

LA RECOLECCIÓN MECÁNICA

Futuro del cultivo del tomate para la industria

Durante las últimas campañas, un equipo de profesores de la Universidad Pública de Navarra, en colaboración con el Instituto Técnico de Gestión Agraria (ITGA), han venido estudiando los diferentes equipos que se van introduciendo para la recolección mecanizada del tomate. Iniciamos una serie de artículos en los que se presentan las características de estas máquinas y los resultados de las evaluaciones de su trabajo realizadas en el campo.

Las primeras cosechadoras de tomate destinado a la transformación industrial se desarrollaron en los años '60 en California. Rápidamente se extendió su uso por todo el país y en la actualidad prácticamente todo el tomate de industria producido en Estados Unidos se recoge mecánicamente.

Europa sigue esta tendencia, lo que ha provocado una evolución en la tecnología utilizada y la adaptación tanto de las variedades de tomate como de los sistemas de cultivo empleados.

La mecanización de la recolección se ha visto favorecida en estos últimos años por una serie de factores, entre los que destacan:

- La disminución de la renta agrícola.
- La escasez de mano de obra especializada.
- La mejora de la tecnología utilizada en la recolección.

Así, según datos del Gobierno de Navarra, entre los años 1996 y 2001, el agricultor ha pasado de pagar por el cultivo del tomate de 0.07 €/kg a 0.13 €/kg. También se ha registrado una subida de los salarios que los agricultores han ido pagando a sus emplea-



dos, pasando en el caso de los trabajadores fijos de 14.72 €/día (de media en 1987) a 31.11 €/día (1999), y en el caso de los trabajadores eventuales de 14.15 €/día a 32.36 €/día, que en recolección llega a 48.78 €/día.

Este incremento de los gastos no se compensa con un aumento en el precio del tomate percibido por el agricultor.

Por otra parte, todos los cultivos hortícolas dependen de la mano de obra. Esta necesidad se acentúa en momentos como la recolección y no siempre se encuentra disponible, menos aún si se trata de mano de obra con cierto grado de especialización.



Además, tenemos que añadir que los trabajos en el campo son por lo general en momentos puntuales y en verano, con el problema añadido de que si llueve o las fábricas no dan cajones



o bañeras suficientes, no hay trabajo y por lo tanto no se cobra.

Estas características del trabajo en el campo hacen imposible contar con un personal fijo y especializado durante toda la campaña de recolección ya que, en el momento en el que encuentran algo mejor, los operarios cambian de trabajo.

PROGRESIVA TENDENCIA A LA MECANIZACIÓN

Aunque la maquinaria desarrollada para la recolección no permite de momento prescindir de la mano de obra, sí hace posible una mejora de las condiciones de trabajo y una menor necesidad de operarios. A lo que podemos añadir que el rendimiento (kg recogidos/hora de trabajo) con respecto a la recolección manual es muy superior.

Las primeras cosechadoras de tomate resultaban caras y producían muchos daños en los tomates. Sin embargo ahora, gracias a que los agricultores han adaptado los sistemas de cultivo, a la introducción de nuevas variedades de tomate y a los avances tecnológicos que se han llevado a ca-



bo en la construcción y diseño de las cosechadoras, se está resolviendo uno de los principales problemas de la recolección mecánica: la disminución de la calidad por efecto de los daños mecánicos que sufre el tomate durante la recolección.

Se están consiguiendo buenos rendimientos y buena calidad final, lo que permite que parte del tomate destinado a la transformación industrial se envase como conservas de tomate entero pelado, mejor pagado que el destinado a concentrado o triturado.

La moderna tecnología mecánica permite ofrecer calidad industrial para tomate entero pelado



La mayoría de las cosechadoras de tomate se fabrican en Italia, país líder en la producción de este tipo de maquinaria debido a la importancia de esta hortaliza en el sector agrícola. De ahí que la mayoría de las marcas presentes en España sean italianas.

A nivel estatal, las zonas pioneras en el uso de este tipo de maquinaria son Extremadura, Cataluña y la región del Valle del Ebro, principales centros productores de tomate de industria.

En Navarra la recolección mecánica se introdujo en 1998 y en la actualidad hay censadas aproximadamente 40 cosechadoras. Además, se ha conseguido que las industrias conserveras acepten el tomate así recolectado.

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CINCO MODELOS ESTUDIADOS

MARCA	BARIGELLI	POMAC COSMO/SR	SANDEI-FMC SL 350 T	GALLIGNANI POLARIS	GUARESÌ G-89-93
MOTOR	John Deere Diésel	Fiat-Iveco-Diésel	Diésel	Fiat-Diésel	Iveco-Aifo-Diésel
POTENCIA (kW)	93	88.32	110.4	88.32	88.32
VELOCIDAD DE TRABAJO (km/h)	7.5	9	10	6	
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO (km/h)	30	24	20	22	
FRENOS	Disco en baño de aceite	Hidráulicos	Servo-freno	Hidráulicos	
TRANSMISIÓN	Hidrostática	Hidrostática	Hidrostática	Hidrostática	Hidrostática
RADIO DE GIRO (m)	4	4.5			
DIMENSIONES (m)	10.2*2.8*3.4	9*2.5*3.3	9.8*3.18*3.25	9.45*2.49*3.5	9.5*2.5*3.3
PASO (m)	3	2.7	2.75	2.75	2.5
ANCHURA VÍA (m)	1.65	1.5	1.5	1.57	1.5
PESO (kg)	8 800	7 800	9 000	8 320	8 000
CAPACIDAD DE TRABAJO (ha/día)	1.5	2	2	1.5	2
ALT. MÁX. CARGA (m)	3.25	3.6	3.4	3.2	3.3

LOS EQUIPOS INCLUIDOS EN ESTE ESTUDIO

Las principales marcas de cosechadoras que trabajan en Navarra y que se están estudiando en el Laboratorio de Mecanización Agraria del Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural de la Universidad Pública de Navarra, en colaboración con el Instituto Técnico de Gestión Agraria (ITG), son: Sandei-FMC SL 350 T; Guaresi G-89-93; Gallignani Polaris; Pomac COSMO/SR y Barigelli.

Las características técnicas de los equipos estudiados se presentan en la Tabla 1 y las mayores diferencias aparecen en los sistemas de separación de la planta y la disposición de las cintas de la mesa de selección. También existen diferencias en la forma del elevador y en las soluciones que cada marca ha empleado para evitar que el tomate se caiga durante el proceso de descarga.

Este estudio está dirigido a establecer las mejoras que permitan reducir el nivel de daños mecánicos que se producen en el proceso de la recolección mecánica, y ha sido financiado por los proyectos: 'Determinación de daños producidos en las cosechadoras de tomate de uso industrial en Navarra'. Convocatoria 2000 de ayuda de investigaciones de interés para Navarra, del Gobierno de Navarra y AGL2000-0811 concedido por la Comisión de Ciencia y Tecnología (CICYT).

Todas las cosechadoras estudiadas son autopropulsadas y la recolección es integral, la planta entera entra en la cosechadora y es aquí donde se produce la separación del tomate. Aunque el funcionamiento de las máquinas es muy similar, van a ser las característi-



cas particulares de cada una las que van a permitir la mejor o peor adaptación a la zona en la que van a trabajar.

