

MAQUINARIA PARA LA RECOLECCIÓN DE LA PATATA

Parte 2.- Capacidades de trabajo y costes



Arrancadora-hileradora básica.

Completando el artículo publicado en el número anterior de **agrotécnica**, relativo a los aspectos agronómicos y mecánicas de la recolección de la patata, ahora se desarrollan los correspondientes a la caracterización de las máquinas y al cálculo de su capacidad de trabajo y de los costes de utilización.

LUIS MÁRQUEZ

Características y dimensiones de las máquinas

La elección de la máquina apropiada depende de la superficie cultivada y del tiempo disponible para recogerla, de las condiciones del suelo en las que hay que trabajar, de la disponibilidad de mano de obra y del destino del producto recogido.

Arrancar patatas con herramientas de mano necesita entre 14 y 17 jornadas de trabajo por hectárea. En el proceso de amontonar, requiere de 2 a 3 h-hombre por tonelada (2 700–3 000 kg de

patatas por jornada). Para la carga manual se necesitan de 1 a 2 h-hombre por tonelada (5 700–7 000 kg/día). Esto pone de manifiesto la necesidad de algún grado de mecanización, aunque sea elemental, para aumentar la productividad en la recolección, incluso en explotaciones marginales.

Cuando se inicia la mecanización de la recolección en España, con un pequeño tractor de menos de 50 CV y un arado patatero de un cuerpo, cuyos requerimientos de tracción son muy bajos (135 a 180 daN), la capacidad de arranque aumenta hasta 4 h/ha, y se necesitan entre 40 y 170 h-hombre/ha para recogerlas en función de la producción.

El proceso, que se utilizó durante muchos años en España, consistía en hacer trabajar el tractor, arrastrando un arado patatero sobre la parcela, en redondo, desde el exterior hacia el interior, desenterrando las patatas, que los obreros, separados entre sí unos 20 m, iban recogiendo en su tramo de acción y colocando en sacos, de manera que todos ellos quedaban alineados para facilitar la recogida posterior con tractor y remolque. El proceso de recogida y carga de los sacos requiere de 4 a 12 h/ha de tractor con remolque y 3 personas, con una demanda de trabajo de 40 y 50 h-hombre/ha según producción.

Progresivamente, y principalmente como consecuencia de la baja disponibilidad y del mayor coste de la mano de obra, se pasó a otros equipos también sencillos, aunque mejorando sus prestaciones, como las arrancadoras hileradoras, y a otros más complejos, como las cosechadoras semi-automáticas y automáticas.

Con una cosechadora automática, que incorpora elementos complementarios para eliminar terrones y otras impurezas (no sólo cadenas transportadoras), en las parcelas con suelo suelto y sin piedras, se puede prescindir de la mano de obra auxiliar, aumentando la capacidad de trabajo en campo, aunque posteriormente se deba de hacer en el almacén receptor una limpieza complementaria. Si no se dan estas circunstancias hay que contar con una mesa de selección para personal auxiliar sobre la propia máquina, en mayor o

menor grado según las características de los dispositivos de limpieza que incorpora la cosechadora.

Una arrancadora hileradora de una línea es una máquina sencilla y de bajo coste, pero su capacidad de trabajo queda limitada a 2 ha/día (0.20 a 0.30 ha/h) y necesita como complemento 10 h-hombre por tonelada para recoger posteriormente las patatas hileradas.

Se puede utilizar la arrancadora hileradora de varias líneas (2 a 4) en una primera etapa y, seguidamente una recogedora-limpiadora, con unas características bastante similares a las de las cosechadoras, salvo en lo que se refiere la conjunto de la reja que trabaja en el caballón. Generalmente son las mismas cosechadoras de patata en las que se modifica el sistema recogedor. Las cosechadoras con rejas planas se adaptan bien a esta recogida de tubérculos hilerados en la superficie, en cuyo caso se complementa con un elemento auxiliar, como puede ser un 'molinete', que ayuda a las patatas a entrar en la cinta elevadora. La entrada de las patatas con menor cantidad de tierra y terrones permite trabajar a mayor velocidad, lo que hace aumentar la capacidad de trabajo de la máquina.

