

# Ensayos de recolección mecánica de tomates para industria en Extremadura

A. Rodríguez del Rincón

Servicio de Investigación Agraria de Extremadura. Finca "La Orden" Guadajira (Badajoz)

M. Ruiz Altisent

Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos (Madrid)

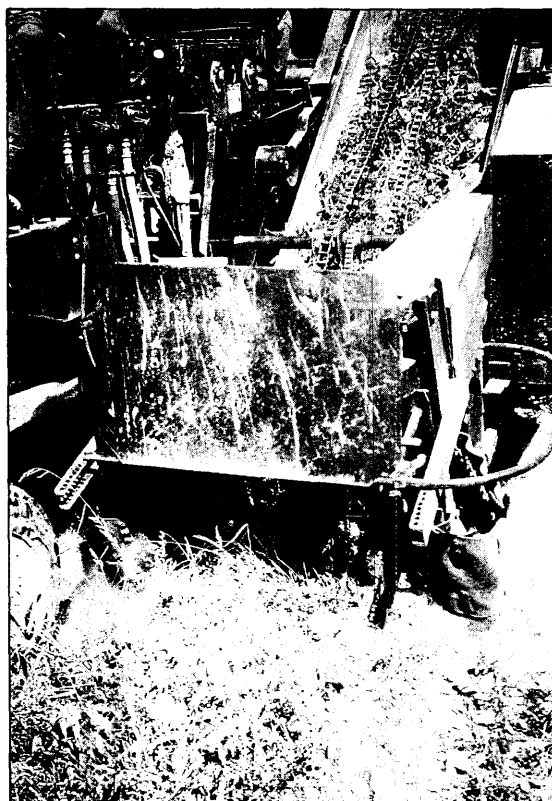
En los procesos de mecanización de los cultivos hortícolas, la mecanización de la recolección es un punto clave porque generalmente es la operación más difícil de mecanizar y, en cierto modo, condiciona la mecanización de las operaciones anteriores y las técnicas de cultivo que se utilicen (material vegetal, marco de cultivo, fertilización, riegos, etc).

Por otra parte, el coste de la recolección manual suele representar un porcentaje muy importante de los costes totales del cultivo, de ahí que sea necesario mecanizar la recolección si se quiere conseguir una reducción importante del precio de producción. En muchos casos no sólo el coste de la recolección manual fuerza a la mecanización de la recolección, sino también la escasa disponibilidad de mano de obra e incluso el rechazo que ésta hace de algunas operaciones de recolección.

En el caso del tomate para la transformación industrial, a mediados de los años sesenta se desarrollaron en California las primeras cosechadoras, que rápidamente se extendieron hasta emplearse en la totalidad de la superficie cultivada en este Estado, provocando una modificación considerable de las técnicas de cultivo (empleo de cultivares de maduración agrupada, siembra directa, transporte a granel de los frutos, etc).

En el resto de las áreas de cultivo del mundo, la mecanización de la recolección del tomate de industria ha seguido un desarrollo mucho más lento, e incluso en algunas zonas aún no se ha iniciado.

En Extremadura las primeras cosechadoras de tomate se importaron de los Estados Unidos a principios de la década de los sesenta. Por aquella época el cultivo conocía un auge importante y algunas de las mayores industrias conserveras obtenían parte de la materia prima que



Sistema de corte y alimentación de la cosechadora FMC-CASCADE

procesaban por medio de grandes superficies de cultivo. A pesar de que en esos momentos tanto la disponibilidad de mano de obra como su precio eran favorables para la recolección manual, las industrias conserveras adquirieron entre 10 y 15 cosechadoras para utilizarlas fundamentalmente en sus propias explotaciones. La crisis sobrevenida a partir de 1978, que redujo la superficie de cultivo en Extremadura, hizo perder a las conserveras el interés por la producción propia y consecuentemente, las cosechadoras quedaron arrinconadas, utilizándose muy pocas horas y, en la mayor parte de los casos, en malas condiciones.

