

## La maquinaria agrícola en el siglo XX

MARGARITA RUIZ-ALTISENT y JACINTO GIL SIERRA

Doctores Ingenieros Agrónomos. Profesores titulares. Dpto. de Ingeniería Rural. ETSIA. Univ. Politécnica de Madrid.

La evolución de la maquinaria agrícola en el siglo XX ha sido tan espectacular que, de los tres grandes avances habidos a lo largo de la historia de la maquinaria agrícola, dos de ellos podemos considerar que marcan el comienzo y el fin del siglo XX.

El primer avance fundamental se dio el día en que el hombre que removía la tierra golpeándola con una herramienta tipo azada decidió avanzar con ella introducida en el suelo venciendo la fuerza de tiro. Nació así el arado en un tiempo indeterminado de la prehistoria.

Esa primera máquina y las pocas que en muchos siglos después se diseñaron para trabajar la tierra estaban accionadas por esfuerzo muscular, ya fuera el del hombre o de los animales de tiro. El siguiente paso decisivo, que libra al hombre de la necesidad de contar con fuerza muscular para trabajar el campo, se dio al aplicar a la agricultura la energía generada por motores que consumen combustibles. Aunque a lo largo del siglo XIX se construyeron máquinas de vapor estacionarias denominadas locomóviles que, mediante un juego de cables y poleas, conseguían tirar de los arados, su uso fue escaso y los agricultores no se libraron de seguir con su collera de mulas o yunta de bueyes. Sin embargo, la construcción del primer tractor con motor de combustión interna, debida a Froelich en 1892, marca el inicio de la actual tractorización. A partir de ese momento, tanto el tamaño de las máquinas como el de la superficie trabajada por un agricultor pueden crecer, porque es la energía desarrollada por un motor la que realiza los esfuerzos necesarios. Esta fecha de 1892 podemos considerarla el inicio del siglo XX en maquinaria agrícola.

Por último, en época reciente estamos asistiendo al empleo de dispositivos electrónicos e informáticos en las máquinas, los cuales miden diversas variables relativas al trabajo que desarrolla, guardan la información en registros e, incluso, deciden cómo debe comandarse la máquina. No sólo estamos liberados de realizar esfuerzos, sino también de mantener toda nuestra atención en el trabajo y tomar decisiones en función de las características del terreno, cultivo, etc. Estas técnicas, que a nivel de investigación y prototipo existen desde los años 90, marcan el inicio del siglo XXI en el que es de esperar que se fundan.

Por tanto, ya tenemos encuadrado el siglo XX como el periodo comprendido desde que el esfuerzo para trabajar la tierra deja de ser muscular hasta que el cerebro que toma las decisiones podrá dejar de ser humano.

### El tractor

Como ya se ha mencionado, el primer tractor fue el construido por Froelich. Tenía un motor de gasolina de 20 CV, tracción a las ruedas traseras metálicas y dirección en las ruedas delanteras. Estaba preparado para transmitir energía desde una gran polea. Pronto se vio la ventaja de tener tractores que consumían gasolina o gasóleo sobre la anterior técnica de generar energía en las grandes locomóviles que quemaban carbón y necesitaban también agua para transformarla en vapor.

Para poder agarrarse bien al suelo y hacer esfuerzos de tracción, en 1904 Holt inventó el tractor de cadenas. Ese primer tractor tenía cadenas motrices detrás, y una rueda directriz delantera. En 1913 se alargaron las cadenas hasta ocupar todo el lateral del tractor, y se introdujo el sistema de dirección mediante embrague y freno para cambiar la velocidad de una cadena respecto de la otra.

Al acabar la primera guerra mundial, los vehículos bélicos se reconvirtieron en tractores, lo cual hizo que surgiera un gran número de fabricantes entre las empresas que se habían dedicado a otro tipo de vehículos. Hacia 1920 había una gran diversidad de modelos que diferían en el número de ruedas motrices (una, dos, tres o cuatro), e incluso surgieron en Francia los primeros tractores estrechos y zancudos para trabajar en las viñas.

La toma de fuerza se empezó a instalar de serie en 1918, y en 1922 se normalizó el tamaño, velocidad de giro y número de estrías que debía tener.