Si la cosechadora no dispone de elementos complementarios



Cosechadora de una línea integrada en el tractor.

de separación, en máquinas de una línea avanzando a una velocidad de poco más de 1 km/h, tienen que trabajar seis personas para realizar la separación. A medida que han mejorado los elementos complementarios, como los cepillos de nylon, los cilindros rotativos, los rascadores, etc. el número de personas en la mesa de clasificación y limpieza se puede reducir a 3 ó 4, a la vez que se aumenta la velocidad de arranque hasta más de 2 km/h, para llegar a capacidades trabajo efectivas de 0.25 ha/h, en máquinas de una línea, y de 0.50 ha/h en las de dos, con valores de eficiencia en parcela entre 0.6 y

0.8. Con bajas producciones y en buenas condiciones de suelo la capacidad de trabajo aumenta. Asimismo, un aumento de la velocidad de trabajo por encima de un nivel adecuado, incrementa los daños que se producen sobre las patatas.

Se estima que en una mesa de selección de las que se utilizan en las instalaciones fijas, la velocidad de paso óptima puede ser de 250-300 tubérculos por minuto y operador, lo que equivale a 1.5-1.8 t/h. En una instalación móvil, como lo es la cosechadora, y con menos calidad de iluminación, esta capacidad de trabajo se reduce considerablemente, o se incrementa el porcentaje de errores que se cometen al seleccionar.

En algunos casos, en la recogida de patata para venta directa, se prefiere situar sobre la cosechadora los elementos que permitan una limpieza final, incluidas personas que completen el trabajo en la mesa de selección y limpieza. Cuando el proceso de recogida se combina con un centro de clasificación y almacenamiento de las patatas, se puede reducir las intervenciones sobre la máquina para aumentar la productividad en campo, aunque posteriormente se comple-

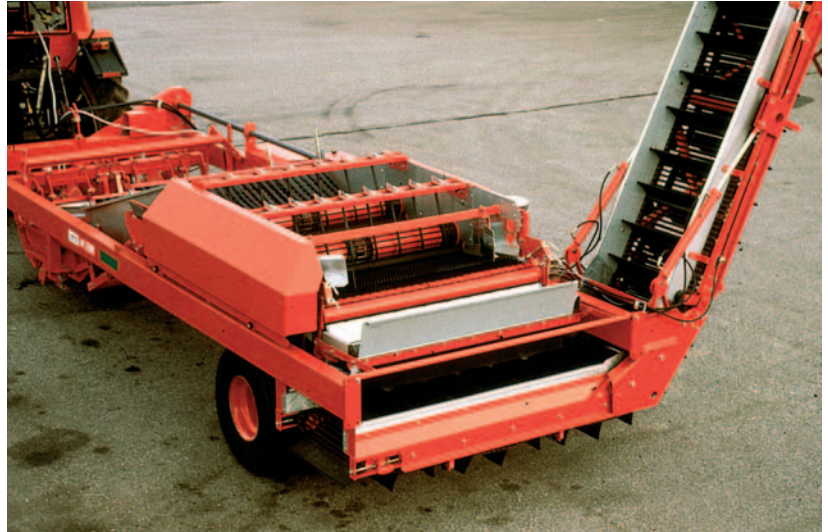


Cosechadora para una línea con mesa de selección.

tará el proceso en las mesas clasificadoras del almacén, con mayor eficacia y productividad de la mano de obra y menor coste.

En estos caso hay que tener en cuenta la capacidad de transporte necesaria, ya que con una cosecha de 50 t/ha se necesita una capacidad de transporte de más de 25 t/h, cuando se utiliza una cosechadora de dos líneas, para que ésta no pare. Si la distancia de transporte es mediana, se necesita la intervención, al menos, de dos o tres remolques de gran tamaño.

En España se utilizan habitualmente cosechadoras con tolva, mientras que en los países con grandes superficies agrupadas la cosechadora autopulsada se hace descargar sobre un remolque que circula en paralelo. En uno y otro caso, los remolques que circulan por las parcelas deben de disponer de neumáticos de baja presión para limitar en lo posible la compactación del suelo. Esto también se aplica a los tractores y los propios equipos de recolección, en los que las anchuras de vía deben de ajustarse a la separación de los caballones. Para evitar daños sobre las patatas antes de recogerlas, resulta interesante el empleo de los equipos monofila cuya reja arrancadora sobresale de la vía del tractor en el que se incorpora la máquina.



