

EL SECTOR DE LA MECANIZACIÓN AGRARIA EN ESPAÑA

Jaime Ortiz-Cañavate, Catedrático de Ingeniería Agroforestal
Esc. T. S. Ing. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

En este trabajo se hace una exposición de la mecanización agraria en España en los últimos 65 años para ver cómo ha evolucionado este sector que tanta importancia tiene en el nivel tecnológico de la agricultura de cualquier país. A continuación se presentan las estadísticas de la evolución del parque de tractores y máquinas agrícolas en España desde el año 1970 y los datos de las ventas en el sector en los últimos 10 años. También se exponen los datos del sector agrario en cuanto a población activa, la incidencia de la producción agraria en el PIB y el consumo energético.

Se consideran los requisitos para la homologación de los tractores y las máquinas que se vendan en España (que son idénticos al resto de los países de la UE) y las ayudas que se conceden para la adquisición de tractores y máquinas, incluyendo un estudio realizado en España para clasificar los tractores desde el punto de vista de su eficiencia energética con objeto de incentivar la adquisición de los tractores más eficientes.

Historia reciente de la mecanización agraria en España

Vamos a exponer brevemente la historia más reciente (a partir de 1945) de la mecanización agraria en España y lo hacemos en 4 períodos de unos 15 años cada uno:

Período 1945-1960:

Antes de 1945 se puede decir que no hay un número apreciable de tractores agrícolas en España, censándose en 59 unidades en dicho año, que es cuando se creó el Registro de tractores, motores de riego, trilladoras y cosechadoras, por lo que es a partir de esta fecha cuando empezamos a disponer de estadísticas fiables de estos grupos de máquinas.

En 1949 había unos 10000 tractores en España, todos importados y todos de gasolina o petróleo. En 1952 se importaron los primeros tractores con motor de gasóleo.

En 1955 se empezaron a fabricar cosechadoras arrastradas de cereales. En 1959 había en España 1300 cosechadoras de cereales autopropulsadas y 2700 cosechadoras arrastradas.

En 1956 se concedieron licencias de fabricación de tractores a Lanz Ibérica (Getafe, Madrid), que luego se convirtió en John Deere Ibérica, y a Ford Ibérica (Barcelona) que fabricó los tractores Ebro.

En 1959 se empezaron a fabricar los tractores Barreiros en Villaverde (Madrid) y se alcanzó en España la cifra de 50000 tractores.

Período 1960-1975:

En este período se produce un incremento importante en la mecanización de la agricultura española. El número de animales de tiro en España disminuye de cerca de tres millones en 1959 a la mitad en 1973 y a 400000 cabezas en 1986.

En 1973 se llega a la cifra de 330000 tractores y 33000 cosechadoras de cereales que ya son cifras importantes y que nos aproximan a los índices de mecanización del resto de los países europeos.

Se produce asimismo un aumento sustancial de los regadíos en España.

Período 1975-1990:

Sigue el incremento de la mecanización en España y la consecuente reducción de los animales de tiro, alcanzándose en 1986 la cifra de 650000 tractores y 50000 cosechadoras de cereales, considerando estas máquinas como las más significativas de la tecnificación del campo español.

Se empieza a mecanizar la recolección de la aceituna y la almendra mediante equipos vibradores montados en tractor.

Aparecen los maquileros o empresas de servicio de alquiler de maquinaria, sobre todo en relación a cosechadoras de cereales y equipos de tratamientos.

En cuanto al riego, se empiezan a introducir de forma masiva los pivots de riego y el riego por goteo. El trasvase de agua de la cuenca del Tajo a zonas de Levante permite, junto con la introducción de invernaderos de plástico o cultivos protegidos, la producción masiva de productos hortofrutícolas de primor.

En relación a la ganadería se introducen los equipos de ordeño para los ganados vacuno y ovino.

Período 1990-2006:

Se sigue potenciando el cultivo de primor en invernaderos de plástico en el sureste de España y en túneles de plástico mediante riego por goteo.

Se introduce el concepto de laboreo de conservación y el empleo generalizado de herbicidas.