El impulso que la entrada de España en la CEE supuso para nuestro sector de los transformados del tomate junto con otros factores, como la escasez y mayor coste de la mano de obra y la presencia en el mercado de máquinas cosechadoras de fabricación europea, de menor tamaño y coste que las americanas y mejor adaptación a nuestras condiciones, hicieron que se recuperara el interés por la recolección mecánica, hasta el punto de que en la pasada campaña se cosechó mecánicamente en torno a un 20% de la producción, con unas 100 máquinas de procedencia europea (en su mayor parte italianas) y una media docena de máquinas americanas.

Las previsiones apuntan a que en la campaña actual la recolección mecánica quizás alcance a un 40% de la cosecha y en muy pocos años este porcentaje se situará por encima del 80%.

El éxito de la cosecha mecánica depende tanto de la preparación del cultivo como del funcionamiento de las máquinas. En relación con el primero de estos aspectos se han realizado en Extremadura numerosos trabajos que se refieren a la preparación del suelo, cultivares, programación de campañas, fertilización, riego, etc, y que proporcionan suficiente información sobre el modo más adecuado para preparar el cultivo para la recolección mecánica.

En cambio, en relación con el funcionamiento de las máquinas, se han realizado muy pocos trabajos. En concreto se han

realizado ensayos en 1979, 1983 y 1990, con objetivos distintos, pero fundamentalmente tendientes a poner a punto técnicas de ensayo para evaluar el trabajo realizado por las máquinas.

En lo que sigue se exponen los métodos utilizados y algunos de los resultados obtenidos en estos ensayos, que fueron realizados en colaboración por la Dirección General de Investigación, Extensión y Capacitación Agrarias de Extremadura y el Departamento de Ingeniería Rural de la E.T.S.I. Agrónomos de Madrid.

### 1. Ensayos de 1979. Daños mecánicos producidos durante la recolección

En 1979 (Ortiz-Cañavate, J. y Gil Sierra, J. 1990) se hicieron unos primeros ensayos, con los que se pretendió poner a punto una técnica experimental que permitiera determinar los daños mecánicos que producen sobre los frutos los distintos mecanismos de las cosechadoras, así como los producidos durante la carga y el transporte.

La técnica de ensayo consistió en tomar muestras de frutos en el campo, inmediatamente antes de la recolección, en los distintos órganos de las cosechadoras, en el vehículo de transporte y en el momento de la descarga en la fábrica.

Todas estas muestras eran analizadas clasificando los frutos en función de su nivel de daños en las siguientes categorías:

- Frutos sin daños: Los que aparecen intactos, sin ningún tipo de daños mecánicos.
- Frutos magullados: Los que por efecto de un golpe se han dañado en su interior y aparecen blandos al tacto, pero mantienen su piel intacta.
- Frutos rajados: Los que tienen una o varias grietas que sólo afectan a la epidermis.
- Frutos rotos: Aquellos en los que el daño es más profundo, llegando incluso a la cavidad carpelar.

