hace imprescindible cuando hablamos de zonas con abundantes residuos en superficie o zonas húmedas con limitaciones de infiltración de las aguas de lluvia.

**Gráfico 6. Tamaño de la explotación y consumo de gasóleo. Explotación media (150-100 CV), ITINERARIO COMPLETO (CHISEL)**



**Tabla 7. Tabla de datos simplificada del gráfico 6**

Superficie (ha)	Parcela (ha)	Consumo (l/ha)	Tiempo (h/ha)	Jornadas días
80	3	36,1	3,22	9
120	5	35,2	3,08	6
160	7	35,12	3,02	3
200	9	35,08	2,99	0

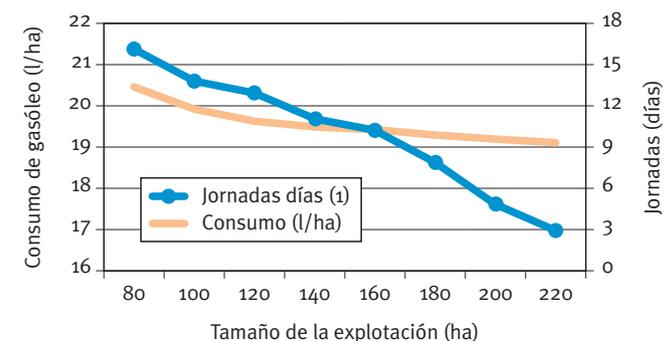
En el caso del laboreo reducido, con chisel, a partir de 140 ha el consumo tiende a estabilizarse, pero el coste de las labores sigue descendiendo significativamente (gráfica 6).



Arado de vertedera de 12 surcos.

La opción más lógica será diversificar labores y situar nuestra explotación entre las 140 y las 200 ha mencionadas con este parque de maquinaria y este sistema de laboreo reducido, sin volteo.

**Gráfico 7. Tamaño de la explotación y consumo de gasóleo. Explotación media (150-100 CV), ITINERARIO COMPLETO (SIEMBRA DIRECTA)**



**Tabla 8. Tabla de datos simplificada del gráfico 7**

Superficie (ha)	Parcela (ha)	Consumo (l/ha)	Tiempo (h/ha)	Jornadas días
80	3	20,4	2,1	16
160	7	19,4	2,0	10
220	10	19,1	2,0	3

En el caso de la siembra directa, las diferencias se reducen al disminuir significativamente el consumo total de combustible con este sistema de laboreo. No obstante la tendencia sigue siendo clara.

De este modo, y como se deduce del ejemplo evaluado, un mismo agricultor puede trabajar con un mismo tractor del orden de 160 ha en laboreo convencional, 200 en laboreo reducido y 250 en siembra directa.

La reducción del coste de producción que se obtiene al aumentar el número de hectáreas en la explotación o el número de hectáreas realizadas con un mismo tractor y equipo va aparejada con descensos de consumo de combustible por hectárea.



Sembradora de Siembra Directa.

## 2.3 Comparación de explotaciones en función de su nivel de mecanización

### 2.3.1 Tractores y equipos más eficientes

Otra opción consiste en comparar el consumo de combustible en función de la maquinaria utilizada. En este sentido se comparan algunas labores utilizando tractores y equipos distintos, desde los que se pueden encontrar en una explotación de pequeño tamaño a los mayores.

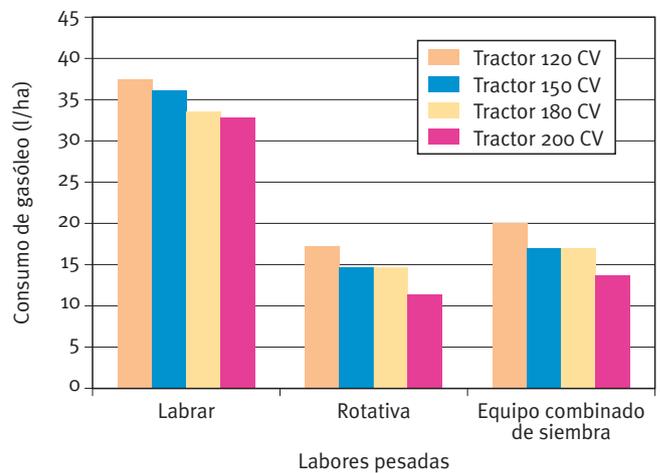
**Tabla 9. Tractores y aperos en labores pesadas. Consumos.**

(Fuente: Elaboración propia)

Tractor (CV)	Labor	Anchura en m (1)	Velocidad (km/h)	Tiempo (h/ha)	Consumo (l/ha)
120	Labrar	2,3	3,6	2,0	37,5
150	Labrar	2,8	3,6	1,4	36,5
180	Labrar	3	4	1,1	33,4
200	Labrar	3,1	4	1,0	32,7

(1) La anchura del apero o máquina en metros efectivos de trabajo.

**Gráfico 8. CONSUMO DE GASÓLEO Y NIVEL DE EQUIPAMIENTO**



Si se comparan las labores más pesadas, las de mayor demanda energética (labrar, gradas rotativas o equipos combinados de siembra), se ve que en la medida en la que se utilizan tractores y aperos mayores con los aperos o máquinas adecuadas, se tiende a mejorar los rendimientos horarios y a reducir ligeramente los consumos por hectárea.

La mayor potencia del tractor permite pasar a utilizar un apero o máquina de mayor anchura de trabajo con el que rentabilizar mejor la potencia del mismo y de nuevo mejorar los rendimientos horarios y el consumo de gasóleo.

Desde el punto de vista de los costes de producción (por ejemplo los costes en una explotación de 150 ha de cultivo) se comprueba (tabla 9 bis) como de nuevo el coste de producción sigue el mismo patrón que el descenso de consumo lo que permitirá reforzar la misma conclusión, aunque solamente en el caso de las labores pesadas, también de mayor coste económico.

De este modo, en la gráfica 8 se puede observar descensos en el consumo de gasóleo de hasta 5 l/ha en la labor de vertedera, grada rotativa o equipo combinado de siembra.



Tractor con doble rueda.

**Tabla 9bis. Tractores y aperos en labores pesadas. Costes.**

(Fuente: Elaboración propia)

Tractor (CV)	Labor	Anchura (m)	Coste fijo (€/h)	Coste variable (€/h)	Coste labor (1) (€/h)	Coste labor (1) (€/ha)
120	Labrar	2,3	10,4	2,0	12,4	24,2
150	Labrar	2,8	12,4	1,4	13,7	19,2
180	Labrar	3	14,5	1,1	15,7	17,3
200	Labrar	3,1	16,1	0,9	17,0	17,0

(1) Coste de la labor sin el tractor.

Sin embargo, como se puede ver en la tabla 10, con las labores de menor demanda energética estas diferencias ya no son significativas, teniendo, como por otra parte es lógico, poco interés en utilizar tractores grandes para estas labores (abonar o tratar).

**Tabla 10. Tractores y aperos en labores ligeras. Consumos.**

(Fuente: Elaboración propia)

Tractor (CV)	Labor	Anchura (m)	Velocidad (km/h)	Tiempo (h/ha)	Consumo (l/ha)
100	Abonadora	20	8	0,4	1,0
120	Abonadora	20	8	0,4	1,3
150	Abonadora	24	8	0,3	0,9
100	Pulverizadora	15	7	0,24	1,4
120	Pulverizadora	15	7	0,24	1,8
120	Pulverizadora	18	7	0,22	1,5
150	Pulverizadora	24	7	0,17	1,3

*En conclusión, la mayor eficiencia energética se consigue utilizando las máquinas o aperos mayores que permita la potencia del tractor*

*disponible. El mayor ahorro se consigue realizando las labores de mayor demanda energética con tractores y aperos grandes.*

### 2.3.2 Índices de mecanización y sobredimensión de las explotaciones

Lo expuesto en el punto anterior no puede llevarnos a la conclusión de que son preferibles las máquinas y tractores mayores en todos los casos pues éste es uno de los errores más comunes cometidos por los agricultores.