Se multiplican las empresas de preparación y envasado de productos hortofrutícolas en la zona de Levante fundamentalmente de cara a la exportación a Europa y a otras zonas del mundo. Recientemente se están introduciendo sensores (mecánicos, acústicos y ópticos) para determinar la calidad de dichos productos conectados electrónicamente a sistemas informáticos.

Se produce la mecanización de la recolección de cultivos especiales como viñedo, tomate para industria, algodón, judía verde, guisante y pimiento.

Se inician los cultivos energéticos para producir biomasa y biocombustibles.

Se constata el uso generalizado de ordenadores por parte de los empresarios agrícolas.

En 2000 se alcanza la cifra de 900000 tractores en España y se mantiene la cifra de 50000 cosechadoras, aunque hay que considerar que la potencia y capacidad de trabajo de estas máquinas ha aumentado en más del doble de lo que había hace 10 años.

Empieza a introducirse la Agricultura de Precisión y los Sistemas de Información Geográfica en las empresas agrarias en España con el uso de emisores de señales de sensores instalados en equipos móviles y de la técnica GPS. Su objetivo es conseguir unos mapas de producción y asignar los inputs agrarios (abonos, semillas, herbicidas, etc.) en función de la misma.

Los robots se empiezan a introducir en el ámbito agrario, fundamentalmente en espacios cerrados como invernaderos (robots de tratamientos) e instalaciones ganaderas (robots de ordeño).

Estadísticas de la maquinaria agrícola en España

Es interesante, analizar la evolución de los tractores y máquinas agrícolas en nuestro país en los últimos años (1970-2010, Tabla 1). Los valores que se adjuntan se refieren al Anuario de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM), 2006, y de la información de inscripción de maquinaria agrícola anual suministrado por ANSEMAT (Asociación Nacional de Maquinaria Agropecuaria, Forestal y de Espacios Verdes).

Los datos publicados cada año por el MARM recogen las máquinas inscritas en los diversos Registros Oficiales de Maquinaria Agrícola de cada una de las provincias españolas. Este estudio tiene como referencia los datos de inscripción recogidos hasta diciembre de 2006. Una nota importante a tener en cuenta en este aspecto es que los datos de las inscripciones en el ROMA (Registro Oficial de Maquinaria Agrícola), no se corresponden con el mercado real de la maquinaria (de ventas de maquinaria agrícola), especialmente en el caso de la maquinaria arrastrada y suspendida. La razón es que sólo tienen obligación de inscribirse en el registro los tractores, los remolques cuya masa máxima autorizada (MMA) exceda de 750 kg, los motocultores, los tracto-carros, las máquinas automotrices y las máquinas arrastradas cuya MMA exceda de 750 kg y cualquier máquina para cuya adquisición se haya solicitado un crédito o subvención oficial.

Tabla 1. Evolución del parque de tractores y máquinas agrícolas en España

	x1000 (miles de unidades)				
	1970	1980	1990	2000	2010
Tractores	260	524	740	900	1000
Motocultores y motomáquinas	72	220	280	282	281
Cosechadoras de cereales	28	42	48,2	51	51,7
Cosechadoras de forraje	n.d.	0,5	0,9	1,0	1,1
Cosechadoras de remolacha	n.d.	0,2	0,6	0,8	1,0
Cosechadoras algodón	n.d.	n.d.	2,2	0,77	0,62
Vendimiadoras	n.d.	n.d.	0,01	0,21	1,20
Equipos de carga	n.d.	n.d.	0,52	0,58	2,1
Tracto-carros	n.d.	n.d.	1,1	1,6	2,8
Remolques	181	408	522	580	625

FUENTES: Anuario de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino; página web de Ansemat: www.ansemat.org , y ROMA (Registro Oficial de Maquinaria Agrícola).

Estas cifras, no obstante, no son exactas puesto que en muchos casos no se da de baja en el correspondiente Registro Provincial la maquinaria inservible o achatarrada.

El índice de mecanización en la agricultura española es del orden de 2,53 kW (3,45 CV) por hectárea considerando todas las máquinas con motor.