Cosechadora arrastrada de dos líneas con descarga sobre remolque.

La baja capacidad horaria de estas máquinas hace que la superficie que puedan atender, salvo que se trabaje con variedades que permitan periodos de recolección desfasados en el tiempo, sea relativamente pequeña. Ampliar el plazo de utilización anticipando la recogida puede aumentar los daños en el tubérculo que no está suficiente maduro. Para conseguir un buen aprovechamiento de la inversión, se aconseja una cosechadora arrastrada de una línea cuando se tiene que trabajar una superficie de patata de 60-80 ha/año, y una de dos líneas para 80 a 140 ha/año. El aumento de la superficie trabajada por año, si esto resulta posible, reduce los costes de recolección.

En la recolección en dos etapas (arrancadora+hileradora y re-

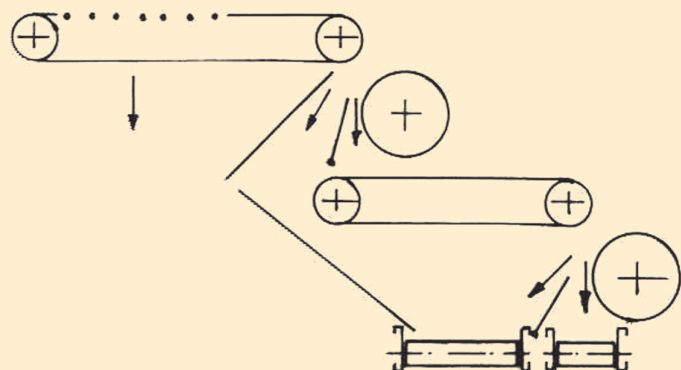
cogedora+limpiadora+cargadora) se puede aumentar la productividad al hacerlo la capacidad de trabajo, a la vez que aparecen algunas ventajas complementarias, como la derivada del secado de la piel, lo que reduce la respiración del tubérculo y los daños en la manipulación durante el proceso de limpieza, por estar las patatas menos frías y la piel más endurecida, aunque también se derivan algunos riesgos, como el verdeo y la aparición de brotes en condiciones soleadas y húmedas.

Los daños en la recolección

La resistencia mecánica de las patatas a los daños depen-

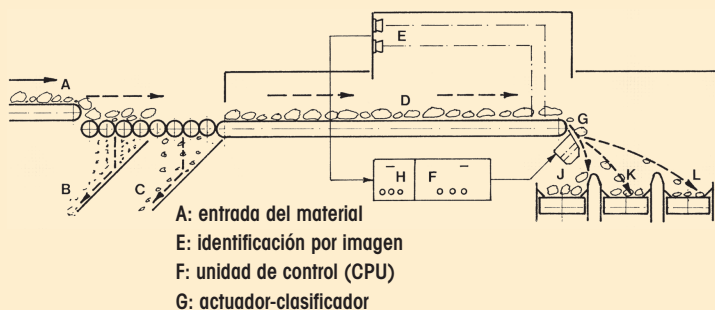


Separador de terrones y piedras en dos etapas por caída del material sobre un rodillo de caucho en rotación (Bijlsma-Hercules)





Separador electrónico mediante análisis de imagen (Samro)



den de la variedad, del grado de humedad, de la temperatura y del estado de madurez en el que se realice el proceso de recolección. Las fuerzas directas durante el proceso mecánico de recogida son la causa de estos daños. El tipo de daños y su gravedad dependen de la naturaleza de la acción mecánica (choque, presión y vibración), de la velocidad, de la duración y de la frecuencia de la acción mecánica y de las interacciones del tubérculo con la máquina (elasticidad, forma, etc.).

Los choques producen más daños que las vibraciones. Cuando los tubérculos alcanzan un cierto nivel de energía cinética, los choques relativamente lentos, como los que se producen al caer los grandes tubérculos desde cierta altura, producen esencialmente magulladuras, mientras que los choques rápidos, como el de los tubérculos pequeños cuando caen desde gran altura, lo que producen son fisuras.

Aunque no hay metodologías normalizadas para evaluar los daños en las patatas inducidos por el proceso de recolección, y la correspondiente pérdida de valor de la cosecha, se recomienda en la evaluación de una muestra significativa establecer 4 categorías:

- Patatas intactas.
- Patatas ligeramente dañadas (menos de 1.7 mm de profundidad del daño).
- Patatas moderadamente dañadas (entre 1.7 y 5 mm de profundidad).