*El índice de mecanización (IM), expresado en CV por hectárea de cultivo, es un indicador muy claro del habitual sobredimensionamiento en potencia existente en las explotaciones. Su relación es directa con el coste de producción y con el consumo energético en la explotación.*

Para rentabilizar las inversiones en grandes máquinas será necesario tener en cuenta las dimensiones de la explotación.

De este modo, por ejemplo, se puede ver en la tabla 11 como el arado de 2,3 m de anchura permitiría trabajar hasta 100 ha con un tractor de 120 CV (IM de 1,2 CV/ha) si se tienen que hacer todas las labores en otoño o incluso 200 ha (IM de 0,6 CV/ha) si se diversifican cultivos a lo largo de todo el año. Con dos turnos de trabajo se puede casi doblar el número de hectáreas, reduciendo significativamente el coste horario y el tiempo de amortización.

**Tabla 11. Dimensionamiento de la maquinaria en la explotación**

Tractor (CV)	Arado (m)	Hectáreas totales posibles			Amortización (años)		
		Otoño (20)*	Invierno (10)*	Primavera (10)*	Total (ha)	Cultivos Otoño	Cultivos Diversos
120	2,3	100	50	50	200	8	4
150	2,3	120	60	60	240	8	4
150	2,8	140	70	70	280	8	4
180	2,8	155	75	75	305	8	4

(continuación)		Hectáreas totales posibles			Amortización (años)		
Tractor (CV)	Arado (m)	Otoño (20)*	Invierno (10)*	Primavera (10)*	Total (ha)	Cultivos Otoño	Cultivos Diversos
180	3	170	85	85	340	8	4
200	3	190	95	95	380	9	4
200	3,1	210	105	105	420	8	4
200 (1)	3,1	360	180	180	720	5	2

(1) Dos turnos de trabajo con el mismo apero en la época punta. (Fuente: Gestión ITGA).

(\*) Número de jornadas de trabajo disponibles en cada periodo del año.

Si se tienen que sembrar 200 ha con cultivos de otoño (por ejemplo, viendo la tabla 11bis), se necesita una sembradora de 4 m aunque bastará con un tractor de 100 CV para arrastrarla, ya que en este caso la velocidad de trabajo está limitada por las condiciones de calidad de la siembra más que por la potencia del tractor.



Abonadora.

**Tabla 11bis. Dimensionamiento de la maquinaria en la explotación**

		Hectáreas totales posibles			Amortización (años)		
Tractor (CV)	Sembradora (m)	Otoño (15)*	Invierno (5)*	Total (ha)	Cultivos Otoño	Cultivos Diversos	
100	3	150	50	200	10	8	
100	4	200	65	265	10	8	
120	3	150	50	200	11	8	
120	4	220	75	295	11	8	
150	4	240	80	320	11	8	
150	5	280	90	370	11	8	
150 (1)	5	450	150	600	7	5	

(1) Dos turnos de trabajo con la misma sembradora en la época punta. (Fuente: Gestión ITGA).

(\*) Número de jornadas de trabajo disponibles en cada periodo del año.



Sembradora SD chorrillo y monograno 4 filas.

Sólo los costes horarios del tractor de 150 CV van a variar de 44 €/h a 20 €/h comparando un mismo sistema de laboreo en una utilización que pasa de 250 a 1500 h. Un coste horario de referencia, por ejemplo de 25 €/h, se obtendrá con un número diferente de horas de trabajo en cada tractor, por ejemplo 750 horas en el caso del tractor de 150 CV o un equivalente aproximado a 150 ha de cultivo (tabla 12).

**Tabla 12. Costes horarios del tractor**

Trabajo al año (horas)		250	500	750	1.000	1.250	1.500
Ha	(1)	50	100	150	200	250	300
Coste horario del tractor (€/h)	100 CV	32,5	23,1	19,9	18,3	17,4	16,8
	120 CV	37,6	26,1	22,3	20,4	19,2	18,5
	150 CV	44,1	30,0	25,3	23,0	21,5	20,6
	180 CV	50,6	33,9	28,3	25,5	23,8	22,7
	200 CV	52,8	35,2	29,3	26,4	24,6	23,4
Amortización (años)		14,1	10,9	8,9	7,5	6,5	5,7

(1) Considerando 5 h/ha de utilización del tractor.

(Fuente: Gestión ITGA).

Visto en conjunto, cuando se hable de un agricultor profesional, un buen objetivo será el conseguir que un tractor trabaje al menos 1.000 horas para que sus costes de producción sean inferiores a los 25 €/h que se han citado como referencia (tabla 12). Este objetivo puede ser más ambicioso, incluso 1.500 horas, cuando se hable de CUMAS o agrupaciones de trabajo en común, donde la mano de obra disponible puede ser mayor. De este modo se siguen bajando los costes de producción pero ya de un modo menos significativo.

*En conclusión, el dimensionamiento de la maquinaria debe ser acorde con el tamaño de la explotación, tendiendo a obtenerse mejores eficiencias en el uso del combustible con tractores más grandes y las máquinas correspondientes, siempre que con ellos se haga una conducción eficiente, especialmente con las labores más pesadas que exigen mayor demanda de energía.*

### 2.3.3 La antigüedad del Parque de maquinaria

Al presentar las explotaciones tipo utilizadas como referencia se ha reflejado el problema de muchas pequeñas explotaciones que, por sus limitadas posibilidades de inversión, van viendo envejecer su parque de maquinaria y descapitalizarse la explotación.

Este hecho lleva a una apuesta por la renovación continua del parque de tractores (Plan Renove) ya que además los tractores más modernos van incorporando motores más eficientes en el uso del combustible.

Sobre una muestra de 2.649 tractores en uso en Castilla-La Mancha, analizados por la Estación de Seguimiento de Maquinaria Agrícola de Albacete, se encontraron pérdidas de potencia respecto a la potencia homologada crecientes con la antigüedad de los tractores. Al mismo tiempo aumentaba el consumo específico de gasóleo respecto al valor de homologación.

**Tabla 13. Estación de Seguimiento de Maquinaria Agrícola de Albacete. Revisión de tractores agrícolas en uso en Castilla-La Mancha**

Antigüedad (en años)	Total tractores	Pérdida de potencia (%)	Aumento consumo específico (%)
> 30	345	14,5	17,5
26 - 30	957	14,1	17,6
21 - 25	579	8,0	13,8
15 - 20	677	5,3	10,6
< 15	91	0,9	5,1

En el mismo estudio se ordenó la base de datos obtenida en función de las horas trabajadas por los tractores, observando en este caso cómo, tanto la pérdida de potencia como el aumento de consumo específico de gasóleo, fueron más desfavorables en la medida en la que los tractores iban acumulando horas de trabajo.