EL PROCESO DE RECOLECCIÓN MECANIZADA DEL TOMATE

Podemos dividir el ciclo de la recolección en cuatro fases principales:

- Levantamiento, corte y elevación de la planta.
- Separación del tomate de la planta.
- Selección del tomate para comercialización y eliminación del resto de productos (tomate verde, plantas, tierra...).
- Descarga del producto para su transporte hasta la cooperativa o la industria.



Fig. 1. Sistema de corte y elevación de la planta

SISTEMA DE CORTE Y ELEVACION DE LA PLANTA

En la parte anterior de la máquina, también denominada cabezal de la cosechadora, se encuentra el sistema de corte y elevación de la planta. Consiste en unos dedos metálicos móviles que levantan las plantas permitiendo a una cuchilla situada debajo de éstos realizar el corte (Fig. 1).

La profundidad a la que trabaja este sistema de corte es regulada hidráulicamente por el conductor. Según las condiciones de la parcela irá más o menos enterrado, evitando siempre la entrada excesiva de tierra que puede por un lado perjudicar el buen funcionamiento de la máquina y

por otro, afectar a la calidad final del producto.

Justo detrás de los elementos de corte hay una cinta transportadora, generalmente de dedos, que permite llevar la planta hasta la zona de separación.

En modelos como Guaresi o Barigelli hay unos rodillos que mueven una cinta también de dedos que favorece la subida de la planta hacia el elevador.

Todos estos elementos son regulables horizontal y verticalmente y la velocidad de trabajo ha de ajustarse en función de la velocidad de avance de la cosechadora.

SEPARACIÓN DEL TOMATE

En el sistema separador es donde nos vamos a encontrar las mayores diferencias entre las cosechadoras; actualmente se tiende a incorporar el separador de 'erizo' de radios vibrantes frente al vibrador de correas, ya que además de ocupar menor espacio en la máquina, utiliza menos energía para separar el tomate y es más silencioso.

El vibrador de correas, que lo podemos ver en las cosechadoras FMC y Pomac, consiste en una serie de correas con dedos que provocan vibraciones horizontales y verticales en la planta, permitiendo que los tomates se separen de ésta. La separación entre correas permite que el tomate caiga sobre una cinta transportadora para que continúe el proceso de selección y la mata es eliminada por la parte posterior de la cosechadora (Fig. 2).



Fig. 2. Vibrador de correas

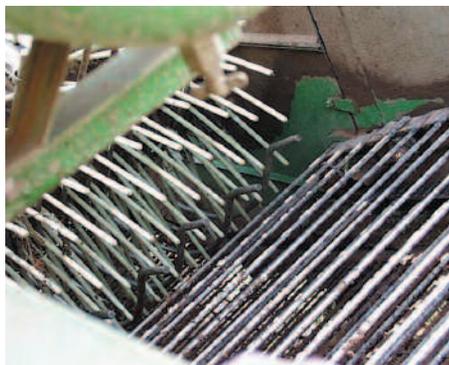


Fig. 3. Vibrador de erizo o radios vibrantes

El sistema de ‘erizo’ lo encontramos en las cosechadoras Barigelli, Gallignani y Guaresi. Según se explica en los manuales técnicos de estas cosechadoras, este separador consiste en un rotor cilíndrico sobre el que están colocados unos anillos de goma. Estos anillos a su vez tienen una serie de barras de material flexible, equidistantes entre ellas de manera que el conjunto toma la forma que observamos en la Fig. 3.

Durante la rotación, que es muy lenta, un motor mueve dos masas excéntricas colocadas a ambos lados de la unidad. Estas masas basculan alrededor de dos ejes distintos, paralelos y equidistantes del eje de rotación central al que están ligados mediante un soporte.

La rotación del motor produce la rotación de las masas y como consecuencia el efecto de vibración en la planta.

Gallignani añade un segundo motor, en la parte trasera de la máquina, parecido al anterior pero de menor tamaño. En éste, las vibraciones son de menor amplitud y alta frecuencia lo que permite que los frutos que no se han separado al atravesar el primer erizo lo hagan en el segundo.

Igual que en el caso del vibrador de correas, una vez que los tomates se han separado de la planta, caen sobre una cinta.

Las matas también son transportadas hasta la parte posterior de la cosechadora por medio de una cinta y con ayuda de unos potentes ventiladores son expulsadas al exterior. Esta corriente de aire favorece a la vez la eliminación de restos de ramos u hojas que puedan quedar entre los tomates.

El número de anillos y la velocidad del ‘erizo’, así como la vibración del separador de correas se pueden modificar para que la recolección se adapte lo mejor posible a las condiciones de la parcela.

SELECCIÓN DEL TOMATE ROJO

Una vez que el tomate es separado de la planta, por medio de una cinta transversal de varillas o goma, pasa al proceso de selección. Éste se realiza en un conjunto de cintas transportadoras colocadas en serie.

La primera cinta es la encargada de transportar el tomate hasta el selector electrónico de color. En esta zona un operario se encarga de eliminar los restos de matas o terrones y piedras grandes que puedan dañar el selector de color. Generalmente es una cinta de varillas metálicas entre las que se intercalan paletas de goma.

El siguiente elemento es el selector electrónico de color, su función principal va a ser eliminar todo aquello que no sea rojo, es decir, el tomate verde, los terrones, etc.



Fig. 4. Detalle del selector electrónico de color.

Está formado por la zona del detector y por una serie de elementos plásticos en forma de dedos que cuando lo indica el detector, se mueven tirando al suelo las piedras, los tomates verdes... en definitiva lo que no es rojo (Fig. 4).

Los tomates que pasan por el selector y son aceptados caen sobre un segunda cinta, en este caso de goma, y



Fig. 5. Última cinta de selección antes de la descarga.

de ésta pasarán ya al último tramo, formado por otra cinta generalmente de varillas.

En esta parte de la cinta de selección, se eliminan los tomates podridos que hayan podido pasar por el selector. Es en este punto donde se necesita más mano de obra, van de dos a tres operarios, ya que de este proceso de limpieza depende la calidad del producto que llega a la industria (Fig. 5).

La velocidad de las cintas de selección se puede modificar en función de la cantidad de tomate que entre en la cosechadora.

En la actualidad hay cosechadoras que incorporan dos selectores de color, uno para la eliminación de tierra o piedras y otro para la eliminación del tomate verde.

DESCARGA DEL PRODUCTO

El último elemento de la cosechadora va a ser el elevador (Fig. 6). Éste permite el transporte del tomate hasta

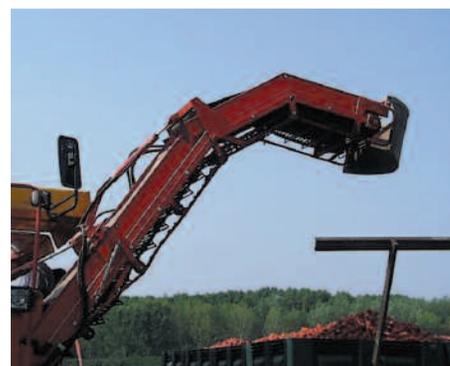


Fig. 6. Elevador para la descarga del tomate.

la descarga y está formado por cintas de varillas metálicas entre las que se intercalan paletas de goma o metal según la cosechadora.