Aunque hubo intentos previos de dotar al tractor de un sistema elevador que pudiera levantar y bajar a voluntad los aperos enganchados a sus brazos traseros, ninguno triunfó hasta que Ferguson inventó en 1935 el sistema elevador que permite regular a voluntad la altura de los brazos elevadores, y adaptar la posición del apero a las condiciones de trabajo. Por esa misma época de los años 30 empezó la instalación de neumáticos de baja presión en los tractores.

El final de la segunda guerra mundial supuso otro salto tecnológico que afectó a los tractores agrícolas. El tractor de esa época ya tenía una estructura o "silueta" semejante a la actual, y las innovaciones incorporadas han servido para aumentar sus prestaciones, facilitar la conducción y aumentar la seguridad y comodidad del conductor.

Algunos hitos han sido la instalación en 1952 de la primera dirección asistida, la normalización de los acoplamientos rápidos hidráulicos en los años 70 o la obligatoriedad de que los



Herramientas manuales para la siega de cereales (John Deere, FMO ed. 1973).

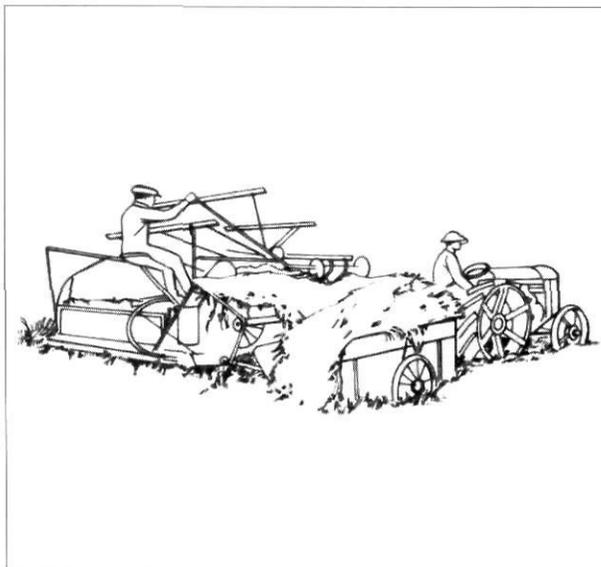
tractores lleven cabina de seguridad, vigente en España desde 1979.

Si en lugar de contemplar la evolución mundial, nos detenemos en la tractorización de España, vemos que en la primera mitad de siglo era escasísima. En 1945 se creó el registro de tractores, por lo que desde entonces tenemos estadísticas fiables. En ese año se censaron en toda España 59 tractores agrícolas, pero el número empezó a crecer y en 1949 se alcanzaron los 10.000 tractores, cuya potencia media no llegaba a los 30 CV. El número creció espectacularmente en los años 60, llegando a principios de los 70 a 300.000.

## Aperos de laboreo

Desde la caída del imperio romano, en Europa existían dos tipos de arados: el arado romano, adaptado a la agricultura mediterránea, y el arado de ruedas de Centroeuropa, propio de regiones con suelos profundos. El arado romano ha subsistido en España hasta bien entrado el siglo XX, habiendo sido sustituido paulatinamente por el de vertedera en las diversas regiones. La generación actual ha perdido de su vocabulario palabras tales como telera, esteva, orejeras o pezuño que designaban partes del arado romano.

A principios del siglo XX, ya existían casi todos los aperos actuales, aunque la escasez de potencia disponible impedía que tuvieran una gran anchura de trabajo o labrasen a demasiada profundidad. Los arados de vertedera reversibles no eran como los actuales, que tienen doble número de vertederas, montadas unas sobre las otras, volteando cada cual en un sentido; entonces las dos vertederas estaban a la misma altura, en la parte baja, opuestas entre sí, mirando cada una en un sentido. Para cambiar el lado de volteo bastaba con invertir el sentido de avance. En 1908 se inventó la fresadora, primer apero rotativo en una época en que la mayoría de los escasos tractores aún no tenían toma de fuerza. La ahora popular grada de discos de tipo excéntrico data de 1924 (en Estados Unidos), aunque no llegó a Europa hasta 1933.



Segadora-atadora remolcada por tractor de principios de siglo. (John Deere, FMO ed. 1973).