**Tabla 14. Estación de Seguimiento de Maquinaria Agrícola de Albacete. Revisión de tractores agrícolas en uso en Castilla-La Mancha**

Horas de trabajo (en miles)	Total tractores	Pérdida de potencia (%)	Aumento consumo específico (%)
< 2	315	4,1	8,7
2 - 5	647	8,5	12,1
5 - 10	1.132	11,7	16,0
10 - 15	443	14,0	17,9
15 - 20	84	14,7	16,7
< 20	28	16,8	16,8

En otro estudio realizado en este caso por el ITG Agrícola en Navarra con un equipo móvil de medición de potencia y consumo de los tractores, el consumo específico de gasóleo de los tractores era mayor en los tramos de 2.250 a 3.000 horas y a partir de las 6.000 horas. Estos intervalos coinciden con las recomendaciones de regulación del sistema de inyección de los tractores. No todo es la edad del tractor, sino que habrá que prestar especial atención a su apropiado mantenimiento.

**Tabla 15. ITG. Agrícola. Equipo móvil de medición de potencia y consumo de los tractores (Navarra Agraria nº 13, abril 1986)**

Horas de trabajo (en miles)	Total tractores (234)	Pérdida de potencia (%)	Aumento consumo específico (%)
< 1,5	36	6,1	0,9
1,5 - 2,25	35	6,6	2,6
2,25 - 3	42	9,5	4,9
3 - 3,75	29	9,5	2,7
3,75 - 4,5	31	11,6	3,8
4,5 - 5,25	23	9,7	1,6
5,25 - 6	20	11,5	1,6
> 6	18	12,0	7,0

*Con el paso del tiempo se va produciendo en los tractores una pérdida de potencia significativa y un aumento del consumo específico de combustible, especialmente si su mantenimiento no es apropiado.*

## 2.4 Diversificación de cultivos en distintas épocas de laboreo

En los secanos españoles, para adecuar los cultivos a las épocas de lluvias, nos vemos abocados a la utilización casi exclusiva de cultivos de otoño, con lo que los tiempos de laboreo y siembra se concentran en un periodo corto del año. Esto limita las posibilidades de crecimiento de las explotaciones.

También es cierto que gracias al uso del barbecho una parte significativa de las labores puede desplazarse a la primavera y en buenas condiciones del suelo. Además los sistemas de laboreo reducido y siembra directa han permitido trabajar el suelo en condiciones secas, ampliando el número de jornadas disponibles.

La viña es un claro ejemplo de diversificación de épocas de laboreo (aunque requiere maquinaria específica) claramente complementaria con el cereal de otoño, aunque hoy sea un cultivo problemático en muchas zonas por su rentabilidad. También el girasol, el maíz o la horticultura cumplen este mismo objetivo.



Cosechadora de maíz.

Siempre que sea posible será interesante diversificar los cultivos de otoño junto con cultivos de primavera o verano, de este modo se podrán amortizar con mayor facilidad los tractores y máquinas, y además hacer cada labor en su momento en las mejores condiciones.

*La diversificación de cultivos va a permitirnos por tanto aumentar las horas de utilización anual de tractores y máquinas y de este modo mejorar su coste horario y posibilitar su renovación.*

## 2.5 Aumento de la mano de obra disponible

En la explotación familiar se cuenta exclusivamente con la mano de obra del cabeza de explotación, aunque es habitual que existan apoyos puntuales, bien de alguno de los familiares o incluso externos.

Como ya se ha visto (tablas 11 y 11bis) existen momentos punta de trabajo en los que los días disponibles son “pocos”, como es el caso normalmente de la siembra de los cultivos de otoño. La tendencia de los agricultores es invertir en tractores y máquinas mayores que les permitan llegar a tiempo y realizar las labores de preparación y siembra en el menor tiempo posible.

Un resultado similar se puede conseguir aumentando las horas de trabajo en esos periodos punta. Para ello se aumenta la mano de obra disponible (en la práctica, pasando de una a dos personas en la explotación). Esto puede conseguirse de distintas maneras:

- Colaboración entre agricultores que trabajan organizadamente sus tierras.
- Contratación de mano de obra externa temporal (difícil encontrar tractoristas).
- Contratación de empresas de servicios.
- Trabajo en agrupaciones de maquinaria en común.

A través de estas medidas se puede conseguir el acceso al uso de máquinas mayores y por tanto de mayor rendimiento y menor consumo energético por hectárea y de un modo rentable (más horas de funcionamiento reducen los costes fijos de mecanización).

**Tabla 16. Comparación de 2 opciones para sembrar 600 ha.**

(Fuente: Gestión ITGA. Datos procedentes de la tabla 11bis)

Tractor (CV)	Sembradora (m)	Consumo (l/ha)	Coste labor (€/ha)	Amortización (años)
2 de 120 CV	2 de 4 m	7,5	41	8
1 de 150 CV en 2 turnos	1 de 5 m	6	37	5

## 2.6 Comparación de distintos modelos de gestión de la mecanización

En este caso se centra el análisis en el nivel de mecanización de la explotación y en el modo en que se gestiona, bien por un agricultor individual, una CUMA o los asalariados de una Cooperativa o Asociación de cultivo en común.

Actualmente se está produciendo un cambio rápido en este tipo de explotaciones, que se encuentran en la práctica principalmente en función de la diversificación de la actividad del agricultor y del tamaño de su explotación. Los modelos que se pueden encontrar de un modo resumido son los siguientes:

### 2.6.1 Explotación familiar a tiempo parcial (Familiar 1 y 2)

Tradicionalmente la agricultura ha tenido una estructura basada en la explotación familiar. Se trata de explotaciones pequeñas en superficie que al no poder crecer han obligado al agricultor, bien a intensificar sus sistemas productivos con cultivos de regadío o invernaderos, bien en otros sectores productivos como la ganadería o incluso en otros sectores como la industria o los servicios, sin que esto le impida mantener sus cultivos aprovechando tiempos libres de las otras actividades.



Tractor frutero.

### 2.6.2 Explotación extensiva (cerealista) Profesional

Algunos agricultores han optado por la profesionalización y la especialización en cultivos al tener la posibilidad de acceder a más tierra en el mercado, bien por compra o por distintos tipos de arrendamiento. Este tipo de profesional deberá optar por la diversificación de cultivos de otoño con cultivos de primavera y verano que le permitan repartir el trabajo a lo largo del año. Otra opción interesante está en apoyarse en empresas de servicios para las labores más costosas.

### 2.6.3 Explotación que realiza las labores principales en CUMA o agrupación de maquinaria en común

Esta es una opción interesante puesto que puede permitir mantener la estructura de gestión de la empresa familiar más o menos especializada y al mismo tiempo externalizar las labores que exigen mayor inversión como son las de labrar, gradas rotativas, equipos



Tractor de gran potencia con grada de discos y rulo.

combinados de siembra, siembra directa, etc. De este modo la CUMA puede especializarse en la gestión de las máquinas y labores más costosas, permitiéndose mayores inversiones y costes de mecanización más competitivos. Más adelante se muestran algunos ejemplos prácticos.

#### 2.6.4 Cooperativa o Asociación de cultivo en común

Se trata de una estructura de producción que si bien se inició hace ya muchos años, actualmente está cobrando gran importancia en muchos lugares. Aparecen cuando las pequeñas explotaciones familiares deciden abandonar la actividad, bien en su totalidad o bien en el sector de cultivos extensivos mecanizados, debido a que su pequeño tamaño no les permite ser competitivos. Muchas pequeñas explotaciones agrupadas se constituyen en una cooperativa (puede ser otra figura societaria) y de ese modo nace una nueva explotación bien dimensionada y por tanto con mejores condiciones de inversión y competitividad.