La descarga (Figs. 7 y 8) del tomate se puede realizar bien en bañera, bien en palots. Generalmente, cuando el tomate se descarga en bañera su destino es el concentrado, ya que la presión que se ejerce sobre los tomates del fondo es mayor que en el caso de los palots.



Fig. 7. Palots para la recolección del tomate destinado a entero.



Fig. 8. Descarga de tomates en bañera.

EL CONTROL Y LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS

Como ya hemos comentado en apartados anteriores, la mayor parte de los elementos se mueven por medio de transmisiones hidráulicas y el manejo se realiza desde la cabina del conductor donde se encuentran los mandos de control de:

- Movimiento de la cosechadora: acelerador, freno, cambio de marchas.
- El cuadro con el marcador de revo-

luciones, depósito de gasóil, luces indicadoras...

- Situación del cabezal o sistema de corte.
- Regulación del sacudidor: longitud del movimiento horizontal e intensidad del golpe en el vibrador de correas y velocidad de giro en el de radios vibrantes.
- La cinta de salida o descarga del tomate en los cajones o bañeras.
- Algunos elementos reguladores de las cintas cercanas a la cabina.

El control de la velocidad de las cintas de selección la pueden realizar desde la zona de trabajo los propios operarios, y de esta manera, en función de la cantidad de tomate que entre en la máquina podrán aumentar o disminuir la velocidad de las cintas mejorando la calidad de la selección.

ADAPTACIÓN A LAS CONDICIONES DEL TERRENO. MANEJO DE LA MÁQUINA

La evolución en el diseño de estas máquinas permite su adaptación a prácticamente todo tipo de terrenos. Con el sistema de autonivelado se puede cosechar en parcelas en las que haya cierta pendiente o el terreno sea irregular.

A modo de resumen, vamos a enumerar aquellos parámetros que el conductor ha de controlar para mejorar el rendimiento de la máquina, ya que en gran medida es el conductor el que hace que el producto recolectado mecánicamente sea de calidad:

- La velocidad de avance de la máquina: está en función de las condiciones de la parcela y del tomate, el conductor tendrá que tomar la decisión teniendo en cuenta que cuanto más deprisa va la cosechadora menos problemas tiene y mejor cosecha.
- Velocidad de las cintas: está en función de la cantidad y calidad del tomate que se esté cosechando. Velocidades altas pueden hacer que los selectores de color no cumplan su

función y dejen pasar más tomates o residuos de los recomendables para mantener la calidad final del tomate. Velocidades bajas provocarán la acumulación de tomate dentro de la máquina.

- Velocidad del sacudidor: también va a estar en función de la calidad o del tipo de tomate que esté cosechando en ese momento. Hay que evitar en lo posible los daños mecánicos que estos elementos producen en el tomate con el objetivo de reducir el número de tomates rotos o con hendiduras.

En una gran medida es el conductor de la máquina el que hace posible la obtención de un producto de calidad

- Intensidad y orientación de los ventiladores posteriores: es un punto donde se pueden producir atascos que hagan que parte de la planta se incorpore a las cintas de selección interfiriendo en el trabajo del selector de color y reduciendo la calidad final por aumento de impurezas.
- Velocidad y altura de la cinta de salida o elevador. Durante todo el proceso de recolección el conductor ha de estar atento al nivel de tomate que hay en los cajones o bañeras de recogida, de esta manera se controla que la caída en estos recipientes no sea tan fuerte que rompa el tomate.
- Por último, el conductor ha de controlar en todo momento lo que entra en la máquina. Actualmente, se está cultivando utilizando acolchado y riego por goteo, los plásticos y los tubos del goteo pueden provocar atascos en la máquina y por lo tanto disminución del rendimiento por retrasos en la recolección. ■

Estudio comparativo de los costes de recolección mecanizada de tomate para industria

En este artículo se presentan los resultados de los ensayos comparativos realizados con diferentes cosechadoras de tomate y completa lo ya publicado en nuestro número anterior relativo a su recolección mecanizada.



En primer lugar, fue necesario establecer los siguientes parámetros económicos con los que poder comparar las máquinas entre sí:

- Los costes que supone la pérdida de tomate rojo.
- Los costes horarios por la utilización de las máquinas.
- Los costes por unidad de superficie recolectada.
- Los costes por unidad de peso recolectado.

En el planteamiento inicial del trabajo, se programaron las visitas a realizar a las cinco marcas diferentes de cosechadoras que operaban en la zona. Se planificaron también tanto las distintas localidades de la región en la que se iba a desarrollar el trabajo, como las fechas durante la época de re-

colección en las que se llevarían a cabo las mediciones, con el fin de obtener unos datos lo más representativos posible.

A continuación se detalla la serie de datos que era necesario tomar en cada una de las visitas:

Datos generales. Fecha de realización de la prueba, localidad en la que se realizó, cosechadora ensayada, número de operarios que trabajaban en la cinta, si se encierra la cosechadora durante las noches en almacén o no, la distancia a éste y la capacidad del recipiente que se utiliza.

Datos de parcela. Superficie de la parcela, cantidad de malas hierbas, longitud de las líneas, distancia entre líneas, número de filas por mesa, longitud de la cabecera.

Datos de cultivo. Tipo de producción (siembra o transplante), variedad,

producción, acolchado, tipo de riego, fecha de plantación, fecha del último riego, fecha de aplicación del colorante.

Muestreo de tomates. Tanto antes como después de la recolección.

Datos de las cosechadoras. Valor de compra, potencia, consumo horario, capacidad de trabajo, trabajo anual, gastos de mantenimiento y reparaciones.

La metodología fue la siguiente: en cada una de las pruebas que se iba a realizar se tomaron los datos generales, de parcela y de cultivo. Conocidos éstos, se marcaba un metro de meseta en una zona representativa de la parcela y se contaba el número de tomates rojos y verdes tanto antes de pasar la máquina como después.