En cuanto a las ventas de tractores y máquinas agrícolas en los últimos años, tenemos los datos de los últimos 10 años suministrados por el ROMA (Tabla 2) en donde se aprecia una acusada reducción en los últimos tres años. Ello es debido no sólo a la crisis económica, sino también a que el mercado de tractores y máquinas agrícolas es actualmente un mercado de sustitución y no de expansión. También se puede observar que el parque de tractores y de cosechadoras de cereal es más bajo que en la Tabla 1, debido que aquí se han estimado las bajas por achataamiento.

Tabla 2 – Ventas de tractores y máquinas agrícolas en España 2000-2009

	2000	2003	2006	2009
Tractores	20033	19060	16605	11784
Parque tractores	759200	815649	853510	895627
Tractores importados	19.508	18.653	16.326	11.631
Tractores nacionales	525	407	279	153
Tractores ruedas	19550	18747	16227	11555
Tractores cadenas	483	313	378	167
Motocultores y motomáquinas	3900	2300	1200	1200
Maquinaria automotriz	1313	1381	1155	1040
Cosechadoras cereal	633	581	361	384
Parque cosechadoras cereal	22900	24467	25967	26325
Maquinaria arrastrada y/o suspendida	9356	9865	10844	11863
Maquinaria para trabajo de suelo	573	1042	1252	2324
Maquinaria de siembra	162	362	562	821
Maquinaria para tratamientos	2307	2573	2969	2598
Maquinaria aporte fertilizantes y agua	2758	2703	2822	2228
Maquinaria de recolección	3259	2474	2393	2335
Remolques	10885	9524	7573	6184
Otras maquinas	92	320	234	607
Inversion (millones €)	751,7	917,7	978,5	1000,9

El volumen de la inversión en el mercado de maquinaria ha venido aumentando desde hace diez años. Destacaríamos que pese a las variaciones del mercado, el volumen de la inversión se mantiene o crece. Estas variaciones en muchos casos, y especialmente en los dos últimos años, se deben a los problemas económicos y financieros globales que han hecho retraerse al mercado de maquinaria agrícola. Sin embargo, el incremento del valor de los equipos hace que el valor total del mercado de maquinaria agrícola se mantenga.

Con un mercado medio en los últimos diez años de 15900 unidades, el mercado nacional de tractores es un mercado netamente, por no decir exclusivamente, de importación. En nuestro país tan solo quedan dos fabricantes nacionales, que apenas aportan un 1,5% del total del mercado de tractores. El tractor ha ido evolucionando en estos últimos años hacia un tractor más grande, con mejores prestaciones y con un mayor nivel tecnológico, especialmente en el aspecto electrónico. La potencia media ha crecido en estos años hasta llegar a unos 85 kW (120 CV).

El mercado de la maquinaria de recolección automotriz es un mercado de renovación, especialmente dirigido a las empresas de servicios, maquileros y agricultores profesionales. Se trata de unas máquinas de un elevado valor económico lo que hace que la inversión se apure al máximo. Sin embargo cabe destacar que la amortización en nuestro país de este tipo

de maquinaria es elevada y rápida, ya que superan con mucho las horas de trabajo de otros países europeos, como por ejemplo Francia o Alemania.

Destacamos que el mercado de vendimiadoras autopropulsadas ha venido creciendo asimismo de una forma ostensible, en parte por el incremento de la mecanización en el sector vitivinícola, pero también por su utilización en otros tipos de cultivos especialmente en el caso de olivar intensivo. Este mercado se sitúa en torno al centenar de unidades al año.

El mercado de remolques ha sido uno de los más afectados en los últimos diez años, si tenemos en cuenta los datos de inscripciones en el registro de maquinaria agrícola. Con un mercado medio de 8500 unidades al año, los últimos cuatro o cinco años han sido bastante más bajos que los anteriores.

Importancia económica del sector de la maquinaria agrícola

El sector de la maquinaria agrícola reúne un amplio espectro de empresas, trabajadores y profesionales. Co-existen empresas fabricantes e importadoras de maquinaria agrícola y muchas de estas empresas pertenecen a la Agrupación ANSEMAT. También existen otras empresas de servicios y comercialización (redes comerciales) y otras de servicios de mantenimiento y reparación (talleres y servicios técnicos).