La mayoría de los actuales fabricantes españoles de aperos comenzaron su actividad en los años 50 y principios de los 60. Fabricaron modernos arados, gradas y cultivadores metálicos inspirados en los modelos importados que acompañaron a los primeros tractores. Es a partir de esa fecha cuando los seculares aperos de madera tirados por mulas empezaron a sustituirse por los metálicos en el campo español.

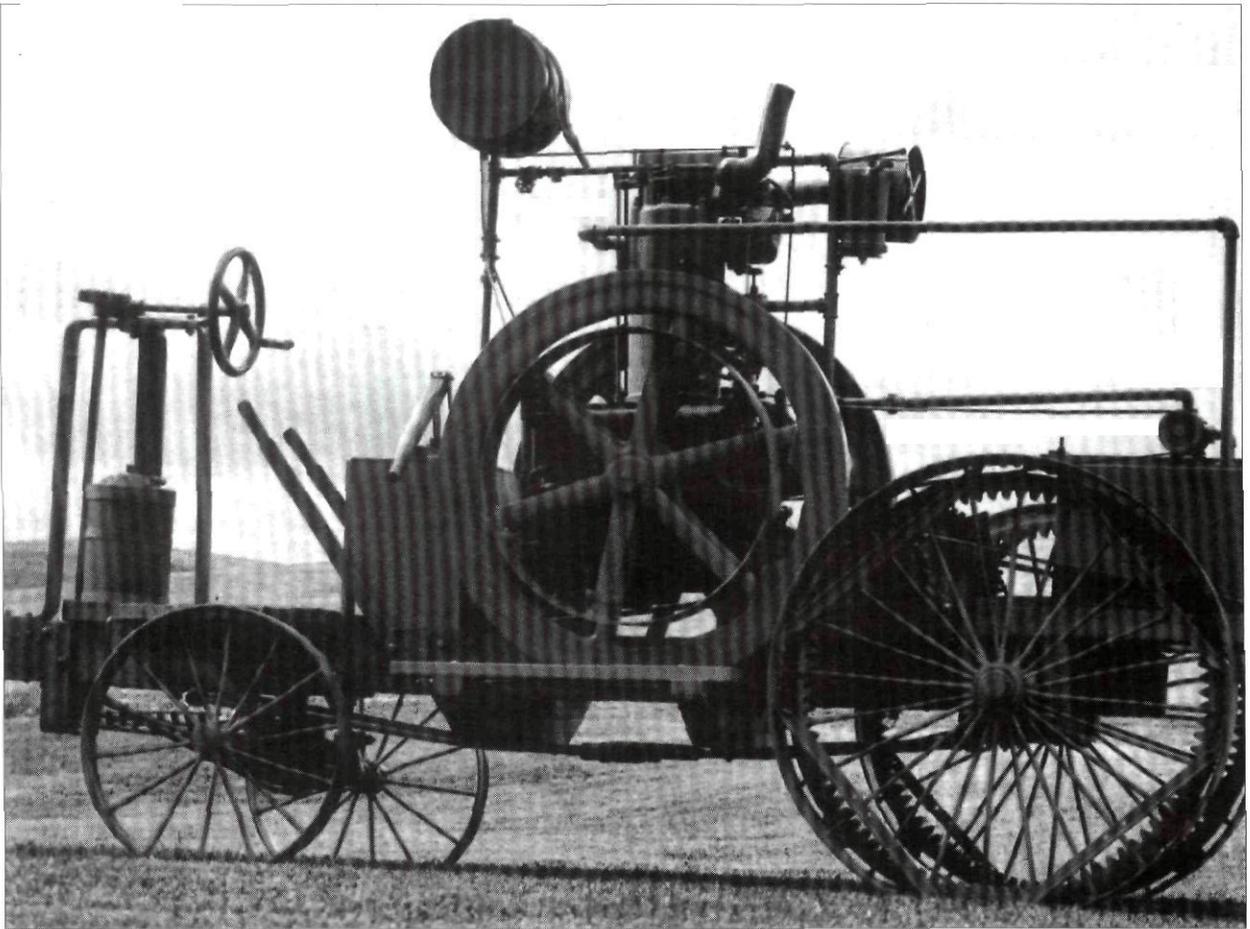
Después de dos o tres décadas a mediados del siglo en las que el aumento del número y potencia de los tractores permitió diseñar arados que trabajasen a mayor profundidad, las teorías ecologistas y de conservación de suelos han fomentado la investigación sobre el laboreo mínimo o no laboreo. Esto ha originado el diseño de aperos que airean el suelo sin voltearlo, labran más superficialmente, van combinados sobre un mismo bastidor para hacer dos o tres labores diferentes al tiempo y sembradoras que no requieren el paso previo de los arados.