#### 2.6.5 Empresas de servicios

Se trata de agricultores o profesionales que se equipan con la maquinaria más eficiente para ofrecer un servicio competitivo a otros agricultores en aquellas labores más costosas y que exigen mayores inversiones, normalmente grandes máquinas de recolección o laboreos pesados de gran potencia. Sus resultados son, en ahorro y eficiencia energética, comparables a los obtenidos en las agrupaciones de cultivo en común bien dimensionadas.

Cuando se analizaron los ejemplos de gestión de los tipos de explotaciones presentados (tabla 17), se observó cómo la comparación entre las diferentes estructuras de producción han permitido ahorros de combustible de hasta 10 l/ha, comparando un sistema de laboreo reducido que ya de por sí es de los más económicos. Pero no es este factor el único a tener en cuenta, puesto que al mismo tiempo el coste

económico del itinerario completo de laboreo se ha reducido también en más de 200 €/ha, lo cual es crucial para la competitividad.

Otro parámetro significativo es el tiempo de amortización de los tractores, puesto que como se verá un poco más adelante, cuando éste se reduce, las posibilidades de innovación aumentan. Hemos pasado de 18 años a 10 años.

Por último, las ventajas derivadas de la gestión conjunta de grandes superficies, superiores a 200 ha, obligan ya a pensar en mano de obra complementaria, al menos en épocas punta como la siembra. Este punto de vista, cuando hablamos más allá de la explotación familiar, pasa a ser un elemento más a tener en cuenta en el diseño de las necesidades de la explotación.

**Tabla 17. Comparación de explotaciones.**

(Fuente: Elaboración propia)

	Familiar 1	Familiar 2	Profesional	CUMA	Agrupación
	120 CV	150 CV	150 CV	180 CV	200 CV
		100 CV	100 CV	120 CV	150 CV
	30 ha	80 ha	200 ha	300 ha	600 ha
IM (CV/ha)	4,0	3,1	1,2	1,0	0,6
Tiempo en el itinerario de laboreo (h/ha)	3,5	3,6	3,4	2,7	1,9
Consumo de gasóleo en el itinerario de laboreo (l/ha)	37,6	35,8	35,2	33,6	27,5
Coste del itinerario (€/ha)	274,6	204,8	116,6	99	70,8
Amortización Tractor 1 (años)	17,8	18	15,6	15,6	14,6
Amortización Tractor 2 (años)	—	16,6	13,3	11,8	10
Dedicación teórica Laboreo (UTA)	0,1	0,3	0,6	0,7	1,1
Dedicación teórica Siembra (UTA)	0,1	0,3	1	1,5	2

*En conclusión, la estructura de mecanización, el tamaño de la explotación y su sistema de gestión tienen una incidencia directa en el ahorro de combustible consumido por hectárea.*



Tractor de gran potencia realizando labores superficiales.

Cada tamaño de explotación lleva aparejado un nivel de mecanización determinado y unas necesidades de mano de obra que habrá que tener en cuenta no sólo en su conjunto sino en cada época del año.

*Una explotación familiar puede mejorar su eficiencia energética y su competitividad fundamentalmente a través de incrementar su superficie de cultivos mecanizados o bien compartir (CUMA) o alquilar las labores y máquinas de mayor demanda energética o más costosas.*

*Las agrupaciones, cooperativas y empresas de servicios mejoran su eficiencia energética y su competitividad a través de su especialización y nivel de inversión e innovación continua. Sin duda son una alternativa interesante cuando se trata de cultivos totalmente mecanizados.*

## 2.7 Comparación de distintos niveles de profesionalización

En este caso se presta especial atención a las ventajas derivadas de la profesionalización y especialización del productor o agricultor.

### 2.7.1 Optimización en el manejo de máquinas y aperos con alta tecnología

Las nuevas tecnologías van incorporando en los tractores utilidades y herramientas que exigen del agricultor una profesionalización y una formación continua. Por ejemplo los sistemas de guiado con GPS para conducción en parcela, con los que se consigue realizar todas las pasadas a la misma anchura y sin solapes, con un importante ahorro energético.

**Tabla 18. Horas de trabajo en un sistema de laboreo reducido en la explotación.** (Fuente: Elaboración propia)

Tractores	120 CV	150 CV	180 CV	200 CV
	—	100 CV	120 CV	150 CV
Horas/ha en el itinerario	3,5	3,4	2,7	1,9
30 ha	105	—	—	—
80 ha	280	272	—	—
200 ha	700	680	540	—
300 ha	—	1.020	810	570
600 ha	—	—	1.620	1.140

El agricultor a tiempo parcial, no especializado, que trabaja (tabla 18) entre 100 y 200 horas al año se encontrará, normalmente, con más dificultades para aprender el manejo de las distintas utilidades y prestaciones de los tractores y puede estar menos motivado para dedicar el tiempo necesario para su formación y aprendizaje.

El agricultor u operario que pasa más de mil horas sobre el tractor seguramente va a adquirir una profesionalización y unas habilidades para el manejo de las distintas innovaciones mucho mayores que en el caso anterior.

*La formación en el manejo apropiado del tractor para el ahorro y la eficiencia energética tiene menor incidencia en la pequeña explotación mientras que es un elemento fundamental en las grandes explotaciones.*



Aplicación de purines.

### 2.7.2 Mantenimiento y puesta a punto de la flota de tractores y máquinas

El ahorro y la eficiencia energética está muy relacionado con la puesta a punto de los tractores y las máquinas que se manejan en la explotación.

La profesionalización frente a la actividad agrícola a tiempo parcial tiene la ventaja de permitir prestar una mayor atención al parque de maquinaria y a la propia flota de tractores, dada la repercusión económica de los pequeños detalles en el resultado de la actividad.

Por ejemplo, y para ilustrar este punto con claridad, se puede decir:

- Un filtro sucio puede aumentar el consumo de combustible entre un 5 y un 10%. Si se considera una pequeña explotación familiar con un consumo de 2.000 litros de combustible al año esto supone entre 100 y 200 litros de ahorro. Mientras que si se trata de una explotación grande, profesional, con un consumo anual de 15.000 litros de gasóleo al año, el hecho de que los tractores funcionen con los filtros limpios podría suponer un ahorro de entre 750 a 1.500 litros al año.

### 2.7.3 Tiempo de Amortización y posibilidades de innovación tecnológica de tractores y máquinas

En la misma línea se puede prestar atención a los tiempos estimados para la amortización de tractores y máquinas. Las innovaciones tecnológicas van produciéndose con gran rapidez, lo que hace que tanto unos como otros queden obsoletos antes de ser amortizados y de ahí el gran interés de disponer de plazos razonablemente cortos de amortización que permitirán acceder de un modo rentable a la renovación del parque de maquinaria y tener acceso siempre a las más modernas tecnologías.

Tabla 19. Amortización de tractores y aperos y máquinas

Trabajo al año (horas)	250	500	750	1.000	1.250	1.500
Amortización del tractor (años)	14,1	10,9	8,9	7,5	6,5	5,7

Trabajo al año (horas)	100	200	300	400	500
Amortización de los aperos y máquinas (años)	15	7,5	5	4	3

*En conclusión, la mayor utilización de tractores, máquinas y aperos (horas de funcionamiento al año) permite una amortización más corta y una modernización continua del parque, pudiendo acceder rápidamente a los beneficios procedentes de los avances tecnológicos.*



### 3 Las “CUMA” y “AMA”: un ejemplo de ahorro y eficiencia en el uso del combustible

---

*Una CUMA es una Cooperativa de Utilización de Maquinaria Agrícola en común en las explotaciones agropecuarias, cuyo principal objetivo es el de reducir sus costes de producción.*

Para conocer el comportamiento de las CUMA respecto al consumo de gasóleo, se han recogido dos ejemplos en las zonas tradicionales productoras de cereal, una en Baja Montaña y otra en la Zona Media-Intermedia de Navarra, también con cultivos de espárrago y de viña. A continuación se exponen los datos de cada CUMA con el fin de comparar la evolución del consumo de gasóleo y analizar su comportamiento.