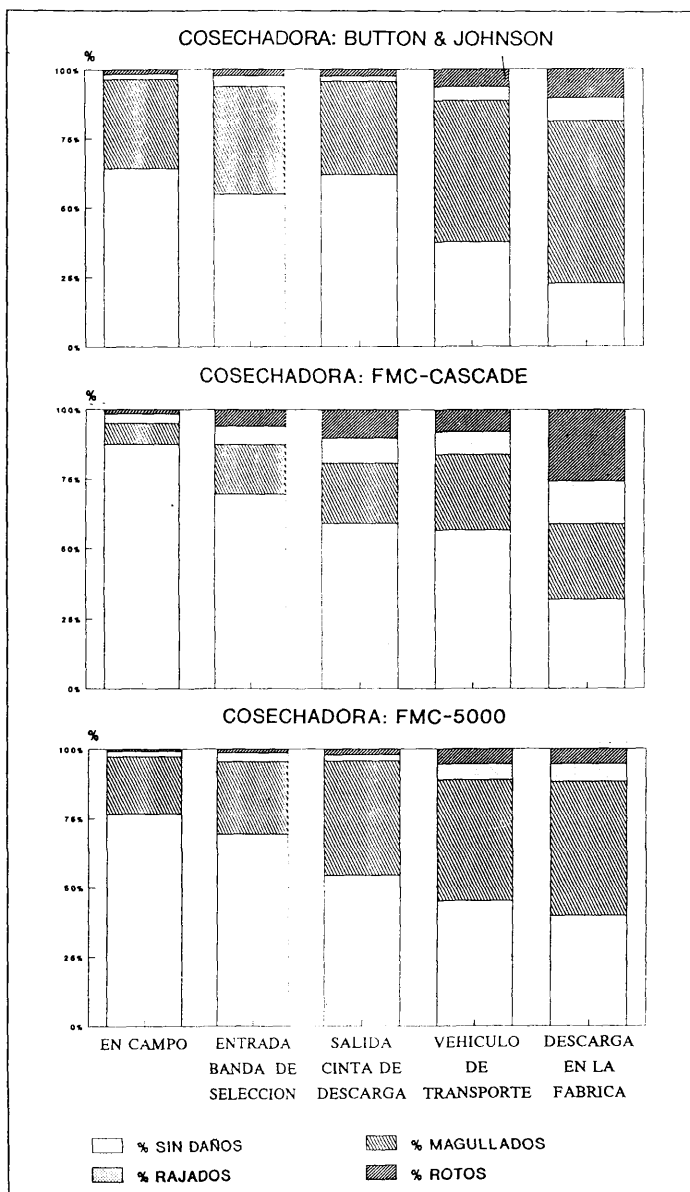


Fig. 1 Daños mecánicos producidos durante la recolección y el transporte cosechadoras BUTTON & JHONSON, FMC-CASCADE y FMC-5000.

Los frutos de cada categoría eran pesados, determinándose el porcentaje en peso que cada una representaba.

La primera muestra de frutos se tomaba sobre la línea de plantas que se iba a recolectar; esta muestra se tomaba como testigo para comparar con ella las muestras que se tomaban posteriormente.

Puesta en funcionamiento la cosechadora, se tomaba una muestra a la entrada de la banda de selección; en comparación con la anterior esta muestra permite determinar los daños provocados por el sistema de corte y carga de las plantas y por los sacudidores.

Posteriormente, se tomaba otra muestra a la salida de la cinta de descarga de la cosechadora, con lo que se podían estimar

los daños provocados en la banda de selección y en el elevador de descarga.

En el fondo del contenedor sobre el que se cargaban los frutos se tomaba una nueva muestra que permitía determinar los daños provocados por la caída del fruto.

Por último, en el momento de la descarga de los frutos cosechados en la fábrica se tomaba otra muestra para estudiar los daños provocados durante el transporte.

Utilizando esta técnica se realizaron ensayos en tres fincas de las Vegas Altas del Guadiana, próximas a Don Benito, en dos momentos de la campaña de recolección (30 de agosto y 12 de septiembre) con tres variedades de tomate (H-324-1, H-30 y Royal Chico) utilizando las cosechadoras FMC-5000, FMC-CASCADE y BUTTON & JOHNSON, todas ellas de fabricación americana.

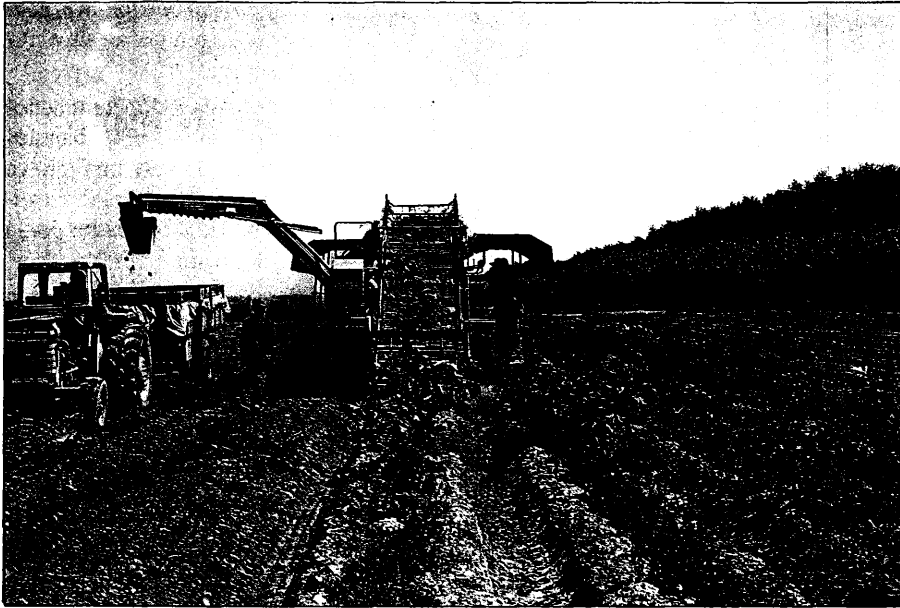
El número de ensayos realizado fué insuficiente como para permitir obtener una conclusión definitiva sobre los daños mecánicos provocados por las máquinas, pero permitió comprobar la validez del método de ensayo utilizado.