- Patatas fuertemente dañadas (más de 5 mm de profundidad).

Los resultados de los registros a cada categoría se multiplican por un coeficiente de ponderación para obtener un índice de daños.

Como alternativa, el ADAS (Reino Unido) aconseja valorar los daños mediante un índice calculado a partir de los porcentajes de patatas rascadas (daños en la piel), peladas (daños en la carne que no superan una profundidad de 1.5 mm) y con daños graves (daños que superen los 1.5 mm de profundidad).

El índice total de daños será:

$$\text{Índice de daños [\%]} = \% \text{ rascadas} \times 1 + \% \text{ peladas} \times 3 + \% \text{ daños graves} \times 7$$

Como valores de referencia, correspondiente a una buena máquina trabajando en condiciones apropiadas de suelo y cosecha, se pueden dar los siguientes:

Daños	ligeros	graves	totales
Medio [%]	6.8	3.2	10.0
Máximo [%]	10.0	6.0	12.0

Fuente: ADAS. Cosechadora Kverneland 2200; líneas a 87 cm, con velocidad de 2.2 km/h y producción de 50 t/ha, sobre suelo arenoso, sin terrones ni piedras.

Estos métodos son bastante subjetivos y no tienen en cuenta los daños internos, sin que se pueda diferenciar si los daños son una consecuencia de la agresividad de la máquina o de la vulnerabilidad de los tubérculos. Para facilitar la detección de los daños se mantiene la muestra en un recipiente durante 18 ho-



SE ACONSEJA

UNA COSECHADORA

ARRASTRADA DE UNA

LÍNEA CUANDO SE TIENE

QUE TRABAJAR UNA

SUPERFICIE DE PATATA

DE 60–80 ha/AÑO,

Y UNA DE DOS LÍNEAS

PARA 80 A 140 ha/AÑO



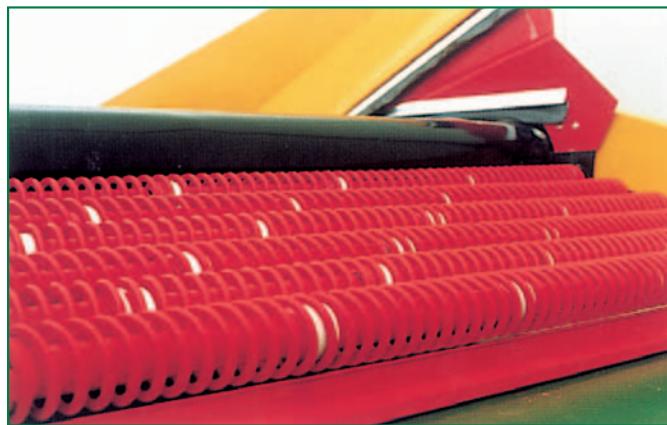
ras a una temperatura de 35°C para que se desarrollen las heridas.

Otros procedimientos de evaluación de daños se basan en la medida de la respiración y de la evaporación de una muestra de la patata cosechada.

En algunos casos, para evaluar los efectos sobre los tubérculos, se están utilizando patatas 'artificiales' o 'electrónicas', al igual que se hace en las instalaciones de clasificación de frutas, que incluyen transductores de aceleración y de presión, para poder registrar las tensiones que recibe la patata en el recorrido a través de la máquina. Pueden resultar útiles para ajustar la máquina durante el trabajo de manera que se minimicen los daños, sin perder eficacia en el sistema de separación y limpieza de los tubérculos.



Limpieza mediante estrellas en rotación.



Limpieza mediante rodillos en rotación.

Como recomendaciones prácticas que evitan daños mecánicos se pueden dar las siguientes:

- Ajustar la anchura de vía en los tractores y en las máquinas para hacerlas coincidir con la separación real de los caballones, recurriendo a las ruedas estrechas para que no pisen la zona en la que se encuentran las patatas.
- Conviene asegurarse que la temperatura de los tubérculos es superior a 10°, ya que de esta manera soportan mejor los choques. Con un sistema de recolección de dos fases se puede conseguir aumentar la temperatura de las patatas antes de iniciar el proceso de carga y limpieza, consiguiendo patatas de piel brillante y bajo nivel de daños.
- Se debe de trabajar a la velocidad máxima con la que se consigue una buena separación de la tierra. La velocidad de las cadenas transportadoras debe de reducirse en lo posible, para conseguir que tubérculos, terrones y piedras no tiendan a rodar.
- Hay que evitar que los tubérculos salten, utilizando los agitadores con prudencia. Las patatas sueltas, o en pequeñas cantidades, no deben de caer a una altura de más de 25 cm. Cuando la caída se hace desde un plano más alto, ésta debe de hacerse sobre una superficie que amortigüe los choques o sobre otras patatas.