#### **Ejemplo 1. CUMA en la Zona Media de Navarra**

En el año 1994, cinco explotaciones agrícolas de la Navarra Media-Intermedia deciden unirse para comprar una cosechadora en común y constituyen una CUMA. Pasado un año y teniendo en cuenta las mejoras sustanciales en la cosecha, los beneficios obtenidos y la buena organización entre los socios, se plantean aumentar la actividad de la CUMA y desarrollar conjuntamente el resto de las labores en todos los cultivos existentes en sus explotaciones.

La situación inicial de las explotaciones era la siguiente: cinco explotaciones con una superficie de 35 a 118 ha dedicadas a cereal, espárrago y viña. Las labores en cereal las redujeron anteriormente con mínimo y no laboreo, y en viña y espárrago llevaban a cabo las labores tradicionales.

Estas labores en los cultivos las hacían individualmente con 6 tractores de 85 a 125 CV. La potencia media en las cinco explotaciones era de 1,24 CV por hectárea, la mitad que la media de Navarra con 2,58 CV por hectárea cultivada. Por cada 100 hectáreas de cultivo tenían 1,24 tractores, siendo la tercera parte de la existente en la media regional. Como puede verse, las explotaciones ya estaban ajustadas y con índices de potencia

inferiores a la media de Navarra, debido a la reducción de labores con sistemas de mínimo y no laboreo. En la siembra del año 1995, deciden realizar todas las labores en común, en los cultivos citados anteriormente, y con el mismo sistema de laboreo.

En la tabla 20 se exponen los datos comparativos de los índices de mecanización de las explotaciones iniciales, de la CUMA, de la media de Navarra y la de España. La potencia media de los tractores que tiene la CUMA resulta superior a las de los demás; sin embargo, la potencia media por hectárea cultivada es la menor con gran diferencia.

**Tabla 20. Comparación de explotaciones**

	5 explotaciones CUMA (1995)	Navarra	España
Potencia media de los tractores (CV)	100	110	70
Índice de mecanización por hectárea cultivada (IM = CV/ha)	1,24	0,42	2,58
Tractores por 100 hectáreas	1,24	0,31	3,69

A continuación se presentan (tabla 20bis) los ahorros que se han producido en la CUMA, tanto de gasóleo como económico, a raíz de la unión para el uso de maquinaria en común. En las explotaciones individuales de la Zona Media-Intermedia se recogen los consumos anuales de gasóleo del año 1995 y se comparan con los de la CUMA.

**Tabla 20bis. Comparación de explotaciones**

	5 explotaciones CUMA (1995)	Diferencia
Consumo anual total (litros)	25.799	13.755
Consumo por hectárea (l/ha)	49,1	26,2
Coste por hectárea (€/ha)	12,21	9,96
Precio del gasóleo (€/l)	0,291	0,380

Así se observa que el ahorro de combustible ha sido del 47 % y por tanto, a pesar del incremento del precio del gasóleo (31%) y transcurridos ocho años, resulta que el coste se ha reducido en un 18%, es decir en 2,25 €/ha cultivada.

## Ejemplo 2. CUMA de la Baja Montaña de Navarra

En el caso de la Baja Montaña se analiza una CUMA que ya estaba funcionando desde hacía diez años y se plantea cambiar de maquinaria. En esta CUMA, después de los años transcurridos, han quedado tres agricultores que conducen los tractores y cultivan una superficie, que varía de 468 a 490 hectáreas. Los cultivos que realizan normalmente son cereales (trigo, cebada y avena) en el 70% de su superficie y el resto lo dedican a colza, guisante y girasol. Las labores son las tradicionales en la zona, laboreos profundos con vertedera y chisel, labores preparatorias con grada rotativa y la siembra con sembradora neumática, más grada rotativa según el tempero.

La maquinaria autopropulsada que tiene la CUMA desde su inicio es de 4 tractores (160, 120, 100 y 95 CV), y una cosechadora de 120 CV. La potencia media (IM) que resulta por hectárea es de 1,26 CV. En el año 2001 deciden reestructurar el parque de maquinaria, sustituyendo tres tractores (160, 120 y 100 CV), con más de 9.000 horas de trabajo, por la compra de dos nuevos de 220 y 170 CV. Con estos tractores nuevos, más el antiguo y la cosechadora, la potencia media (IM) sube a 1,28 CV por hectárea, un 1,5% más que los anteriores.

Analizando los datos medios de las cuatro primeras campañas, dejando el de la campaña 2000/2001 que fue el año de transición, y comparándolos con los datos medios de las dos últimas campañas, *resulta una disminución del consumo de gasóleo anual del 16,8%, que supone 5.937 litros. El gasto por hectárea desciende 11,72 litros, desde los 72,98 l/ha a los 61,26 l/ha actuales.*

*En resumen, el objetivo de la CUMA se cumple, utilizando correctamente las máquinas en común, con una disminución de los costes de producción y además se obtiene una mejora del medio ambiente en el que vivimos, reduciendo el consumo energético de los tractores.*

### Ejemplo 3. “AMA” en Castilla-La Mancha

En el ámbito de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, las asociaciones cuyo objetivo es la adquisición y uso en común de máquinas y/o equipos de uso agrario son denominadas Asociación de Maquinaria Agrícola (AMA), y se rigen por la Orden de 15 de Octubre de 1994 de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente.

Con un caso práctico de AMA, en un término municipal de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, estudiada con tecnologías de la información, se pone de manifiesto las ventajas de este tipo de asociaciones.

A partir de un análisis de las 120 explotaciones reales de los socios de una Cooperativa de comercialización cuya distribución espacial se muestra en el siguiente dibujo, realizado con un Sistema de Información Geográfico (SIG), se analiza el beneficio de la implantación de una AMA, participada por 84 de los 120 socios que voluntariamente aceptaban integrarse.

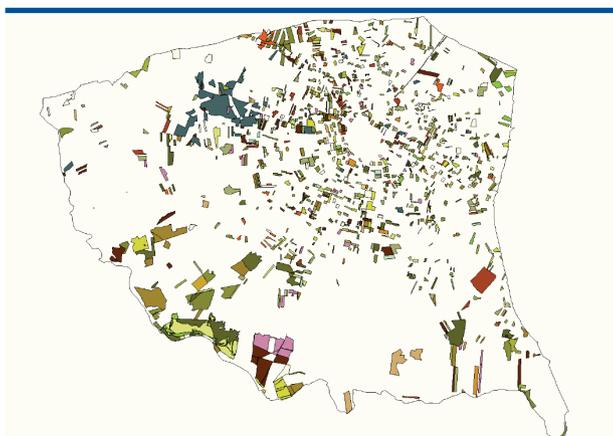


Imagen de la distribución parcelaria.

Los socios coparticipaban con la siguiente distribución de cultivos:

**Tabla 21. Distribución de los cultivos**

Cultivos	ha
Barbecho tradicional seco	45
Barbecho tradicional regadío	3
Cereal invierno seco	448
Cereal invierno regadío	112
Cereal primavera regadío	74
Forraje seco	46
Forraje regadío	39
Leguminosa seco	133
Oleaginosa seco	39
Oleaginosa regadío	7
Olivar	14
Vid	549

El análisis inicial de las explotaciones de cada socio para cada uno de los cultivos de su explotación proporciona elevados costes de mecanización, con parques de maquinaria sobredimensionados.