A continuación, se tomaban los tiempos de cada una de las actividades

FIG. 1. INFLUENCIA DEL % DE TOMATES VERDES A LA HORA DE LA RECOLECCIÓN

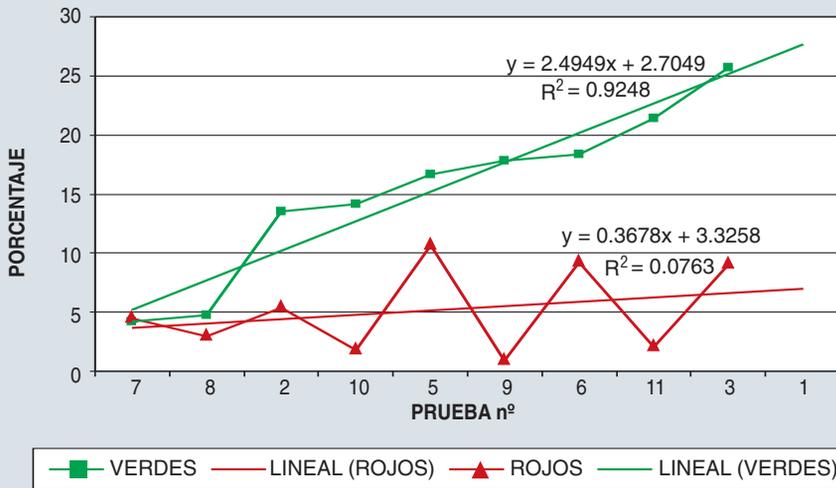
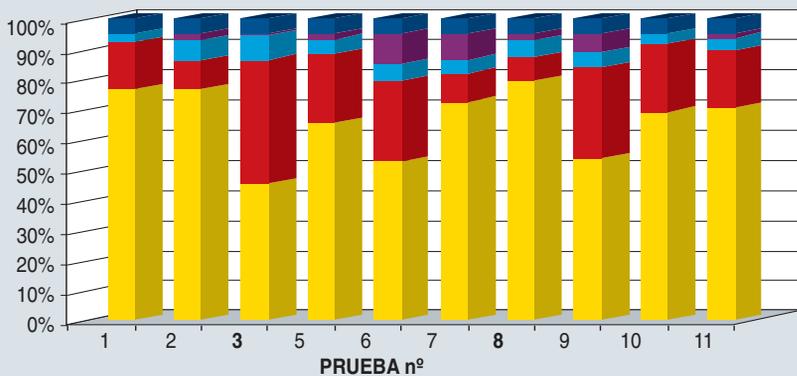
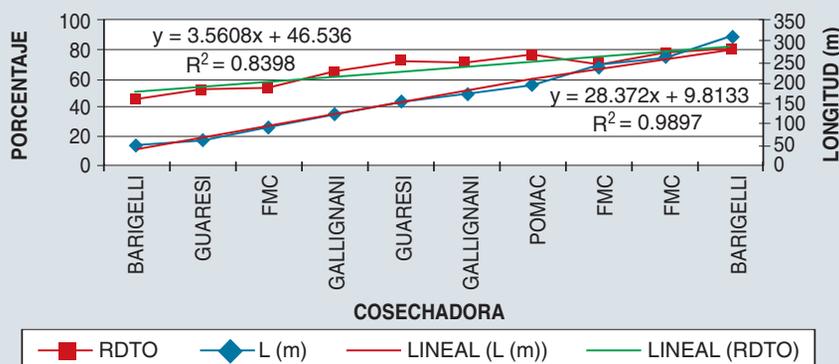


FIG. 2. COMPARACIÓN DE LA DIVISIÓN DEL TIEMPO PARA CADA PRUEBA



- Tiempo efectivo de ejecución de la operación agrícola en cada parcela
- Tiempo en vacío, es el tiempo empleado en los virajes en las cabeceras de las parcelas
- Tiempo de preparación, es el destinado al mantenimiento y conservación de la máquina. Se corresponde con las operaciones diarias de abastecimiento de combustible, engrase, limpieza...
- Tiempo de imprevistos, es el correspondiente a los reajustes, averías y atascamientos
- Tiempo de preparación en el lugar de trabajo

FIG. 3. INFLUENCIA DE LA LONGITUD DE PARCELA EN EL RENDIMIENTO



realizadas por la máquina durante la prueba, con el fin de calcular con ellos el rendimiento total de trabajo y la capacidad de trabajo de cada máquina. Por último, se tomaba la longitud de la fila con el fin de completar los datos de parcela que el agricultor había facilitado.

Los tiempos medidos en cada prueba los podemos clasificar en:

- *Tiempo de preparación:* es el destinado al mantenimiento y conservación de la maquinaria de la explotación.
- *Tiempo de desplazamiento:* es el consumido en los trayectos entre el punto donde se encuentra el tractor y la máquina, y las parcelas donde se vaya a realizar la operación, así como el tiempo de regreso.
- *Tiempo de ejecución:* es el empleado en conseguir el objetivo del trabajo, de acuerdo a la finalidad de la tarea a realizar, y durante el cual la acción se dirige únicamente al fin propuesto. Dentro de éste hay una serie de tiempos accesorios, destinados tanto a la preparación del trabajo como a imprevistos y a trabajos en vacío.

Una vez recopilados estos datos, se calcularon una serie de valores que se utilizarán para hallar los parámetros con los que se comparan las diferentes cosechadoras a ensayar. Estos son: la calidad del selector de color, el rendimiento total de trabajo y la capacidad de trabajo de cada máquina ensayada.

CALIDAD DEL SELECTOR DE COLOR

La calidad del selector de color se evaluó en base a tres parámetros diferentes: la importancia del porcentaje de coloración en la pérdida de tomates rojos, la efectividad del selector de color y los costes que supone la pérdida de tomate rojo de cada máquina ensayada.

La importancia del porcentaje de coloración en cada máquina ensayada, se mide tratando de comprobar si existe alguna relación entre el porcen-

FIG. 4. CAPACIDAD DE TRABAJO EN CADA PRUEBA

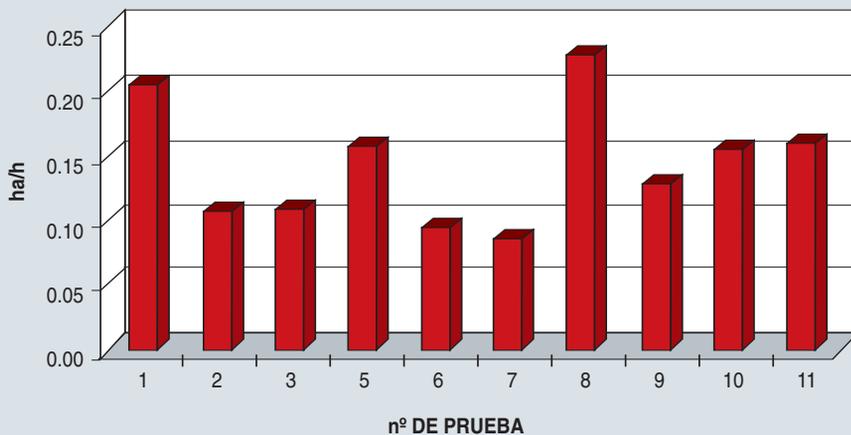
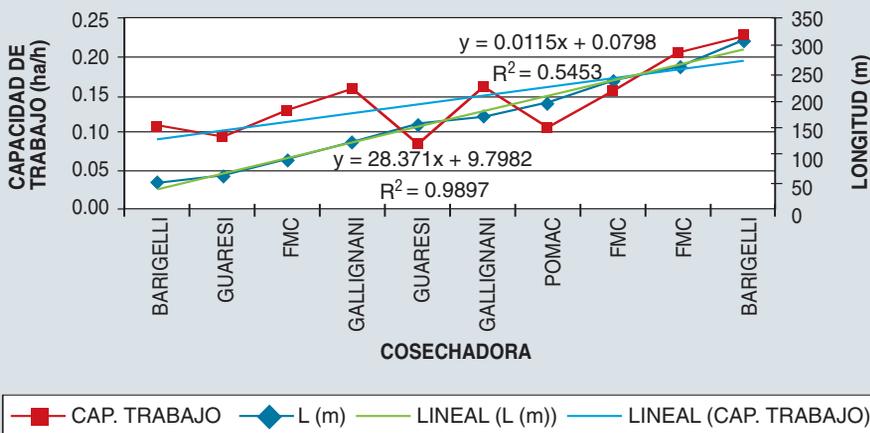


FIG. 5. INFLUENCIA DE LA LONGITUD DE LA PARCELA EN LA CAPACIDAD DE TRABAJO



taje de tomates verdes que hay en la parcela antes de la recolección y el porcentaje de tomates rojos que hay en la parcela después de ésta. Sin embargo, tal y como puede verse en la Figura 1 y según los datos recogidos, no existe ninguna relación entre ambos parámetros, a pesar de que muchos autores aseguran que existe una importante influencia entre ambos.