Instalaciones de clasificación y envasado

Cada vez es más frecuente que el proceso de recolección se complemente con un proceso de limpieza y clasificación que se realiza en una instalación fija, tanto si se procede al almacenamiento, como al envasado para la comercialización de la patata. Con independencia de las grandes instalaciones, en el mercado se ofrecen conjuntos modulares de inspección, clasificación y envasado que se utilizan en las grandes explotaciones o en las cooperativas.

En estas pequeñas instalaciones se suelen utilizar mesas de selección-inspección que incluyen los mismos componentes que en las cosechadoras integrales para separar terrones y piedras, aunque aquí las condicio-

nes de espacio y ambientales son más favorables. Además, en algunos casos se utilizan, junto con los separadores de impurezas por rodillos giratorios, los sistemas de separación por análisis de imagen, muy eficaces y precisos, que hacen que se pueda prescindir, casi totalmente de la mano de obra auxiliar.

La selección manual en instalaciones fijas se realiza con mayor productividad que sobre las máquinas en movimiento. Cuando se utilizan bancos de rodillos de goma sobre los que se realiza la selección, la velocidad óptima de paso debe de estar entre 0.10 y 0.15 m/s, con 1.5 a 2.0 revoluciones por cada 30 cm de avance. Sobre la mesa se necesita una buena iluminación (500-700 lux) y un espacio de maniobra de 51-55 cm por cada puesto de trabajo. Los operadores prefieren que el material avance de derecha a izquierda y



Unidad combinada con recepción, limpieza e inspección.



Preclasificación: esteras y cadena de criba.



Preclasificación con diabólos.

que la plataforma les permita un ángulo visual de 45°.

Para aumentar la capacidad de selección manual se está recurriendo al marcado electromagnético o luminoso de los elementos que se desea eliminar con un 'lápiz' manejado por el operador; así se consigue un incremento de un 30% en la capacidad de trabajo, pero exige un equipo más costoso, similar al que se utiliza en mesas de clasificación de fruta, que sólo se incluye en algunas instalaciones fijas de clasificación.

El calibrado se puede hacer, en una primera etapa, con una cinta transportadora de malla de cuadros (esteras), con tamaños de malla entre 20 y 85 mm. En una fase posterior, en las grandes instalaciones industriales, se utilizan cajas de cribas con orificios calibrados sometidas a vibración controlada.

Hay grandes empresas industriales que fabrican maquinaria específica para el proceso de selección, limpieza, clasificación, rellenado de cajones, pesada automática, envasado y almacenamiento de la patata, que utilizan elementos modulares, se adaptan a la demanda del usuario grande y pequeño.

■ Costes de utilización

Los costes derivados de la recolección en cualquier cosecha son la suma de los correspon-



**EN UN SUELO
SUELTO Y CON LA
COSECHA EN BUEN
ESTADO,
LA COSECHADORA DEBE
DE CONSEGUIR UN
PRODUCTO CON UN
GRADO DE PUREZA DE
MÁS DEL 92%**

dientes a la utilización de la maquinaria con la que se realiza, con los que son consecuencia de las pérdidas de cosecha que se producen en función de la tecnología utilizada, comparada con lo que sería una recolección manual.

Es muy difícil establecer de manera genérica las pérdidas de cosecha derivadas de la recolección mecánica de la patata, así como el porcentaje de pureza conseguido, ya que en ella influyen la variedad, el estado del cultivo y del suelo, las condiciones ambientales, etc. En un suelo suelto y con la cosecha en buen estado, la cosechadora debe de conseguir un producto con un grado de pureza de más del 92%, incrementándose este ni-



Elevador de cangilones al nivel superior.