A título de ejemplo, en la Figura 1 se resumen los resultados obtenidos con la variedad H-324-1, cosechada el 30 de septiembre con los tres modelos de cosechadoras estudiadas.

Se puede apreciar fácilmente que la cosechadora FMC-CASCADE, a pesar de trabajar sobre una parcela en mejores condiciones que las otras es la que más daños produce sobre el fruto. Entre las otras dos máquinas hay pocas diferencias, siendo ligeramente mejor el trabajo realizado por la FMC-5000. Se observaron, sin embargo, diferencias importantes entre los resultados obtenidos con las distintas variedades.

### 2. Ensayos de 1983. Capacidad teórica y calidad del trabajo realizado por las máquinas

En 1983 se realizaron nuevos ensayos (Ruiz Altisent, M. et al., 1984) con los



Sistema de corte y alimentación de la cosechadora **BUTTON & JOHNSON**

que se pretendió determinar la calidad del trabajo realizado por las máquinas y a la vez hacer una primera estimación de la capacidad de trabajo y del coste de la recolección mecánica.

Los ensayos se realizaron fundamentalmente con la cosechadora **ENTREPOSTO**, de fabricación portuguesa, aunque también se hicieron algunos ensayos con la **FMC-CASCADE**, en una finca de Olivenza (Badajoz) a finales de septiembre de 1983.

La técnica de ensayo utilizada fue la siguiente:

— Las cosechadoras trabajaron en un

cultivo hecho sobre caballones planos, a un marco de 1,40 m entre ellos; los frutos recolectados se descargaban sobre contenedores, de unso 500 kg de capacidad, montados sobre un remolque que marchaba en paralelo con la cosechadora; se tomaba el tiempo empleado en recorrer las líneas y el perdido al hacer los virajes.

— En la zona en que se iban a hacer los ensayos, antes de pasar la cosechadora, se recolectaban a mano todos los frutos en una longitud de 10 m; con esta muestra se aforaba la cosecha y sobre ella se

determinaban los porcentajes de frutos verdes, maduros y sobremaduros.

— Durante el funcionamiento de la máquina, en un momento determinado, se desenrollaba detrás de la cosechadora una lona, de 20 m de longitud y 1,80 m de anchura, sobre la que caía la parte aérea de la planta a la salida de los contenedores, con los frutos no desprendidos; se controlaba la velocidad de la máquina durante el ensayo y los frutos recolectados se cargaban sobre un contenedor vacío.

— Tras pasar la cosechadora, se recogían y pesaban los tomates caídos sobre la lona (pérdidas en los sacudidores) y los que quedaban bajo ella (frutos arrojados al suelo por los seleccionadores, más pérdidas en el cabezal, cinta elevadora y otros puntos de la máquina).

— Por último, los frutos recolectados se clasificaban y pesaban para determinar las proporciones de frutos verdes, maduros enteros, maduros rajados y sobremaduros.

Con esta técnica se hicieron, con la cosechadora portuguesa **ENTREPOSTO**, 4 ensayos sobre la variedad **PETOGRO II**, 3 con la variedad **CHEF** y otros tres con la variedad **H-323-1**; con esta última variedad se hicieron también 3 ensayos con la cosechadora **FMC-CASCADE**.