Por otro lado, la efectividad del selector de color se calculó mediante el porcentaje que representa la cantidad de tomates verdes que hay en la parcela por unidad de superficie después de la recolección mecanizada, respecto de los que hay antes. Cuanto mayor sea el porcentaje, mayor será la efectividad del selector de color que disponga la máquina.

Por último, el coste económico que supone la pérdida de tomate rojo se estimó multiplicando la cantidad de tomate rojo que hay por unidad de superficie después de la recolección, por el precio del tomate en esta campaña.

RENDIMIENTO DE TRABAJO

El cálculo del rendimiento total de trabajo de cada prueba realizada se hizo a partir de los tiempos de ejecución y sin tener en cuenta los tiempos accesorios, ya que se considera que no afectan al rendimiento total de trabajo.

A partir de los tiempos de ejecución se realizó una equivalencia entre lo que era cada prueba y lo que sería una jornada completa. En los tiempos de una jornada completa se introdujeron los tiempos de preparación diarios, los de llenado del gasóleo y los de limpieza de la máquina y engrase de la máquina.

Con estos datos se calculó el rendimiento total de trabajo de cada prueba y se observó que existía una importante diferencia entre en los resultados obtenidos entre unas pruebas y otras, tal y como se puede ver en la Figura 2.

En la Figura 3 se puede observar cómo existe una importante diferencia entre las pruebas núm. 3 y 8, las cuales habían sido realizadas por la mis-

FIG. 6. COMPARACIÓN DE LA DIVISIÓN DEL TIEMPO PARA CADA PRUEBA

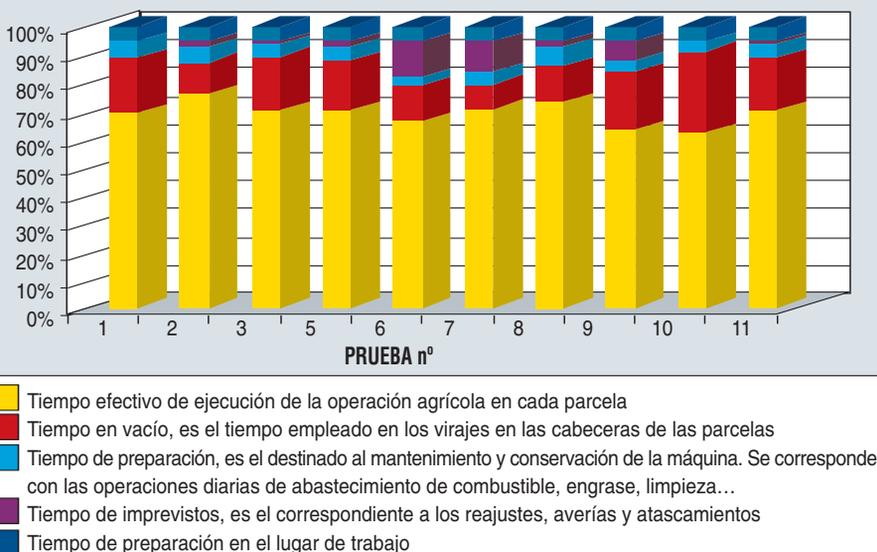


FIG. 7. CAPACIDAD DE TRABAJO DE CADA MÁQUINA

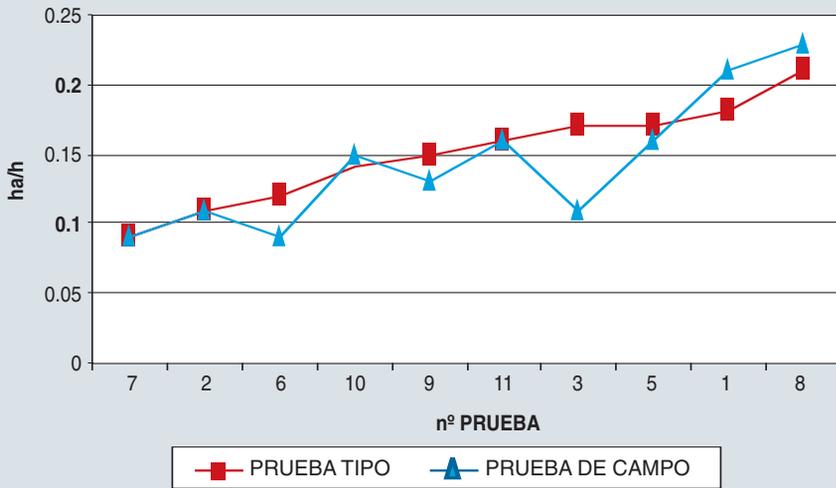


FIG. 8. COSTE HORARIO DE LAS MÁQUINAS

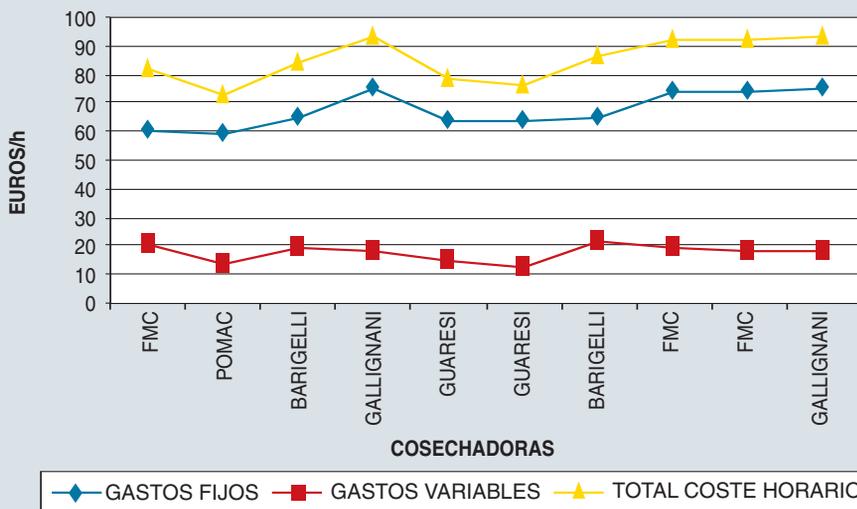
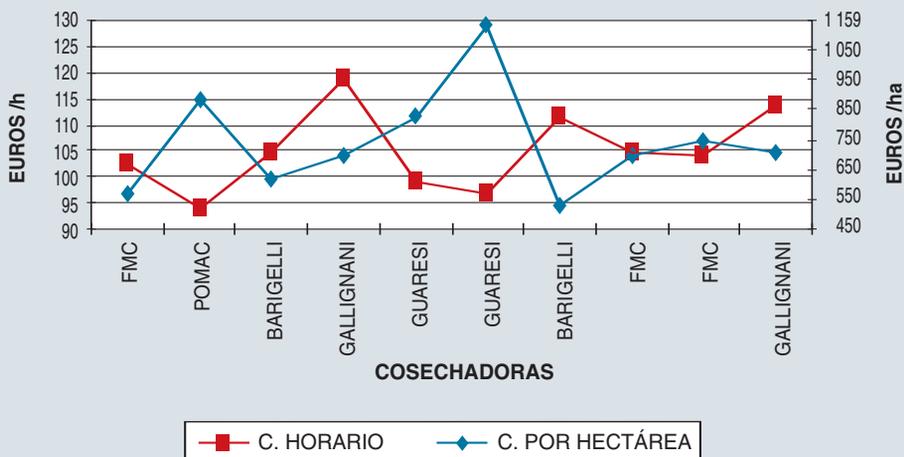