Los cálculos estiman que en nuestro país, este sector industrial genera alrededor de unos 1500 millones de euros y unos 70000 empleos directos, dentro de un tejido empresarial muy extenso que, según datos del INE (Instituto Nacional de Estadística), cuenta con más de 46000 empresas en el territorio nacional que se dedican a estas actividades.

Sólo en el apartado de la manufactura, y teniendo en cuenta que muchas son empresas familiares con fabricación de series cortas, el sector genera alrededor de 9000 empleos.

Balance comercial del sector: importaciones/exportaciones

Como consecuencia de los datos estadísticos expuestos anteriormente, se puede deducir que la balanza de pagos del sector de la maquinaria agrícola presenta grandes diferencias. La importación de maquinaria agrícola en nuestro país es bastante mayor que la exportación, tanto en cantidad comercializada como en valor de la misma

Teniendo en cuenta un mercado interior, en lo que respecta *al subsector de maquinaria agrícola*, de unos 1000 millones de euros (Tabla 2), los fabricantes de equipos nacionales facturan anualmente unos 167 M€ y exportan del orden de los 60 M€ (AGRAGEX, <http://www.agragex.es/>), por lo que las importaciones de tractores y máquinas agrícolas representan unos 900 M€ al año.

En otros subsectores los datos son mejores: en el *mercado de componentes* se fabrican equipos por unos 125 M€, de los que más de 75 M€ corresponden a exportaciones; en *equipos de riego*, sector en el que nuestro país es uno de los punteros en el mundo, se fabrican equipos por valor de 435 M€, de los que se exportan unos 167 M€; en *equipos post-cosecha de manipulación de frutas y hortalizas* se facturaron en 2007, 180 M€ de los que se exportaron unos 60 M€, y por último, en relación a *equipos ganaderos* se facturó en 2007 unos 455 M€ y se exportó alrededor de 265 M€.

Nuestros fabricantes son reconocidos fuera de nuestras fronteras por su alta calidad de fabricación, por tener una oferta reducida pero muy especializada, por la robustez de sus equipos y por su fiabilidad y los altos estándares de fabricación y calidad.

Datos del sector agrario

La población total en España es del orden de 45 millones de habitantes, estando dedicada a la agricultura alrededor del 4,4 % de la población activa (año 2006).

Tabla 3. Evolución de las superficies dedicadas a diversos cultivos en España

Cultivo	x1000 (miles de ha)						
	1970	1976	1983	1988	1993	1998	2006
Cereales grano	7400	7200	7433	7887	6456	6632	6195
Oleaginosas grano	820	623	434	371	211	503	639
Patata	397	391	340	282	208	134	150
Remolacha azucarera	220	293	249	191	180	149	108
Algodón	91	56	40	137	32	99	62
Girasol	166	507	927	940	2.141	1.048	361
Alfalfa	254	314	327	303	285	229	256
Hortalizas	460	465	460	504	435	398	405
Cítricos	136	145	125	134	141	138	140
Viñedo	1630	1740	1696	1484	1281	1161	1100
Olivar	2310	2200	2090	2087	2147	2347	2470
Manzano	52	75	61	56	54	49	50

El producto interior bruto (PIB) en España es del orden de 970000 M€ representando la producción agraria alrededor del 2,3% de dicha cantidad (la media para la Unión Europea

es un 1,5%). La energía total consumida en España es del orden de 130 Mtep⁽⁴⁾, representando el consumo energético agrícola del orden del 2 % (2,6 Mtep).

La Tabla 3 recoge, en cifras aproximadas, de los 20 millones de hectáreas de tierras de cultivo, la evolución de las superficies dedicadas a los principales cultivos en España.

Homologación de tractores agrícolas y forestales

Se entiende como *Homologación* el acto administrativo por el que se reconoce que un determinado producto cumple una normativa, antes de su puesta en circulación. La *Conformidad de la producción* es el control periódico del producto homologado que se realiza para verificar que mantiene sus características.