En el **Cuadro 1** se recogen algunos de los resultados obtenidos en los ensayos, en relación con las pérdidas y daños producidos en la recolección. Con las 14 variables medidas en los ensayos se calculó su matriz de correlación para analizar cuales de ellas estaban correlacionadas entre sí; este estudio permitió obtener algunas conclusiones, entre las que destacan las siguientes:

- a) Las pérdidas totales se relacionan con el tipo de cosechadora utilizado. Con la cosechadora **ENTREPOSTO** las pérdidas son mayores con las variedades de frutos más grandes. La cosechadora **FMC-CASCADE** provoca un mayor volumen de pérdidas.
- b) Las pérdidas de tomate maduro presentan una correlación negativa de  $-0,782$  con el porcentaje de tomate maduro determinado en el aforo, lo que indica que a mayor proporción de tomate maduro, menores son las pérdidas relativas.
- c) El porcentaje de tomates dañados o rotos no está relacionado significativamente con ninguna de las variables



Sistema de corte y alimentación de la cosechadora **GUARESI G-84**

estudiadas, presentando una relación muy estrecha con la variedad que se recolecta.

En el Cuadro nº 2 se recogen las capacidades de trabajo teóricas, en función de la velocidad medida durante los ensayos; la velocidad de trabajo es menor cuando se cosecha la variedad H-324-1, que presenta mayor dificultad de selección al ser su fruto más pequeño. La capacidad de trabajo varió entre 7000 kg/h para la cosechadora ENTREPOSTO trabajando sobre H-324-1, y más de 15000 kg/h para esa misma cosechadora trabajando sobre CHEF. Aplicando a estos datos un coeficiente de rendimiento efectivo previsible de 0,75, las capacidades de trabajo reales se sitúan entre 5000 y 11000 kg/h.

Sobre la base de los datos obtenidos en los ensayos y de otros de carácter económico relativos al año en que se ensayó (interés del dinero, inflación, coste de combustible, lubricantes y mano de obra) se hizo un cálculo del coste horario de funcionamiento de las cosechadoras.

Para una cosechadora que tuviera un coste de adquisición de 7,5 millones de pesetas y que se amortizará en 10 años, con 2000 horas de trabajo, el coste horario medio que se obtuvo fue de 7500 pta/h, lo que suponía un precio de recolección en torno a 1 pta/kg recolectado, que en aquel momento resultaba bastante competitivo con el coste de la recolección manual.

### 3. Ensayos de 1990. Capacidad de trabajo de las máquinas

Ante la proliferación de máquinas cosechadoras de fabricación italiana que se adquirieron en Extremadura, en 1990 se realizó un ensayo (Rodríguez del Rincón, A. et al., 1991) para comparar los rendimientos de trabajo de los modelos más utilizados, así como para estimar las pérdidas de producto y los daños producidos.

Para realizar el ensayo se cultivó una parcela de unas 2 ha, en una finca del término Municipal de Badajoz, utilizando la variedad UC-82L. Se utilizaron técnicas de cultivo adecuadas para preparar lo para la recolección mecánica.

En el momento de la recolección, la parcela de ensayo se dividió en 5 partes iguales, de aproximadamente 0,4 ha de superficie, cada una de las cuales fue recolectada por una cosechadora diferente. Las características de las cosechadoras

que intervinieron en el ensayo se resumen en el Cuadro nº 3.

Antes de iniciarse la recolección se realizó un muestreo sobre cada una de las parcelas para determinar el estado de maduración del cultivo, por medio de los porcentajes de frutos verdes, maduros y sobremaduros existentes. Se controló el tiempo empleado por cada máquina en cosechar la parcela. Los frutos cosecha-

dos por cada máquina se transportaron separadamente a una industria conservera, donde se pesaron y, por medios de muestreo, se determinó el nivel de daños mecánicos existentes en los frutos, determinando porcentajes de frutos sin daños, rajados y rotos presentes en las muestras.