FIG. 9. COMPARACIÓN ENTRE EL COSTE HORARIO DE LA LABOR Y EL COSTE POR UNIDAD DE SUPERFICIE



ma marca de cosechadora (Barigelli). Se trató de buscar una explicación a estas importantes diferencias y se vio que la prueba nº 3 había sido realizada en la parcela de menor longitud, mientras que la prueba nº 8 lo había sido en la de mayor longitud.

Esto hace pensar que existe una influencia de la longitud de la parcela en el rendimiento total de trabajo de cada prueba. Con el fin de comprobar si esto es cierto o no, se representó en la Figura 4 el rendimiento de cada máquina y la longitud de la parcela. Se puede ver cómo, efectivamente, existe tal influencia.

La capacidad de trabajo de la máquina está notablemente influenciada por la longitud de la parcela

Con estos mismos tiempos de ejecución tomados durante cada prueba y habiendo prescindido de los tiempos accesorios que producían una pérdida de tiempo ajena a la propia máquina, se calculó también la capacidad de trabajo de cada cosechadora ensayada, sin tener en cuenta los tiempos de preparación diarios. En la Figura 4 se puede observar que existe una diferencia importante entre las capacidades calculadas para unas máquinas y para otras.

A pesar de que se ha visto que estos tiempos estaban influenciados por las características de la parcela (tanto la longitud de la línea, como otras que se habían visto durante la realización de cada prueba), se calculó con éstos la capacidad de trabajo de cada máquina para ver si existía una relación entre la capacidad de trabajo y la longitud de línea.

FIG. 10. COSTES POR COSECHADORA

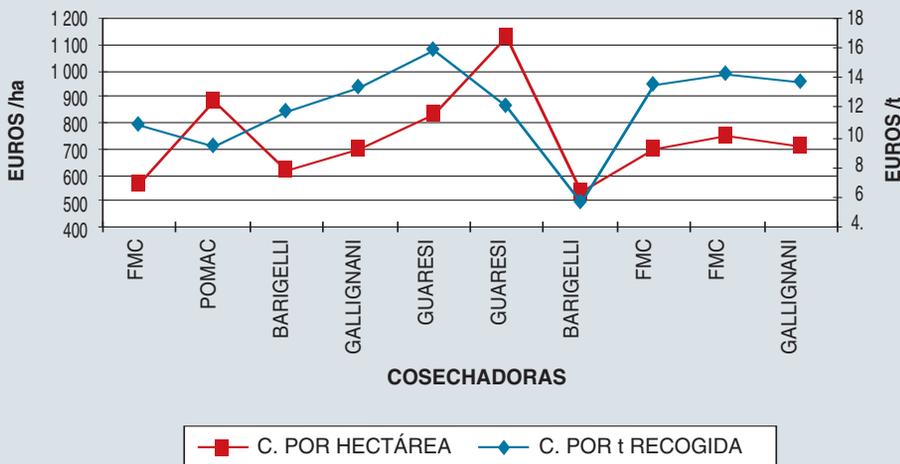


FIG. 11. COSTES POR TOMATE APTO PERDIDO

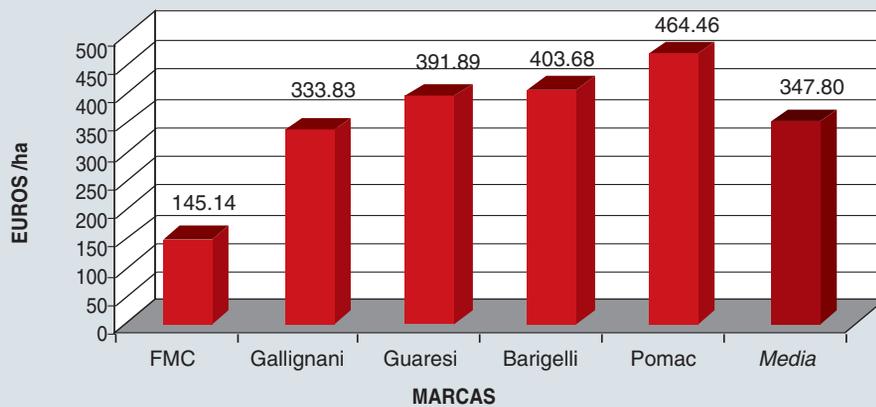
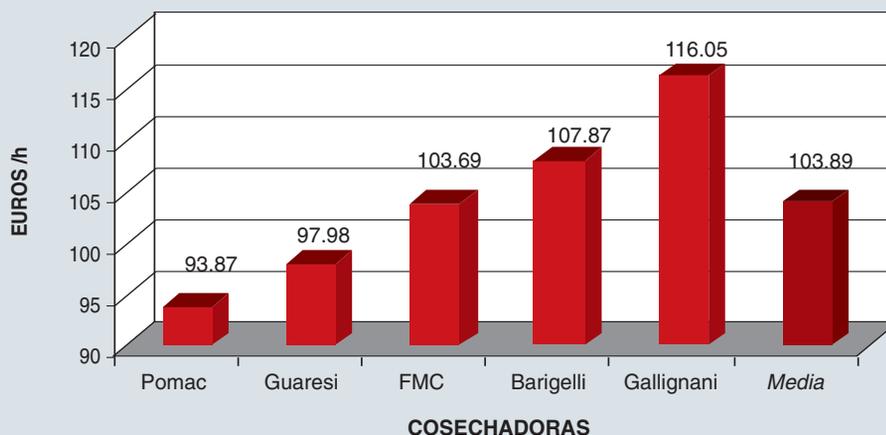


FIG. 12. COSTES HORARIOS PARA CADA MARCA



En la Figura 5 se puede observar que también existe una importante influencia entre la capacidad de trabajo de cada máquina ensayada y la longitud de la línea, aunque no de forma tan directa como en el rendimiento total de trabajo.

Las longitudes de las parcelas en las que se han realizado las distintas pruebas aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1
LONGITUD DE LAS
PARCELAS ENSAYADAS

Nº PRUEBA	LONGITUD (m)
1	260
2	225
3	50
4	80
5	125
6	68
7	190
8	350
9	93
10	302
11	18

Sabiendo que existían una serie de factores de campo que estaban afectando a los tiempos de los que se disponía, se pretendió eliminar toda la variabilidad aportada por dichos factores. Debido a la dificultad de igualar todos los factores y con el fin de poder calcular el rendimiento total de trabajo y la capacidad de trabajo de cada máquina en la mayor igualdad de condiciones posible, se estimó que solamente se igualarían aquellos factores en los que fuera más fácil hacerlo.