## La recolección

La mecanización de la recolección siempre se ha introducido en respuesta a la necesidad: Al ser una operación que, en la mayoría de cultivos, requiere mucha mano de obra, las circunstancias sociales impulsan el desarrollo de ingenios. La recolección con hoz de una hectárea de trigo suponía el empleo de unas 1.400 horas de trabajo humano (hTH) incluidas la preparación del suelo y la siembra manual. En estas condiciones, y es una constante del siglo, se impulsa la introducción de máquinas, superando todas las barreras que en su contra se levantan en relación con los inevitables daños y pérdidas que las operaciones de cosecha mecánica causan, en principio que no siempre, frente a la operación manual.

## Trilladoras y cosechadoras de grano

A la entrada del siglo XX ya hacía tiempo que se había patentado una cosechadora, en los EE.UU de Norteamérica (1864),



Uno de los primeros tractores con motor de gasolina, inventado por Froelich, en 1892. Un solo cilindro y 20 CV de potencia. El conductor se colocaba en la plataforma delantera.

y alguna otra en Australia. La guerra civil americana estaba entonces en plena campaña, y la mano de obra era escasa. En los estados del Norte americano se había abolido la esclavitud y no había mano de obra que recogiera aquellas enormes y riquísimas superficies de grano.

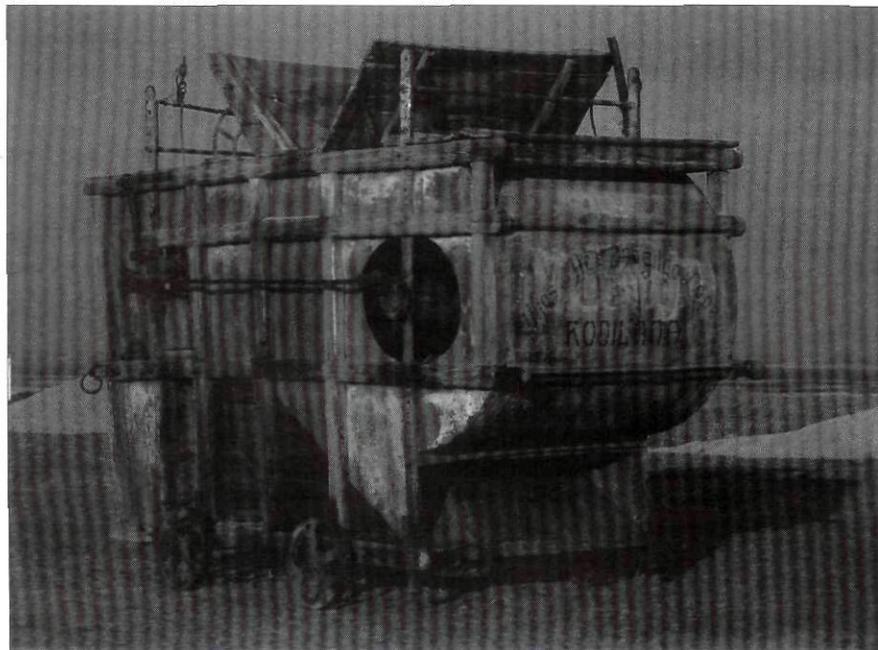
Hasta el siglo XIX, las herramientas manuales eran el único medio de recolectar el grano, y ello desde los años 1400 a. C., que conocíamos (en Egipto): hoces y luego guadañas para la siega; trillos, batidores de cuero para la trilla; aventado manual para la limpia. Se fueron desarrollando dispositivos para la siega y agavillado (segadoras-agavilladoras-atadoras arrastradas por caballería), que fueron el principal medio mecánico de ayuda a la recolección de grano durante el primer tercio del siglo. (Podemos recordar el símbolo de la hoz como el de los trabajadores, hasta hace muy poco tiempo). Las máquinas trilladoras (ya utilizadas en Escocia en el s.XVIII) se difundieron de forma generalizada en todo el mundo desarrollado a partir de la segunda mitad del s.XIX y la hasta mediados del s.XX. Sin embargo, pasado el primer tercio del siglo XX, comienzan a extenderse las cosechadoras ('combinadas', pues combinan las operaciones de siega trilla y limpia), de la mano de la generalización del tractor.