Los altos costes de las pequeñas explotaciones son debidos principalmente al peso de las amortizaciones de la maquinaria, al tener máquinas agrícolas obsoletas, heredadas y de poco uso.

**Tabla 22. Comparación de explotaciones según costes**

Coste inicial (€/ha)	Número explotaciones
50 - 100	9
100 - 150	14
150 - 200	13
200 - 250	20
250 - 300	12
300 - 350	9
350 - 400	4
> 400	1

En este tipo de explotaciones la reposición o renovación del parque, o bien se realiza con maquinaria de segunda mano o simplemente no se realiza, desapareciendo la explotación con el fin de la vida útil de la maquinaria.

Considerando únicamente aquellos socios que desean crear la AMA, se diseña el parque óptimo con la aplicación informática de selección de parques de maquinaria y se determinan los costes de mecanización de la nueva situación, manteniendo la alternativa de cultivos de cada agricultor, obteniéndose como resultado un coste de mecanización de la AMA, con el nuevo parque de maquinaria, de 37,33 €/ha, muy inferior en todo caso a los costes iniciales.

Como puede verse a continuación (tabla 23), el parque de maquinaria se reduce muy significativamente, empezando por el número de tractores y siguiendo por las máquinas y aperos. De este modo se consigue ajustar mejor el parque a las necesidades de la explotación, evitando los sobredimensionamientos.

**Tabla 23. Parque de maquinaria antes y después de la AMA**

Maquinaria	Inicial	AMA
Tractores	88	6
Arados vertedera	36	—
Arados de discos	7	—
Chisel	52	3
Cultivadores	22	3
Cultivadores para viña	84	3
Gradas de discos	5	5
Sembradoras de líneas	39	3
Sembradoras monograno	10	3
Abonadoras	45	3
Pulverizadores	67	3
Segadoras-picadoras	5	2
Segadoras rotativas	1	1
Segadoras-acondicionadoras	5	2
Rastrillos hileradores	1	2
Empacadoras	14	2
Remolques	87	5
Rulos	35	2
Recogedor de sarmientos	82	3

Comparando los consumos energéticos en las situaciones anterior y posterior a la creación de la AMA, se han obtenido las siguientes reducciones de combustibles según los distintos aspectos considerados en el estudio.

**Tabla 24. Ahorro de combustible esperado en la AMA**

Concepto	Reducción de combustible (l)
Regularidad y tamaño de la parcela	3.000
Sustitución de la labor de arado de vertedera por labor con chisel	18.000
Desplazamientos a las parcelas	5.400
Anchura de trabajo de los aperos	4.250
Antigüedad de la maquinaria	9.000

*Como conclusión al ejemplo planteado, expresar el importante beneficio tanto a nivel energético, con ahorros de gasóleo entre el 35% y el 45%, como económico que suponen las agrupaciones de uso en común de la maquinaria agrícola (AMA).*



Equipo combinado de siembra.

## 4 Herramientas de ayuda a la decisión. Selección del parque de maquinaria más apropiado para cada explotación

---

*El ahorro, la eficiencia energética, la reducción de costes de producción en la explotación agraria, dependen en gran medida de una óptima dimensión del Parque de Maquinaria.*

Es necesario poner a disposición de los profesionales, herramientas, que de una manera sencilla, permitan la elección de los tractores, máquinas y aperos más apropiados a las dimensiones de cada explotación agraria, con criterios de eficiencia energética y económica.

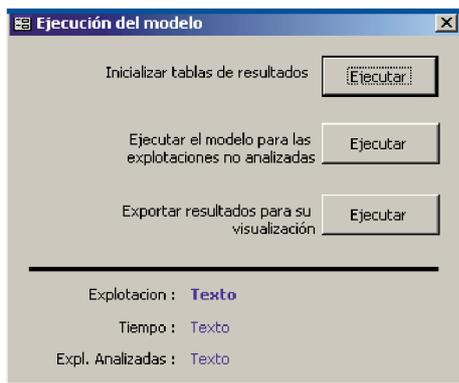
A lo largo de la historia y fundamentalmente en los últimos años, con el desarrollo de la tecnología, las técnicas y las estrategias desarrolladas por distintos investigadores para seleccionar parques de maquinaria idóneos a las necesidades de las explotaciones, resultan muy variadas.

Actualmente una nueva Herramienta de Ayuda a la Decisión está siendo desarrollada por el grupo de investigación TECNA (Tecnologías de la Información Aplicadas a la Ingeniería Agronómica), formado por miembros de la Universidad Politécnica de Madrid y de la Universidad de Castilla-La Mancha. Se trata de una herramienta informática para seleccionar parques de maquinaria, pensada para ser “colgada” de la página web de un organismo oficial y hacerla disponible para el usuario desde Internet.

La aplicación informática de selección de parques óptimos de maquinaria posee su fundamento en la aplicación de conceptos técnicos de mecanización agraria y en la resolución de un sistema de programación matemática-lineal entera que minimiza los costes para los periodos disponibles para las labores.

El sistema se encuentra programado siguiendo la estructura del sistema Agri Support.

Este sistema se encarga de realizar los cálculos de los costes de cada una de las combinaciones posibles de



Pantalla de ejecución.

maquinaria introducidas por el usuario, para cada operación de laboreo sobre cada uno de los cultivos de la alternativa planteada.

Con todos estos datos y los correspondientes a tractores, máquinas, aperos, cultivos y tipos de suelo, almacenados en las bases de datos y que representan el problema planteado, se envían los datos a un optimizador que nos devuelve el problema resuelto y nos ofrece el parque de maquinaria más eficiente y económico.

El entorno para la introducción de datos y expresión de los resultados puede ser implementado con una programación propia, o bien usar programas convencionales. En nuestro caso utilizaremos tablas en el entorno de la base de datos de Microsoft Access.

- Las características de tractores (potencia nominal, pesos, dimensiones, etc.), aperos (ancho de trabajo, velocidad de trabajo, peso, etc.) son introducidos en tablas en las base de datos.
- Las labores, periodos disponibles para las mismas y calendario de los cultivos son introducidas en otra tabla.
- La superficie y los cultivos de la explotación son introducidos en las tablas elaboradas para ello.
- La maquinaria sobre la que se desea realizar la selección se introduce en una última tabla.

Una vez introducidos todos los datos requeridos por el sistema (también permite introducir restricciones de potencia), sólo falta “Ejecutar” la aplicación para obtener la Ficha de Resultados, donde el usuario podrá

observar la maquinaria óptima seleccionada y propuesta para atender las necesidades de su explotación.

En el Informe Final aparecen además los indicadores económicos más relevantes para la explotación que previamente hemos seleccionado:

- Coste total en €/año de la mecanización en la explotación.
- Tiempo necesario en horas/año para realizar las labores previstas en la explotación
- Coste en €/ha de las labores previstas.