Para ello, se definió una ‘prueba tipo’ con la que se eliminaban los factores que aportaban variabilidad a los tiempos tomados en las pruebas. Se define ‘prueba tipo’ como aquella que se realiza en una parcela de longitud media, usando como recipiente para el tomate la bañera (recipiente más usado hoy en día). Esto supone unos cambios en las pruebas de campo, de modo que se hace necesario estimar de nuevo los tiempos de cada prueba. Los tiempos que cambiarán serán los

FIG. 13. COSTES POR HECTÁREA PARA CADA MARCA

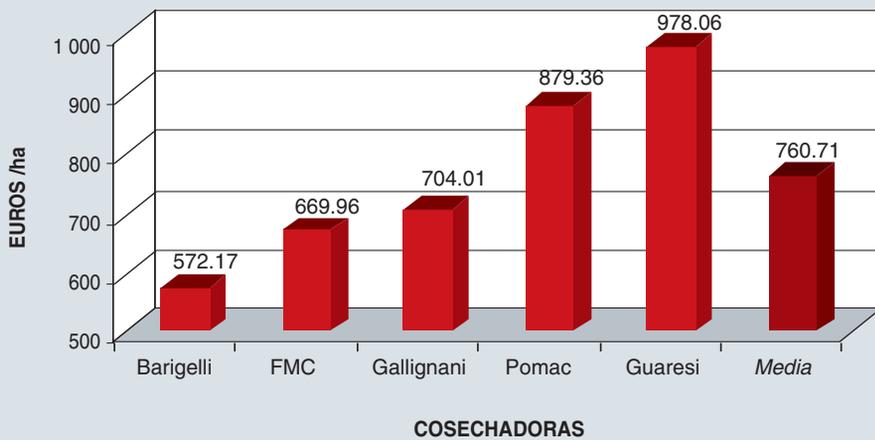
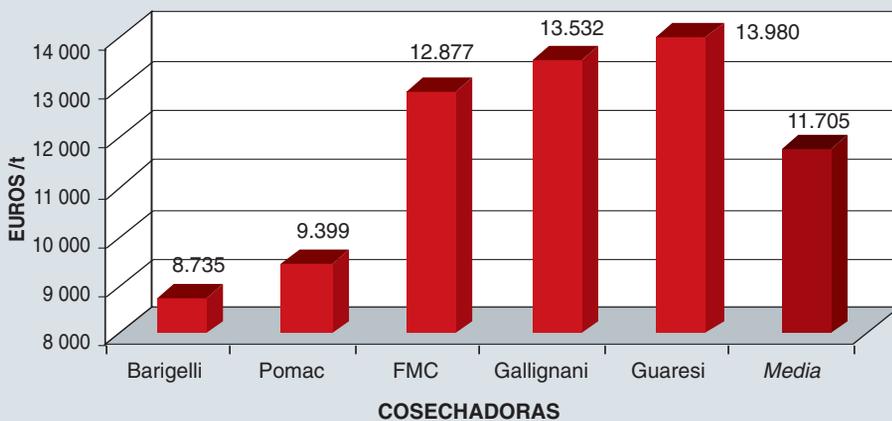


FIG. 14. COSTES DE RECOLECCIÓN PARA CADA MARCA



de campo. Por tanto, se puede calcular con estos mismos tiempos la capacidad de trabajo de cada prueba ya que hemos igualado bastante las condiciones.

Al calcular la capacidad de trabajo de cada prueba, se puede ver como también aquí se produce una homogeneización (Figura 7).

Se observa como la capacidad calculada para las pruebas nº 6, 9 y 3 sufren un aumento debido a que fueron realizadas en parcelas de baja longitud de línea, mientras que las pruebas nº 1 y 8 experimentan una disminución de la misma, justamente por lo contrario, porque habían sido realizadas en parcelas de elevada longitud de línea.

COSTES DE LA LABOR

Con la capacidad de trabajo, calculada para las diferentes máquinas habiendo igualado en la medida de lo posible las condiciones de la prueba, se estimarán los costes de la labor a partir de los cuales se van a comparar las cosechadoras. Estos costes son:

- Costes por pérdida de tomate rojo.
- Costes horarios de la labor.
- Costes por unidad de superficie recolectada.
- Costes por unidad de peso recolectado.

Por un lado, los costes horarios de la labor han sido desglosados en gastos fijos y gastos variables. En la Figura 8 podemos observar el elevado porcentaje que representan los gastos fijos respecto del coste horario total, con lo que se puede intuir la importancia que tiene una elevada utilización de este tipo de máquinas con el fin de que no se alargue demasiado el período de amortización.

tomados durante la fila y los de por cambios de recipiente.

Con estos nuevos tiempos estimados se calculó la capacidad y el rendimiento total de trabajo de cada prueba, teniendo en cuenta que en éste último había que contar con los tiempos de preparación diarios.

Se calculó primero el rendimiento total de trabajo de cada prueba, cuyos resultados se muestran en la Figura 6. Podemos observar la importante homogeneización que se ha producido en este rendimiento para las diferentes pruebas ensayadas.

Esta homogeneización hace pensar que se ha eliminado gran parte de esa variabilidad que tenían las pruebas

En los costes se consideran asimismo los que se derivan del tomate rojo no recogido

Por otro lado, en cuanto al coste por unidad de superficie, podemos observar la influencia de la capacidad de trabajo de cada prueba al ser éste calculado a partir del coste horario (Figura 9).

Por último, en el cálculo del coste por unidad de peso recolectado, se puede apreciar la influencia de la producción por unidad de superficie (Figura 10).

Calculados estos parámetros para cada una de las pruebas realizadas, se trató de hallarlos para cada una de las marcas de cosechadoras ensayadas, teniendo en cuenta que las pruebas de una misma marca estaban realizadas con el mismo modelo de cosechadora.

Los resultados que se obtuvieron para cada uno de los parámetros que se iban a comparar, se muestran en las figuras 11, 12, 13 y 14.

En estas figuras (11-14) se pueden observar las diferencias existentes entre unas cosechadoras y otras para un mismo coste. Sin embargo, esas diferencias puede que sean debidas al azar o que, por el contrario, sean debidas a la propia máquina con la que se realice la labor.

Para saber a qué se deben estas diferencias, se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos.

El primer paso de este análisis es saber si los datos de los que se disponen siguen o no una distribución normal. Se realiza para ello una prueba de Kolmogorov-Smirnov, según los resultados obtenidos, podemos afirmar que todos los datos de los que disponíamos siguen una distribución normal.



El siguiente paso es saber si las diferencias entre las medias de cada marca para un mismo coste son debidas al azar o a la máquina, en este caso se realiza un análisis de la varianza. El resultado de éste es que para todos los parámetros que se pretendían comparar, la diferencia entre las medias era debida al azar excepto para el coste horario, según este test la diferencia entre las medias era debida a las propias máquinas.

No obstante, a pesar de que el análisis de la varianza había dado que las diferencias entre los costes por tomate rojo perdido, por unidad de superficie y por unidad de peso recolectado eran debidas al azar, se realizaron dos test de comparación de medias para cada una de las variables que se pretendían estudiar:

- Método de la mínima diferencia significativa.
- Test de Duncan.