La homologación de “tipo” permite la libre circulación de vehículos automóviles, siempre que respeten los requisitos exigidos para la circulación vial. Ello supone la integración de los tractores agrícolas y forestales en la normativa que afecta a los vehículos automóviles. Se puede decir que el tractor agrícola, aunque tiene un motor que le permite autodesplazarse, no es un automóvil ya que sólo una parte pequeña de su potencia se emplea en este menester, por lo que es considerado como un vehículo “a motor”.

La definición de “tipo” es el conjunto de características exigidas a los vehículos, a efecto principalmente de circulación vial. Incluye varios “modelos” y admite “versiones” y “variantes” que se homologan bajo el mismo “tipo”, aplicándoles ensayos específicos considerados en los Reglamentos Parciales. Progresivamente ha absorbido los aspectos relacionados con la seguridad en el trabajo y con la función agrícola del tractor.

Se complementa con un programa de la Conformidad de la Producción y la integración de la homologación de tipo “CE”. Todas las máquinas que se comercialicen en la Unión Europea deben cumplir con los requisitos establecidos en las directivas correspondientes. En España la homologación de tipo corresponde al Ministerio de Industria, con un laboratorio principal en el INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) en Torrejón (Madrid) y otros laboratorios colaboradores como la EMA (Estación de Mecánica Agrícola) en Getafe (Madrid) y la IDIADA (Instituto de Investigación Aplicada del Automóvil) en Tarragona.

La homologación de tipo CE tiene como objetivo la supresión de barreras técnicas a la circulación de mercancías dentro de la Unión Europea. Para los tractores agrícolas, el primer documento normativo fue la directiva 74/150/CE y posteriormente la directiva marco 2003/37/CE.

Los objetivos que se pretenden con dichas directivas son:

- Que un vehículo de “tipo” homologado pueda circular libremente por todos los países de la UE.

-Incluir en la documentación los datos necesarios para realizar la información relativa a características, sistemas y componentes esenciales de los tractores.

-Armonización de las legislaciones nacionales.

Dichas directivas incluyen: las *Fichas de características*, los *Requisitos* aplicables para obtener la homologación, el *Procedimiento* de homologación, el *Certificado* de homologación, incluyendo el nivel sonoro externo, la emisión de gases de escape y el nivel sonoro en los oídos del conductor y la *Marcación* y el certificado de conformidad y de compatibilidad electromagnética.

Ayudas para la adquisición de máquinas

En este ámbito existen dos líneas de ayudas principales en España, por un lado el Plan Renove de renovación del parque nacional de tractores y maquinaria agrícola y por otro el Plan de ayudas para la promoción de nuevas tecnologías en maquinaria y equipos agrarios.

Este tipo de ayudas ha propiciado el progreso de la mecanización en el medio rural. Ambos tipos de ayudas son financiadas por el MARM y son gestionadas por las Comunidades Autónomas.

El objetivo de estas ayudas es eliminar la maquinaria obsoleta, contaminante y poco segura, cambiándola por maquinaria nueva y adaptada a criterios medioambientales y de seguridad y ergonomía. Ello se justifica con el dato de que la edad media de los tractores en uso es de 17 años.

La maquinaria subvencionable es: tractores, cosechadoras, cisternas de purín, abonadoras, sembradoras y maquinaria para la aplicación de productos fitosanitarios.

Plan Renove para la renovación de tractores

El objetivo del Plan “Renove” es establecer las bases de las ayudas para fomentar la renovación del parque de tractores mediante:

- El achatarramiento de los tractores más antiguos.
- La sustitución por otros equipos con tecnología más avanzada, que:
 - Mejoren la seguridad y las condiciones de trabajo,
 - Tengan una mayor eficiencia energética,
 - Produzcan un menor impacto ambiental.

Los beneficiarios pueden ser:

- Agricultores individuales.
- Cooperativas de maquinaria, de explotación comunitaria de la tierra y otras cuya actividad principal sea la agraria.
- Sociedades agrarias de transformación.
- Otras personas jurídicas cuya actividad principal sea la agraria
- Empresas de servicios agrarios.