Las primeras cosechadoras estaban accionadas por medio de sus propias ruedas (años 1880), y eran tiradas por grandes troncos de animales (hasta 40 caballos o mulas), luego por

uno o dos tractores de vapor (inicio del siglo XX). Después se pasó a las cosechadoras arrastradas por tractor, pero con motor propio de gasolina para el accionamiento de sus elementos. La cosechadora autopropulsada se comenzó a generalizar en los Estados Unidos en los años 30-40. En la misma época (años 40) comenzó la fabricación de cosechadoras también en Europa.

Las cosechadoras se generalizaron en España ya bien entrado el siglo. La estadística del año 1955 relaciona unas 950, la mayoría de ellas arrastradas por tractor. En 1960 el número de trilladoras era aún de 20.000, las cuales convivían con las cosechadoras, en número de 5.000 (3.000 arrastradas, 2.000 autopropulsadas).

Al final del siglo XX, la práctica totalidad de las cosechadoras de cereales son autopropulsadas, y en España, están registradas unas 50.000, con 100 CV de potencia media, y la última trilladora que la autora de este artículo vio funcionando en España (Navarra) fue en los años 70, accionada por la polea de un tractor. En las actuales explotaciones cerealistas completamente mecanizadas, la totalidad de las operaciones suponen solamente 5-10 hTH; las pérdidas de grano están por debajo del 1%, y la calidad del mismo es óptima, al poderse realizar la operación de recolección en el momento más oportuno, y rápidamente; el operario realiza su trabajo en una cabina en óptimas condiciones ergonómicas (es decir, de eficiencia, confort y sa-



**Máquina aventadora para la limpia del grano después de la trilla, utilizada en España durante todo el siglo XX (marginalmente a partir de los años 50).**

nitarias) y tiene a la vista el control (electrónico) del funcionamiento de todos los órganos de su máquina. Cosecha el grano de cada hectárea, perfectamente limpio, en unos pocos minutos.

## **Recolección de forrajes**

En la recolección de forrajes (heno, y paja de cereales) la máquina reina del final del siglo XIX era la empacadora. Se utilizaban empacadoras estacionarias, con atado manual, colocadas detrás de las trilladoras. Una vez generalizadas las cosechadoras hubo que desarrollar las empacadoras móviles, las cuales han experimentado una gran dinámica de transformación durante el siglo. De las pacas para carga manual se ha pasado a las grandes pacas, de más de 500 kg. Primeramente las roto-empacadoras, las cuales se desarrollan a principios del siglo a partir de un principio de enrollado diseñado en los años 50 para la realización de pacas de baja presión. En el último tercio del siglo alcanzan gran difusión, para entrar hoy en competencia con las empacadoras de grandes pacas prismáticas, que tienen la enorme ventaja de las primitivas de permitir el atado durante el avance, y que pertenecen a la última década del siglo.

Las segadoras primitivas, de barra alternativa (diseñada en principio para poder ser accionada por caballerías) también han experimentado una drástica sustitución por las segadoras de discos rotativos, que permiten una mucho mayor capacidad de trabajo. En general, los rastrillos, las máquinas acondicionadoras, enfardadoras y picadoras, hoy más utilizados son desarrollos que se encuadran totalmente en este siglo, y principalmente en su segunda mitad.