El primero de ellos compara las medias de cada coste dos a dos, mientras que el segundo diferencia las cosechadoras en subconjuntos homogéneos en cuanto al coste estudiado. Este último test es uno de los que más nos interesa, puesto que, de la variable en concreto que se esté estudiando, nos permite dividir los tratamientos realizados en función de la igualdad (mismo subconjunto homogéneo) o diferencia (distinto subconjunto homogéneo) entre sus medias. En la Tabla 2 se pueden observar los resultados de esta última prueba.

TABLA 2
RESULTADOS DEL TEST DE DUNCAN. RESULTADOS EXPRESADOS EN EUROS (€)

COSECHADORA	COSTE POR TOMATE ROJO PERDIDO		COSTE HORARIO		COSTE POR HECTÁREA		COSTE POR TONELADA	
FMC	145.14	a	103.31	bc	644.35	ab	12.39	a
Gallignani	333.83	ab	116.05	d	704.01	abc	13.54	a
Guaresi	391.89	ab	97.99	ab	879.36	bc	13.98	a
Barigelli	403.68	ab	107.88	c	572.17	a	8.73	a

CONCLUSIONES

Con los resultados del análisis estadístico de los parámetros obtenidos se pueden obtener ya unas conclusiones del trabajo, tanto agronómicas como económicas, obtenidas en base a los ensayos realizados en las diferentes parcelas de Navarra y en las condiciones de cultivo de esta zona agrícola. Para extrapolarlas a otras situaciones deberían de considerarse las variaciones que pudieran producirse tanto en el cultivo como en las parcelas y las condiciones de trabajo.

CONCLUSIONES AGRONÓMICAS

Según lo observado en las pruebas de campo, se puede concluir que la recolección mecanizada tiene una elevada productividad. Es decir, la cantidad de tomate recogida por operario y hora es mucho mayor para la recolección mecanizada que para la recolección manual.

La capacidad de trabajo de las máquinas ensayadas se vio afectada por las características de la parcela. Así:

- Durante las pruebas de campo se pudo observar cómo, conforme aumenta la longitud de la parcela, aumentan tanto el rendimiento total de trabajo como la capacidad de trabajo.
- Es lógico pensar que si la anchura de la que dispone la máquina para realizar los virajes no es suficientemente amplia y se tienen que realizar maniobras, se producirá un aumento de los tiempos de trabajos en vacío disminuyendo el rendimiento total de trabajo y la capacidad de trabajo de cada máquina, por lo que el trabajo queda afectado por la anchura de las cabeceras.
- En el caso de que las cabeceras estuviesen embarradas, se producirían atascos del remolque, o se tendría que retroceder para cosechar todo en la misma dirección. Produciéndose, en cualquier caso, una disminución tanto del rendimiento total de trabajo como de la capacidad de trabajo de cada máquina ensayada.



Se aprecia dificultad para la recolección mecánica cuando hay abundante hierba sobre la parcela

- En las situaciones en las que el estado de la meseta no fuese el ideal, la cosechadora no podría avanzar a la misma velocidad durante la recolección, disminuyendo, como consecuencia, la capacidad de trabajo de cada máquina.
- En algunas de las cosechadoras, un exceso de malas hierbas en la parcela produciría un aumento de los tiempos de imprevistos, dándose de este modo una disminución del rendimiento total de trabajo y de la capacidad de trabajo.
- La existencia excesiva de piedras en la parcela produciría atascos en las máquinas, con la consiguiente disminución del rendimiento total de trabajo de cada máquina y de la capacidad de trabajo de la misma.

Las características de la máquina también influyen. Así:

- Al aumentar la anchura de las cintas y mesas de selección puede entrar más tomate por unidad de tiempo. De este modo se produce un aumento de la capacidad de trabajo de la máquina.

- Cuanto mayor número de canales tenga el selector de color, mayor cantidad de tomate podrá seleccionar este elemento limitante por unidad de tiempo, aumentando así la capacidad de trabajo de la máquina. Esta opción va ligada a la anteriormente explicada.
- Si en lugar de disponer la máquina de un solo selector de color dispone de más, la selección se realiza de forma progresiva, de modo que no será necesario que el tomate llegue tan individualizado y podrá llegar mayor cantidad de tomate por unidad de tiempo.

La pérdida de tomate rojo se vio afectado por:

- El estado de las mesetas: Debido a que las mesetas tenían una conformación un poco irregular, se produjo en diversas ocasiones un aumento de la pérdida de tomate rojo.
- Las características de las propias máquinas: Aunque estadísticamente no se podía asegurar, parecía que existía una diferencia considerable, en cuanto a la pérdida de tomate rojo, entre las máquinas ensayadas que disponían de un solo selector de color y las que disponían de dos. Asimismo, Aunque muchos agricultores aseguraban que el selector de color que montaba la cosechadora marca Pomac era peor que el del resto de las máquinas, estadísticamente este selector era igual que el del resto de las máquinas. Con una mayor anchura de las cintas de selección, para una misma cantidad de tomate a seleccionar, éste llegará más individualizado, de modo que será más difícil que se eliminen tomates rojos por la cantidad elevada de actuaciones del selector.

CONCLUSIONES ECONÓMICAS

Se estiman unas 400 horas anuales como una utilización adecuada de este tipo de máquinas.

En estas condiciones, fue seleccionada la cosechadora marca FMC por ser la más económica. Para realizar esta selección nos basamos en los resultados estadísticos obtenidos, de los que extrajimos las siguientes características:

- Sus bajos costes por unidad de superficie.
- Sus bajos costes por pérdida de tomate rojo.
- Sus costes horarios no demasiado elevados.

Basándonos también en los resultados estadísticos, puede recomendarse la cosechadora marca Barigelli, teniendo en cuenta las consideraciones que siguen:

- Sus bajos costes por unidad de superficie.
- Sus bajos costes por pérdida de tomate rojo.
- Sus bajos costes por unidad de peso recolectado. A pesar de que estadísticamente la cosechadora que se utilizase no influía en el cálculo de este coste, gráficamente parecía existir una importante diferencia entre esta cosechadora junto con Pomac y el resto. De este modo, y debido a la importante significación que este coste tiene para el agricultor, se ha tenido en cuenta a la hora de seleccionar la máquina.

¿Qué restricciones habría que tener en cuenta?

- Procurar cultivar los tomates con la menor cantidad de hierba posible, puesto que esta máquina, a diferencia de la anterior, ha mostrado dificultades durante las pruebas de cam-

po a la hora de cosechar en estas condiciones.

- Evitar que se produzcan pérdidas de tiempo innecesarias, puesto que esta máquina tiene un elevado coste horario.

En el caso de máquinas que tuvieran que trabajar menos de 400 horas anuales habría que realizar de nuevo estos cálculos, aunque cabe indicar que para menor tiempo de utilización convienen las máquinas con menores gastos fijos (precio de adquisición menor), mientras que para máquinas que pudieran utilizarse durante más horas por año, lo interesante sería adquirir máquinas con menos costes variables. ■

*Resumen de los proyectos
"Determinación de daños producidos en las cosechadoras de tomate de uso industrial en Navarra" –financiado por el Gobierno de Navarra y la CICYT–.*