La cuantía básica es de 80 €/CV del vehículo que se destruye. Adicionalmente se dan:

- Por explotación “prioritaria”: 25 €/CV
- Si es “agricultor joven”: otros 25 €/CV
- Si el titular de la explotación es “mujer”: otros 25 €/CV
- En zonas desfavorecidas o de montaña: otros 10 €/CV
- Si el tractor achatarrado no posee estructura antivuelco: otros 80 €/CV

El límite de la subvención, ya que se pueden sumar todas las ayudas posibles, es de 12000 € para adquirir un tractor y de 30000 € si es una cosechadora. En el resto de las máquinas, la cuantía máxima de la ayuda sería un 30% de la inversión total.

El problema actual es que estas ayudas, con la crisis económica, se han reducido drásticamente: de 43 M€ en 2007, a 39 M€ en 2008, a 13 M€ en 2009 y a sólo 7 M€ para 2010.

Clasificación energética de los tractores agrícolas

Esta clasificación energética de los tractores ha sido promovida por el IDAE (Instituto de Diversificación y Ahorro Energético) y realizada por profesores de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). IDAE incrementa la cuantía base de la ayuda del Plan Renove en 30 €/CV por pertenecer a la categoría de eficiencia energética A y en 10 €/CV por pertenecer a la categoría B, según las tablas publicadas en su página web.

Este estudio se ha publicado en dos trabajos (Gil Sierra et al., 2007 y Ortiz-Cañavate et al., 2009) y se basa en que los factores que más influyen en la eficiencia energética del tractor son: el consumo específico del motor y la eficiencia de la transmisión.

Como punto de partida se ha contado con los ensayos de tractores de acuerdo con los códigos de la OCDE y de los ensayos de potencia a la toma de fuerza se obtiene un índice de consumo medio de combustible c_k . Este índice c_k obtenido para cada tractor se modifica para tomar en cuenta la influencia de la transmisión. Para hacer esta modificación, de acuerdo con la información de la Tabla 5, se divide el valor del índice c_k de cada modelo en tres partes

proporcionales al tiempo dedicado por el tractor a cada tipo de tarea (Tabla 4, elaborada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación a partir de una encuesta realizada entre agricultores sobre empleo de su tractor) y las partes proporcionales a los tiempos donde predomina el tiro en labores lentas y el tiro en labores rápidas se mayoran dividiéndolas por el valor medio de los coeficientes de eficiencia calculados para esas velocidades

Tabla 4.- Distribución de las horas de funcionamiento anual del parque de tractores en España distribuidos por gamas de potencia (fuente Ministerio de Agricultura)

Potencia CV	Distribución del número de horas trabajadas por el tractor en las distintas tareas (%)									
	Trans- porte	Labo- reo	Siem- bra	Abo- nado	Trata- miento	Cose- cha	Equi- pos fijos	Inte- rior insts.	Trab. fore- stales	Otras
<30	24,36	20,59	6,24	9,27	7,58	20,29	0,61	7,46	1,38	2,22
30-49	24,42	29,91	4,61	7,94	10,84	14,14	2,05	3,50	1,20	1,39
50-69	21,90	28,85	7,15	9,01	7,80	15,72	2,73	4,41	0,90	1,53
70-89	20,37	32,62	8,95	8,06	7,53	12,98	3,13	3,94	0,67	1,75
90-109	18,57	37,79	12,20	7,06	6,07	10,41	2,14	3,15	1,98	0,63
110-129	16,33	39,17	12,46	8,80	2,79	10,38	5,53	2,10	1,87	0,57
130-150	19,57	45,11	12,01	7,87	2,33	8,06	1,22	1,83	0,00	2,00
>150	15,01	57,47	7,92	1,82	2,49	8,12	0,00	0,00	0,00	7,17