*En conclusión, esta nueva Herramienta puede ayudar a la selección del Parque de Maquinaria optimizado con criterios de ahorro económico y eficiencia energética en las explotaciones agrarias.*

# ESTRUCTURA DE LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA

## RESUMEN Y RECOMENDACIONES

**Para mejorar la eficiencia en el uso del combustible, además de un manejo apropiado del tractor y la elección del sistema de laboreo menos intensivo posible, es preciso prestar especial atención a la propia estructura de la explotación, teniendo en cuenta especialmente los siguientes aspectos:**

- ✓ Concentrar parcelas grandes, preferiblemente de más de 5 hectáreas, y a ser posible de formas alargadas y regulares.
- ✓ Prestar atención a las distancias entre el garaje del parque de maquinaria y la ubicación de las parcelas de cultivo, preferiblemente inferior a 4 km de promedio, especialmente con tractores pequeños.
- ✓ El consumo de carburante por hectárea se reduce en la medida en que crece la superficie de la explotación, siempre que ese crecimiento se produzca aumentando el tamaño de las parcelas y sin incrementar significativamente los desplazamientos.
- ✓ La elección de tractores y aperos de dimensiones mayores para labores pesadas lleva a una reducción del consumo de combustible por hectárea, pero debe hacerse siempre que la inversión esté justificada en las horas previstas de utilización. Lo más importante es disponer del tractor y parque de maquinaria dimensionado a la explotación.
- ✓ Para las labores de baja demanda energética como el abonado o tratamientos fitosanitarios utilizar tractores de menor potencia y máquinas de mayor anchura de trabajo.
- ✓ Los tractores tienden a perder potencia y a aumentar su consumo específico de combustible con el paso del tiempo, especialmente si el mantenimiento no es el apropiado, de ahí el interés de disponer de una explotación cuya dimensión permita una continua renovación del parque de maquinaria.
- ✓ Para incrementar las horas anuales potenciales de utilización de la maquinaria es conveniente la diversificación de cultivos de otoño con otros de primavera y verano.
- ✓ La opción de subcontratación de las labores más costosas es una alternativa a considerar desde el punto de vista del ahorro y la eficiencia energética al posibilitar la rentabilización de tractores y máquinas mayores, más eficientes energéticamente.
- ✓ La gestión de los cultivos en grandes explotaciones, bien profesionales o asociativas, permite obtener costes de mecanización menores y una mejor eficiencia en el uso de combustible.

## CONCLUSIONES PRÁCTICAS PARA EL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

### En las explotaciones familiares de cultivos extensivos

- ✓ Disponer de un parque de maquinaria bien dimensionado en relación a las posibilidades reales de crecimiento de la explotación.
- ✓ Los tractores tienden a perder potencia y a aumentar su consumo específico de combustible con el paso del tiempo, de ahí el interés en amortizar y renovar el parque de maquinaria de la explotación. No obstante, un correcto mantenimiento del tractor ayudará a minimizar esta tendencia.
- ✓ Realizar con tractor propio las labores de baja demanda energética como la siembra, el abonado o tratamientos fitosanitarios utilizando tractores de menor potencia y máquinas de la mayor anchura de trabajo posible. Estos tractores son además interesantes para una diversificación de la actividad en otros cultivos como la viña o cultivos hortícolas y frutales.
- ✓ Subcontratar las labores de mayor demanda energética (por ejemplo laboreo profundo, recolección) es una alternativa muy interesante desde el punto de vista del ahorro y eficiencia energética. De este modo se evitan inversiones injustificadas y sobredimensionamiento de la maquinaria de la explotación.

### En las explotaciones profesionales de cultivos extensivos: familiares, asociativas o societarias

- ✓ Procurar aumentar la superficie de la explotación, siempre que ese crecimiento se produzca, además, aumentando el tamaño de las parcelas (más de 5 ha, y a ser posible de formas alargadas y regulares) y sin incrementar significativamente los desplazamientos (inferior a 4 km de promedio, especialmente con tractores pequeños).
- ✓ Modernizar el parque de tractores y máquinas con análisis de viabilidad de las inversiones y planes de gestión realistas (utilizar asesoramiento especializado), incorporando lo antes posibles las innovaciones tecnológicas que se van produciendo.
- ✓ Diversificar cultivos (cultivos de otoño como los cereales y cultivos de verano como girasol y maíz, etc.) para incrementar las horas anuales potenciales de utilización de la maquinaria. Establecer calendarios de trabajo para todo el año.
- ✓ Diversificar los sistemas de laboreo y consecuentemente los aperos disponibles para elegir el más apropiado en cada caso y poder trabajar en todas las épocas del año. Esto permite aumentar la calidad de las labores y consecuentemente los resultados obtenidos.
- ✓ Utilizar tractores y máquinas grandes para las labores de mayor demanda energética (laboreos primarios, transporte del grano) y tractores pequeños para las labores de baja demanda energética (fertilización, tratamientos fitosanitarios).
- ✓ Organizar la gestión de la mano de obra en las épocas punta de trabajo de modo que no sea éste el factor limitante para un óptimo uso de la maquinaria (dos operarios pueden trabajar en turnos con el mismo equipo aumentando su disponibilidad).
- ✓ Prestar especial atención a la capacitación técnica del personal, especialmente en relación a las nuevas tecnologías que se van incorporando en los tractores (un ejemplo es la informática y la agricultura de precisión).
- ✓ Disponer de un programa de seguimiento y control del mantenimiento del parque de maquinaria en óptimas condiciones de funcionamiento, atendiendo a las particularidades de tractores, máquinas y aperos.

# Bibliografía

- ARNAL ATARÉS, P. “El equipo móvil de medición de potencia y consumo de los tractores”. Navarra Agraria nº 13, Abril 1986.
- ARVALIS. “Choisir ses outils du travail du sol á la récolte”. Enero 2004.
- BARTHELEMY P. y LAJOUX P. “Choisir les outils de travail du sol”. ITCF, Paris. 1991.
- BOTO FIDALGO, J.A., PASTRANA SANTAMARÍA, P. y SUÁREZ DE CEPEDA MARTÍNEZ, M. “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”. Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España. Número Especial. IDAE.
- CEMAG. Centre d'Etude de la Mécanisation en Agriculture. Gembloux, Belgique. “Indicateurs de performances et des couts d'utilisation de l'equipe-ment agricole”.
- MÁRQUEZ DELGADO, L. “El consumo de combustible en condiciones reales de campo”. Agrotécnica. Noviembre 2004.
- ORTIZ-CAÑABATE, J. “Las máquinas agrícolas y su aplicación”. Mundi Prensa. 2003.
- PÉREZ DE CIRIZA GAINZA, J.J. “Experiencias y resultados sobre sistemas de laboreo en Navarra”. Jornada sobre Agricultura de Conservación UPNA. Noviembre 2003.
- PÉREZ DE CIRIZA GAINZA, J.J. “Las CUMAS y el ahorro energético”. Navarra Agraria nº 147, Noviembre - Diciembre 2004.
- PÉREZ DE CIRIZA GAINZA, J.J. y DELGADO PÉREZ, J. “El laboreo en Navarra”. Navarra Agraria nº 156, Mayo - Junio 2006.
- SUÁREZ DE CEPEDA MARTÍNEZ, M. “Estudio comparativo del parque de tractores en uso de Castilla - La Mancha”. Estación de Mecánica Agrícola de Albacete.

- SUÁREZ DE CEPEDA MARTÍNEZ, M. “*Estructura de la mecanización de las explotaciones agrarias en Castilla - La Mancha*”. Estación de Mecánica Agrícola de Albacete.
- SUÁREZ DE CEPEDA MARTÍNEZ, M. “*Sistemas de apoyo para la toma de decisiones en selección de maquinaria*”. Estación de Mecánica Agrícola de Albacete.

# Anexo: Definiciones y métodos de cálculo

En este trabajo se ha utilizado una herramienta informática diseñada específicamente para calcular las capacidades de trabajo teórica, efectiva y real de distintos trabajos de laboreo, tomando como punto de partida las definiciones ofrecidas entre otros autores por Ortiz Cañabate, J. (Las máquinas agrícolas y su aplicación).