Acabada la recolección, se hizo un muestreo en cada parcela para determinar la cantidad de frutos maduros que queda-

Cosechadora	Variedad	Aforo de la cosecha		% Pérdidas de tomate maduro			% Frutos maduros con daños	% Tomate maduro recolectado sobre aforo
		Tomate maduro kg/ha	% Tomate maduro	Sacudidores	Resto maquina	Total		
ENTREPOSTO	PETOGRO II	52000	78.5	4.5	1.5	6.0	6.0	86.0
ENTREPOSTO	CHEF	56000	82.0	3.3	3.5	6.8	10.5	83.0
ENTREPOSTO	H-324-1	63000	89.0	0.6	3.9	4.5	4.4	92.0
FMC-CASCADE	H-324-1	78000	93.0	0.9	15.0	15.9	4.4	80.0
MEDIA		62250	85.6	2.3	6.0	8.3	6.3	85.2

Cosechadora	Variedad	Velocidad de trabajo km/h	Aforo de cosecha kg/ha	Capacidad teórica	
				ha/hora	kg/hora
ENTREPOSTO	PETOGRO II	1.00	65000	0.15	9750
		1.30	55000	0.195	10725
ENTREPOSTO	CHEF	1.41	63000	0.21	13230
		1.42	74000	0.21	15540
		1.50	67000	0.23	15410
ENTREPOSTO	H-324-1	0.66	71000	0.10	7100
FMC-CASCADE	H-324-1	1.12	83000	0.17	14110
		0.84	83000	0.13	10790

Marca y modelo	GUARESI G-84	COOPMES SUPER S	COOPMES SL-87	POMAC	C.R.F. RPS/11
Altura máxima (m)	2,70	3,00	2,90	2,50	3,30
Anchura máxima (m)	2,35	2,48	2,50	2,30	2,50
Longitud (m)	7,30	7,00	7,20	6,20	8,30
Ancho de vía (m)	1,50	1,50	1,60	1,45	1,50
Peso en vacío (kg)	3500	3200	4500	2350	6400
Potencia necesaria (CV)	50	50	80	50-60	80
Accionamiento	Arrastr.	Arrastr.	Autoprop.	Arrastr.	Autoprop.
Sistema de corte	(1)	(1)	(2)	(3)	(2)
Número de operarios seleccionadores	8	10	10	8	10

(1) Cuchilla oscilante y palas empujadas (2) Cuchilla oscilante y dedos levantadores (3) Dedos levantadores

**Cuadro nº 4**  
**Ensayos de 1990 Capacidad de trabajo de las máquinas, pérdidas y daños ocasionados**

Cosechadora	Estado de maduración de la parcela			Capacidad de trabajo efectiva		Frutos recolectados y pérdidas			Daños en el fruto		
	% Verdes	% Maduros	% Sobremaduros	te h/ha	Se t/h	Recolect. t/ha (%)	En el Suelo (cabezal) t/ha (%)	En la Planta (sacudidores) t/ha (%)	Sin Daños (%)	Rajados (%)	Rotos (%)
GUARESI G-84	3,68	90,74	5,58	8,75	4,9	42,8 (88)	2,4 (5)	3,3 (7)	60,8	21,5	17,7
COOPMES SUPER S	9,53	83,96	6,51	9,66	3,8	36,7 (84)	5,5 (13)	1,2 (3)	66,8	17,9	13,3
COOPMES SL-87	15,38	77,18	7,44	6,35	5,9	37,5 (88)	4,7 (11)	0,6 (1)	62,5	19,6	17,9
POMAC	15,09	74,82	10,09	9,77	3,9	38,1 (91)	3,7 (8)	0,2 (1)	58,6	18,5	22,9
C.R.F. RPS/11	14,80	72,46	12,74	6,21	5,7	35,4 (92)	2,5 (6)	0,4 (2)	60,1	18,6	21,2

ban en el suelo (pérdidas en el cabezal y en las líneas de selección) y en las plantas (pérdidas en los sacudidores).

Los resultados obtenidos se resumen en el **Cuadro nº 4**.

Se aprecian diferencias importantes entre la capacidad de trabajo de las máquinas arrastradas y la de las autopropulsadas. De las máquinas arrastradas, la que proporciona un mejor rendimiento es la GUARESI G-84, aunque debe tenerse en cuenta que fue la que trabajó sobre la mejor parcela (mayor producción y porcentaje de frutos maduros); las dos máquinas autopropulsadas tuvieron prácticamente la misma capacidad de trabajo.

Los menores porcentajes de pérdidas de frutos se obtienen con las cosechadoras C.R.F. (8%) y POMAC (9%). La cosechadora GUARESI es la única que

provoca un porcentaje apreciable de pérdidas en los sacudidores, (7%) en tanto que las dos cosechadoras COOPMES dan lugar a un nivel importante de pérdidas en los cabezales y en las cintas de selección y carga.