Durante los trabajos de abonado, tratamientos fitosanitarios, recolección y accionamiento de equipos fijos, el tractor realiza fundamentalmente tareas a la toma de fuerza, mientras que en los demás trabajos predomina en mayor o total grado la tracción. Las tareas se pueden clasificar en dos categorías, aquellas en las que predomina el trabajo a la toma de fuerza y en las que predomina el trabajo de tiro, por lo que sólo en las de la segunda categoría tiene influencia la transmisión. Por otro lado, dado que el coeficiente de eficiencia η tiene valores que difieren significativamente entre sí en función de la velocidad de avance del tractor, no se puede aplicar el mismo coeficiente a todas las tareas de tiro realizadas por el tractor, sino que habrá que aplicar un valor a la tareas que se hagan a velocidades inferiores a 8 km/h y otro a tareas más rápidas. Se pueden agrupar como tareas de tiro a velocidades inferiores a 8 km/h las de laboreo, trabajo en el interior de las instalaciones y trabajos forestales, y como tareas a velocidades más rápidas el transporte y la siembra.

Los datos de la Tabla 4 se pueden simplificar agrupando por un lado los tiempos de trabajo dedicados a tareas de abonado, tratamientos, recolección y equipos fijos (trabajos que utilizan fundamentalmente la toma de fuerza), por otro lado los de tiro realizados a velocidades lentas (< 8km/h) y, por último, los de tiro realizados a velocidades de trabajo más rápidas. Se parte así de la Tabla 5 y se obtiene el coeficiente c_{kt} que define la eficiencia total del tractor:

Tabla 5- Distribución de las horas de funcionamiento anual del parque de tractores en España agrupadas según el principal destino de la potencia generada en el motor

Potencia CV	Distribución del número de horas trabajadas por tipo de función (%)		
	Toma de fuerza	Tiro < 8 km/h	Tiro > 8 km/h
<30	37,14	29,43	32,82
30-49	34,97	34,61	30,42
50-69	35,26	34,16	30,58
70-89	31,70	37,23	31,07
90-109	25,68	42,92	31,40
110-129	27,50	43,14	29,36
130-150	19,48	46,94	33,58
>150	12,43	57,47	30,10

El valor del índice c_{kt} de cada tractor se compara con el valor medio obtenido en tractores de la misma potencia. Como valor medio se ha utilizado la línea de regresión de los tractores de los que se dispone de datos de los ensayos OCDE. Siguiendo las recomendaciones del IDAE se pueden establecer 5 o 7 categorías en torno a la línea media comprendidas entre la A (color verde de mayor eficiencia) y la G (color rojo de menor eficiencia) como se ve en las figuras 1 y 2.