 **SE ESTIMA QUE LA PATATA PREPARADA TIENE UN VALOR COMERCIAL QUE SUPERA EN UN 50% AL DE LA PATATA SEGÚN SE COSECHA** 

vel si se dispone de intervención manual sobre la mesa de selección.

Los costes derivados de la utilización de la máquina deben de incluir, tanto los que se consideran como 'financieros' por la inversión realizada (amortización e intereses del capital invertido), como los derivados del funcionamiento de la máquina.

Utilizando la metodología del CEMAG (Bélgica), que considera una amortización combinada teniendo en cuenta el uso potencial de la máquina en horas y en años, y asignando costes de mantenimiento y reparaciones por hectárea trabajada, en el caso de las cosechadoras de patata se pueden dar los valores correspondientes, en €/ha, que

Tabla 1.- Previsión de costes para una cosechadora de patatas de tipo arrastrado, en función de su utilización anual

Cosechadora de Valor de adquisición [€] ha/año	1 fila	2 filas
	40 000	60 000
	[€/ha]	
20	275	
40	187	219
60	163	172
80	152	151
100	146	140
120		133
140		128
180		122

aparecen en la Tabla 1, considerando que una cosechadora de 1 fila dispone de una tolva de 3 000 kg y la de 2 filas de 5 000. En el primer caso habría que contar con un tractor de más de 70 CV de potencia para arrastrar la máquina, mientras que en el segundo se necesitaría un tractor con potencia de más de 90 CV, por lo que los costes calculados correspondientes a la cosechadora habrá que incrementarlos con los del tractor utilizado y de la mano de obra auxiliar, si se necesita.



Amortiguador de choque en la caída.

Los costes horarios se han calculado sobre un precio de adquisición de la máquina de 40 000 para máquinas de una fila y de 60 000 para las de dos.

Para ajustar los cálculos en función del precio real pagado por la cosechadora adquirida, se puede utilizar la siguiente expresión matemática:

$$\text{Coste propio [€/ha]} = \text{coste tabla} + [(\text{precio real-precio indicado tabla}) / (5.5 \times \text{utilización anual})]$$

Así, para una cosechadora de una línea cuyo precio de adquisición haya sido 50 000 €, para utilizarla 80 ha/año, el coste por hectárea previsto sería:

$$\text{Coste propio} = 152 + [(50\,000 - 40\,000) / (5.5 \times 80)] = 152 + 22.7 = 174.7 \text{ €/ha}$$

Por otra parte, además de la utilización de las cosechadoras,

cada vez es más frecuente que los productores de patata dispongan de pequeñas instalaciones propias, o usada en común, para la limpieza y acabado final del producto antes de su puesta en el mercado.

Se estima que la patata preparada tiene un valor comercial que supera en un 50% al de la patata según se cosecha, y que los costes de limpieza y clasificación pueden incrementar los costes en un 40%, por lo que hay un 10% de diferencia que puede interesar al productor de patata. Esto aconseja hacer el estudio económico y del mercado para aprovechar el valor añadido que se deriva de realizar en la propia explotación, o de manera agrupada, la preparación final del producto para la venta. ■

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

AGRI/MECH, Rapport n° 128.— Tendances de la mécanisation de la production de pommes de terre. FAO/ECE/AGRI/WP.2/107 — Año 1991.

Kouwenhoven, J.K.— Production, calibrage et disposition des pommes de terre dans buttes en relation avec la profondeur de plantation et le volume de la butte.—Potato Res. 13. Año 1970

Mateo Box, J.M. y colaboradores.— Prontuario de agricultura—Cultivos agrícolas. Editorial MAPA-MindiPrensa — Año 2005

Miserque, O.; Tissot, S.; Bruart, J.— Indicateur des performances et des coûts d'utilisation des machines agricoles. Département. Génie Rural—Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux.

Montalescot, J-B.— Recolección de tubérculos. Nuevos dispositivos de limpieza.—Informaciones Tecnológicas del SIMA. Paris, marzo 1990

Sartori, L.— Meccanizzazione della coltura della patata.—Re. m&ma-IMA—n° 7/8—1990

Documentación técnico-comercial de: Bijlsma Hercules BV—Holanda

Grupo Kverneland—Noruega
Samro AG—Suiza

Vademécum de la Maquinaria Agrícola.— Maquinaria para la recolección de patata comercializada en España—Blake y Helsey Editores. Año 2006/07.