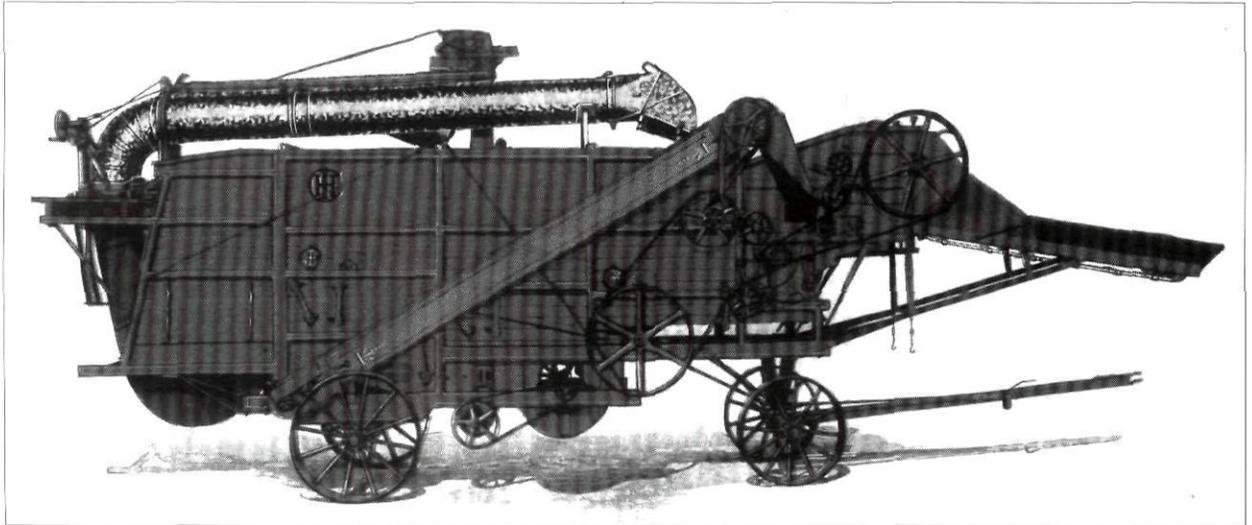
Lo mismo se puede afirmar de los equipos para la distribución de fertilizantes y fitosanitarios, en los que la precisión en la dosificación de cada vez menores volúmenes de aplicación se hace imprescindible e impulsa a una alta tecnificación de los equipos, hoy ya generalizada.

## **La cosechadora de tomate**

En la recolección de hortalizas el siglo ha sido el de las grandes invenciones. Ejemplo paradigmático de ello es la cosechadora de tomate de industria. Como es el caso de todos los cultivos hortícolas, el motor de la mecanización ha sido consecuencia del desarrollo de la industria de transformación. En los años 60 se decidió fabricar una cosechadora de tomate para las industrias de concentrado de California, que se estaban quedando sin mano de obra por las restricciones a la inmigración mejicana. Así como la planta de cereal no se ha transformado aparentemente desde los tiempos de la siega manual, aunque han sido necesarios avances en la talla (más pequeña) y en la resistencia del tallo, la del tomate tuvo que ser rediseñada completamente. También hubo que reconvertir los sistemas de cultivo: siembra, conformación del terreno, riego. Hubo que inventar los sistemas de desprendimiento (que son por vibración de la planta), los sistemas de limpieza y clasificación, y la forma de integrar a los operarios en plataformas sobre la misma máquina, en un número que fue en principio, de hasta veinte.

En los años 70 ya estaban las cosechadoras de tomate funcionando en la mayor parte de la superficie de California, y en España existían unas cinco máquinas ya entonces. No se utilizaron casi, debido, en nuestro caso, al exceso de mano de obra agrícola en las zonas de cultivo, cuyo trabajo estaba subvencionado por el Estado. Pero sí se hizo el esfuerzo de preparar el cultivo, de forma que al fin del siglo, la mayor parte de la superficie de tomate de industria en España se recolecta con cosechadora, y la preparación y sistema de cultivo están también completamente mecanizados. La cosechadora va provista de tría electrónica de frutos verdes, y de terrones y piedras, constituyendo hoy todavía el sistema más avanzado de clasificación por calidad, instalado en una máquina de campo.