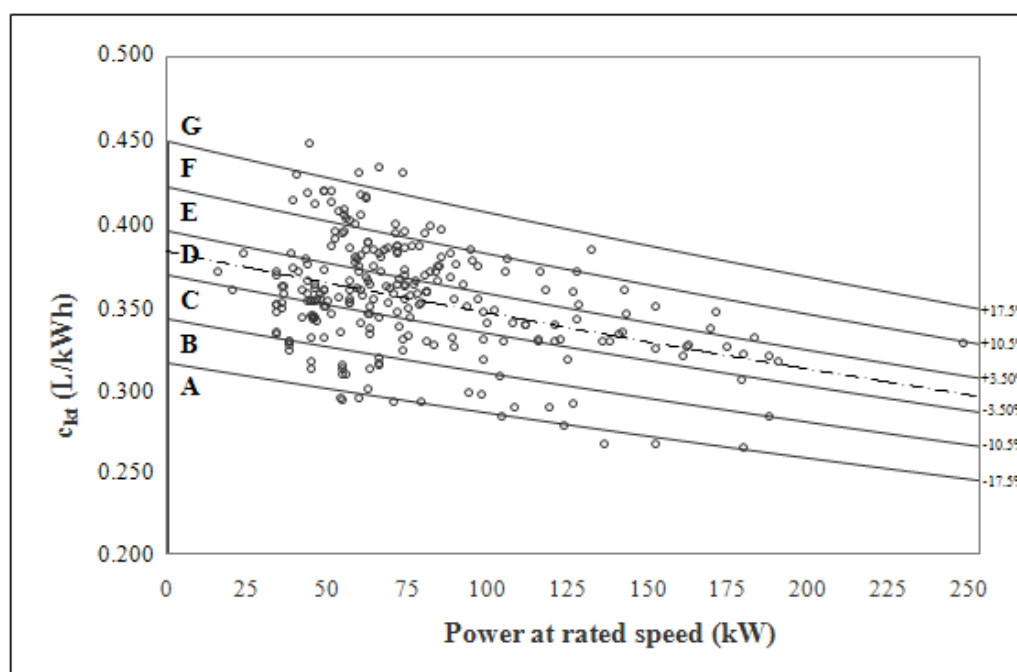


Figura 1.- Zonas en que se agrupan los tractores según su índice de eficiencia energética referido a la potencia nominal (para 249 tractores).

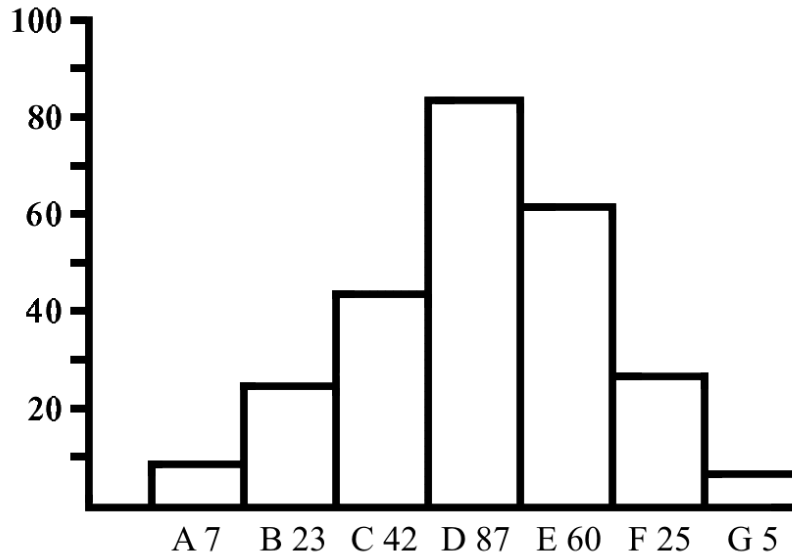


Figura 2.- Histograma para los 249 tractores de la figura anterior de acuerdo con su valor del índice c_{kt} .

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento al IDAE por su ayuda en la realización de la clasificación energética de los tractores y a ANSEMAT por la información sobre la situación del parque de maquinaria agrícola en España.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSEMAT.- **Situación del parque de maquinaria agrícola en España.** Madrid. <http://www.ansemat.org/>, 2007.
- ANSEMAT.- **Radiografía del sector de la maquinaria agrícola en España.** Madrid. <http://www.ansemat.org/>, 2008.
- GIL-SIERRA, J., J. ORTÍZ-CAÑAVATE, GIL-QUIRÓS, V. y J. CASANOVA. 2007: "Energy efficiency in Agricultural Tractors. A methodology for their classification", Applied Engineering in Agriculture 23 (2), 145-150.
- IDAE, **clasificación de los tractores agrícolas en función de su eficiencia energética.** <http://www.idae.es/>
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino). Distribución de las horas de funcionamiento anual del parque de tractores en España por gamas de potencia. <http://www.marm.es/>.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 2007. **La Agricultura, la Pesca y la Alimentación en España 2006.** Secretaría General Técnica. Madrid.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J.- **Las máquinas agrícolas y su aplicación.** (7ª Ed.) Ed. Paraninfo, Madrid, 2011.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J.- **Tractores, Técnica y Seguridad.** Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 2005.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J. GIL SIERRA, J. CASANOVA y V. GIL-QUIRÓS. 2009: "Classification of Agricultural Tractors according to the energy efficiencies of the engine and the transmission based on OECD tests", Applied Engineering in Agriculture, 25(4): 475-480.
- VELARDE FUERTES, J. **La economía española ante el siglo XXI.** Fundación Cajamar. Instituto de Estudios Socioeconómicos, 2005.