Los daños mecánicos provocados en los frutos son bastante similares en todas las máquinas; desde este punto de vista la peor es la POMAC y la mejor la COOPMES SUPER S.

#### 4. Conclusión

Los ensayos realizados hasta ahora, han permitido, en primer lugar, poner a punto unas técnicas de ensayo que permitan en el futuro evaluar el trabajo realizado por las cosechadoras de tomate. Se ha logrado además determinar la magnitud de las pérdidas y la calidad y capacidad de trabajo de estas cosechadoras.

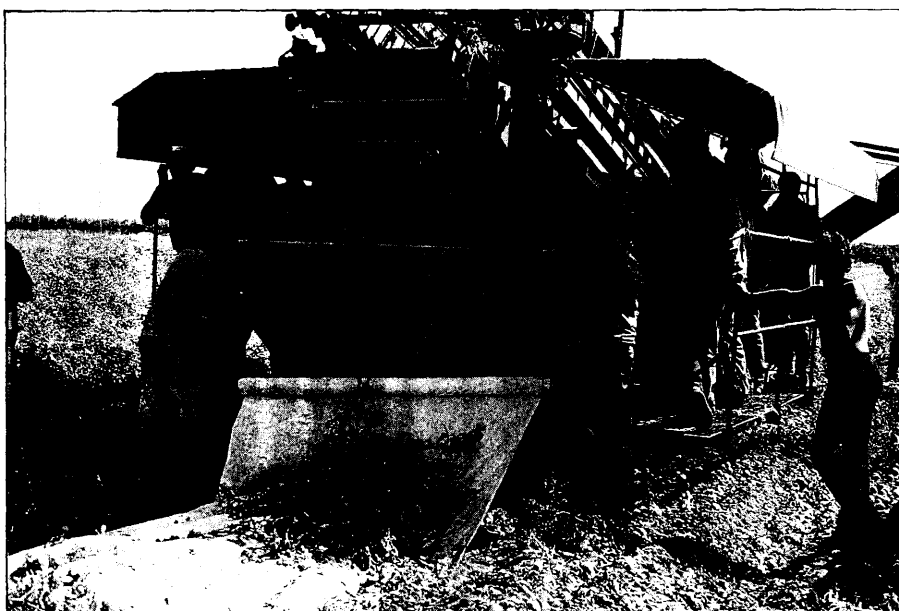
La falta de continuidad de los ensayos debe atribuirse a lo difícil que resulta poder disponer de las máquinas para hacer ensayos, sobre todo cuando se pretende hacer un seguimiento de las mismas a lo largo de toda la campaña de recolección.

Ante la extensión que está tomando la recolección mecánica del tomate en Extremadura y ante la importancia que sobre la economía del cultivo tiene esta técnica, se hace necesario determinar los rendimientos y el coste horario de funcionamiento de los modelos de cosechadora más extendidos, así como las pérdidas y daños que provocan en el fruto.

Tomando como base la metodología utilizada en los ensayos a que se ha hecho referencia, no será difícil continuar este trabajo si se cuenta con la colaboración de agricultores, industriales y organismos oficiales implicados en el tema.

#### Bibliografía

- ORTIZ-CAÑAVATE, J., GIL SIERRA, J. 1980. Ensayo de cosechadoras de tomate de industria. Infomación Técnica nº 60. Servicio de Extensión Agraria de Extremadura. Badajoz 28-42.
- RODRÍGUEZ DEL RINCÓN, A., CUARTERO ZUECO, J., RUIZ ALTISENT, M. 1991. Ensayo de funcionamiento de cosechadoras de tomate en Extremadura. 23 Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. Zaragoza.
- RUIZ ALTISENT, M., GIL SIERRA, J., ORTIZ-CAÑAVATE, J., 1984. Recolección mecánica del tomate de industria. Infomación Técnica nº 108. Servicio de Extensión y Capacitación Agraria. Junta de Extremadura.- Badajoz. 61-72.



Ensayo de pérdidas en la cosechadora ENTREPOSTO