En los años 70-80, se introdujeron otros equipos, como las cosechadoras de judías verdes, lechugas, cebollas, pepini-



**Máquina trilladora de 1925 (International Harvester).** La entrada de la mies es por la plataforma a la derecha. En el interior se realizan la trilla, el aventado y la limpia. El grano limpio salía por la cadena de descarga delantera; la paja por el tubo soplante trasero.

llos,... En este ámbito de los productos hortofrutícolas, el desarrollo en el último tercio del siglo ha ido más hacia ayudas a la recolección y manejo manual de cualquier tipo de hortícola o fruta con destino para el mercado en fresco, que al desarrollo de nuevos ingenios. Probablemente porque aún queda mucho por desarrollar sobre la base de los actuales.

### **Vibradores de aceituna y vendimiadoras**

Otra gran revolución ha sido, en el último tercio del siglo, el desarrollo de las máquinas vibradoras para recogida de la aceituna. En el mismo lugar y época (California, años 60) se inventa el procedimiento de la vibración aplicada a las ramas o troncos de los árboles para el desprendimiento de los frutos. Aquí, es la máquina la que se ha tenido que adaptar totalmente a los árboles, en muchos casos centenarios (aunque las nuevas plantaciones ya hoy se diseñan con esta nueva perspectiva). El vibrador, acoplado o no a un sistema de recogida (lo que lo convierte en una cosechadora integral) desprende la totalidad del fruto de un árbol en menos de un minuto. Se aplica, además de al olivo, al almendro, nogal, y a determinadas frutas para industria. La mecanización de los huertos frutales se ha abierto otro camino, con la aparición de los árboles enanos, que permiten el paso de máquinas sobre ellos, un desarrollo de la última década del siglo.

Las máquinas vendimiadoras aplican vibración, y a la vez contacto, a las cepas para separar los granos de uva, y son producto de la segunda mitad del siglo. La práctica totalidad de la viña francesa se recolecta hoy mecánicamente. Los problemas de pérdidas o de falta de calidad terminan resolviéndose, aún en productos tan críticos como la uva para el vino de alta calidad. Parecidas a las vendimiadoras, y en realidad su precedente, son las cosechadoras de pequeños frutos, en expansión durante el último tercio del siglo.

Lanzando una mirada hacia atrás, puede apreciarse que desde que un invento se hace realidad en una máquina (agrícola), hasta que la misma llega a entrar en aplicación generalizada y en producción comercial, sustituyendo las labores manuales an-

teriores, ha sido en el siglo XX de unos 40-50 años; ha necesitado el concurso de distintos especialistas, tan diversos como genetistas e ingenieros agrónomos, mecánicos y electrónicos; ha tenido que medirse con los problemas sociales coyunturales; y a partir del establecimiento del mercado global en la última década del siglo, tiene que responder al reto de aportar una reducción drástica de los costes de producción.

Inventación de la última década del siglo XX es el robot autónomo para la recolección de fruta, y por primera vez una máquina tiene un nombre: se llama 'Shiva'. Por otro lado, ya se encuentran funcionando los primeros robots de ordeño en un pequeño número de granjas en Europa. Esta puede ser la máquina que marque el comienzo del siglo XXI, cuando alguien escriba de estos mismos temas al final de los cien años cuyo comienzo ahora conmemoramos...

### **Bibliografía**

- GIL SIERRA, J. 1991. *Historia de la maquinaria agrícola. IV: El Siglo XX. Máquinas y Tractores*, MT. (1991):12:58-58-62
- GONZÁLEZ TORICES, J. y G. DIEZ BARRIO. 1991. *Aperos de madera*. Junta de Castilla y León, Consejería de Agricultura y Ganadería.
- INTERNATIONAL HARVESTER, General Export Catalog., hacia 1925. Chicago, USA.
- JOHN DEERE. *Combine Harvesting. Fundamentals of Machine Operation*. Ed. 1973.
- ORTIZ-CAÑAVATE J. *Las Máquinas agrícolas y su aplicación*. 1ª edición, 1980. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- RUIZ ALTISENT M., J. ORTIZ-CAÑAVATE y C.M. PORTAS. 1984. *Mecanización del cultivo y recolección del tomate para industria en la Península Ibérica*. Memoria Final Proyecto METIBER. Publicada por la Universidad de Evora (Portugal).
- RUIZ-ALTISENT M. y A. RODRIGUEZ DEL RINCON. 1995. 'Mecanización del cultivo extensivo'. Capítulo 9 del libro 'El cultivo del tomate', Coord. Fernando Nuez. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.