## Capacidad de trabajo

La capacidad de trabajo teórica es la que realiza una máquina si trabajara, sin ningún tipo de interrupción, a su velocidad normal de trabajo y cubriendo siempre la totalidad de la anchura teórica. Se expresa en hectáreas por hora.

La capacidad de trabajo real o final es la que resulta de incorporar los tiempos gastados en los giros o vueltas, los tiempos de ajuste de aperos o máquinas y el tiempo de desplazamientos.

La capacidad de trabajo de un tractor realizando una labor determinada es la función inversa al tiempo empleado en realizarla (rendimiento horario).

Se detalla a continuación el método de imputación de los tiempos efectivos utilizados para la realización de las distintas labores. Este método permite comparar capacidades de trabajo reales diferentes en función de la estructura de las explotaciones.

## Rendimiento horario del tractor en las labores agrícolas

El rendimiento horario de un tractor (RHT) lo expresaremos en horas de trabajo por hectárea (h/ha).

- **El Rendimiento Horario Teórico del Tractor (RHTt)** es una función que depende exclusivamente de la velocidad de avance del tractor ( $V$ ), expresada en kilómetros por hora (km/h), y de la anchura de trabajo con el apero o la máquina con la que esté trabajando ( $AA$ ), expresada en metros (m).

$$RHTt = 10.000 / (V * 1.000 * AA)$$

- **El Rendimiento Horario Efectivo del Tractor** (RHTe), es una función que depende del rendimiento teórico (RHTt) y del tiempo empleado en los giros (TG), expresado en horas, que lógicamente depende del número de giros (NG) necesarios para cubrir completamente la parcela, el tiempo empleado en realizar cada uno de los giros (TGu), estimado en horas (0,0083 h) y el tamaño de la parcela (SP, expresado en hectáreas).

$$\text{RHTe} = \text{RHTt} + \text{TG}$$

El tiempo empleado en los giros en la parcela (TG) depende del tamaño (en hectáreas); forma (RLA), expresada en su relación largo de parcela (LP) por ancho (AP) en metros; y regularidad de la parcela (se utiliza una constante K que va de 1 para las parcelas regulares de formas rectangulares a 2 para aquellas que tienen el doble de giros requeridos).

- **El Rendimiento Práctico del tractor** (RHTp), es una función que depende del rendimiento efectivo del tractor (RHTe) y de los tiempos de ajuste imputados a la labor o tarea realizada (TA, expresado en horas por hectárea).

$$\text{RHTp} = \text{RHTe} + \text{TA}$$

El tiempo de ajuste del apero o máquina es un tiempo que ha de imputarse a la superficie afectada puesto que es también un tiempo de utilización de ese apero o máquina, aunque en este caso no lleve asociado un consumo de combustible necesariamente.

- En el caso de aperos este tiempo se estima en función del tiempo necesario para el enganche y el ajuste correcto del apero (taa) para la labor que se pretende realizar (en horas) y la superficie total sobre la que se va a trabajar con esa labor (sa) en hectáreas.

- En el caso de las máquinas este tiempo se calcula en función de la autonomía de la máquina de que se trate y de la dosis utilizada por hectárea (por ejemplo una sembradora que lleva una tolva de 600 kg (aut) y siembra a razón de 200 kg/ha (dos), tendrá una autonomía de 3 ha (sa). Si estimamos que el tiempo de llenado de tolva y revisión de la marcha de la máquina es de 0,3 horas (taa), lógicamente le imputaremos 0,1 h/ha como tiempo de ajuste TA).

- **El Rendimiento Real o Final del Tractor** (RHTf) es una función que depende del rendimiento práctico del tractor y de los tiempos de desplazamiento de tractor y equipo del garaje a la parcela de cultivo y entre parcelas (TD, expresado en horas por hectárea).

$$\text{RHTf} = \text{RHTp} + \text{TD}$$

El tiempo de desplazamiento (TD) va a depender por una parte de la velocidad a la que circula el tractor por el camino, de la distancia media existente entre el garaje y las parcelas de cultivo (DP) y de la distancia entre las parcelas (DPp) expresadas en kilómetros y, por otra parte, de la duración de la jornada o de la media jornada haciendo el supuesto de que el agricultor regresa a comer a casa con el tractor (JT).

- En cada viaje realizado de ida y vuelta, sesión de trabajo, habrá que calcular la superficie trabajada por el agricultor con el apero o máquina correspondiente (SS) para repercutir el tiempo total de desplazamientos entre la superficie trabajada.
- La superficie trabajada en cada sesión (SS) depende del Rendimiento Práctico del tractor con el equipo correspondiente (RHTp) y el tiempo disponible en cada sesión (JT), una vez descontado el tiempo de desplazamientos.

## Coste horario de tractores, máquinas y aperos

El coste horario de un tractor se compone de los gastos fijos (amortización, intereses, alojamiento y seguros), más los gastos variables (consumo de combustible, aceites, lubricantes, neumáticos, mantenimiento y reparaciones). Estos últimos se producen cuando el tractor funciona, variando según el tipo de labor, el consumo de combustible y el coste del gasóleo. Los primeros se llaman fijos porque, aun sin utilizar el tractor, hay que tenerlos en cuenta y tienen una gran importancia en el coste total, principalmente cuando el tractor se utiliza pocas horas. Conociendo los diferentes trabajos que realiza un tractor y las horas de trabajo al año se puede obtener una media del coste horario.

En la medida en la que aumentamos las horas de utilización anual del tractor, al repercutir las amortizaciones en las horas trabajadas, se consigue reducir los costes fijos horarios de manera ostensible.

Por otra parte, los costes variables se producen al poner el tractor en marcha y dependen de los tipos de trabajos realizados.

El sistema de cálculo utilizado es el Método de Amortización Combinada propuesto por el Centro de Estudios de la Mecanización en Agricultura (CEMAG):

## • Gastos fijos

Se calculan los gastos fijos de un año y se repercuten en el total de horas trabajadas. Los gastos fijos considerados son los siguientes:

- Amortización en función combinada del desgaste y el desuso.
  1. Desgaste anual: coste de adquisición del tractor o máquinas y aperos (€) dividido por 12.000 horas de funcionamiento en el caso de los tractores y 1.500 horas en el caso de máquinas y aperos, multiplicado por el número de horas de funcionamiento anual.
  2. Desuso anual: precio de adquisición del tractor (€) dividido por 20 años de vida útil del tractor, máquina o apero.
- Intereses. 6% anual sobre el coste de adquisición.
- Alojamiento. 9 €/m<sup>2</sup> de superficie de almacén necesario.
- Otros gastos. 0,6 €/CV (únicamente en los tractores).

## • Gastos variables

- Combustible. Precio del gasóleo (€) por el consumo en l/h.
- Mantenimiento y reparaciones. 0,288 €/l de combustible consumido.

Títulos publicados de la serie  
*Ahorro y Eficiencia Energética  
en la Agricultura:*

Nº Especial: *Consumos Energéticos en las Operaciones Agrícolas en España.* 2005

Tríptico promocional: *Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura.* 2005

Nº 1: *Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola.* 2005

Nº 2: *Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío.* 2005

Nº 3: *Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas.* 2005

Nº 4: *Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola.* 2006

Nº 5: *Ahorro, Eficiencia Energética y Estructura de la Explotación Agrícola.* 2006





c/ Madera 8, 28004 - Madrid  
Tel: 91 456 49 00 Fax: 91 523 04 14  
comunicacion@idae.es  
www.idae.es



P.V.P.: 6 € (IVA incluido)