

# 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.

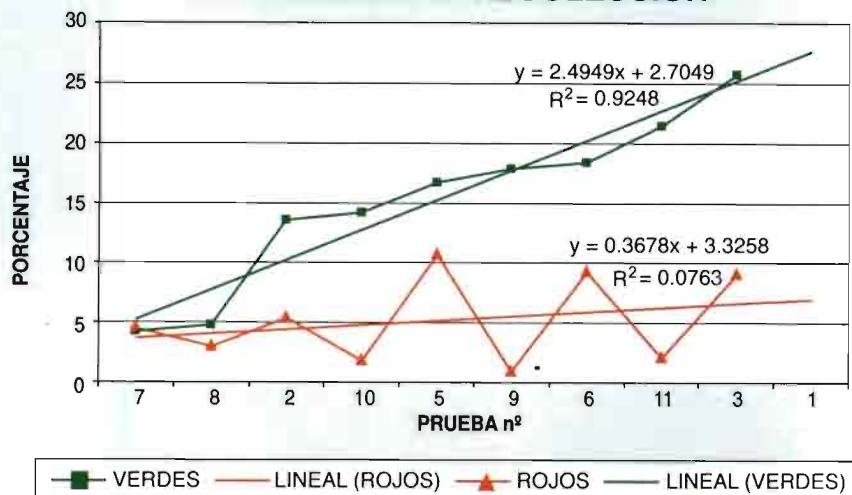
*Muestreo de tomates.* Tanto antes como después de la recolección.

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

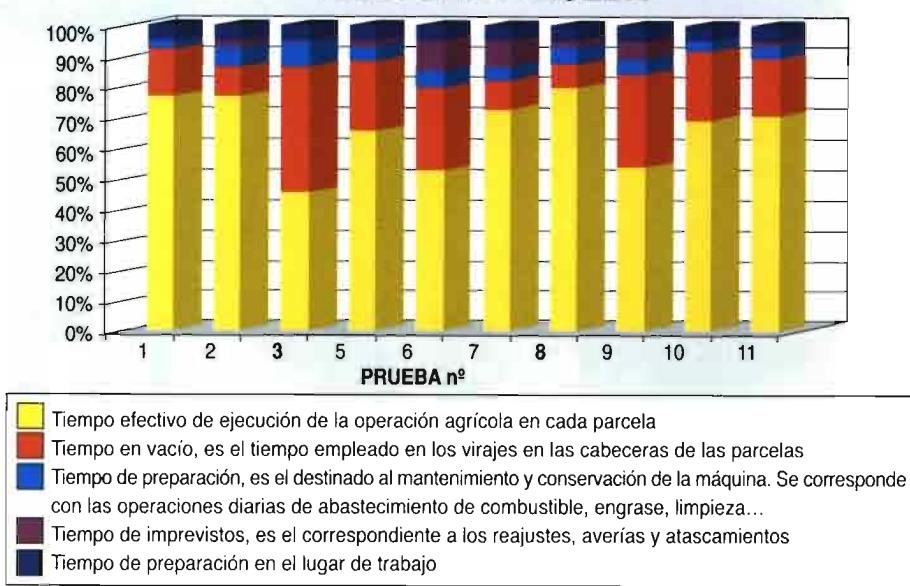
La metodología fue la siguiente: en cada una de las pruebas que se iba a realizar se tomaron los datos generales, de parcela y de cultivo. Conocidos éstos, se marcaba un metro de meseta en una zona representativa de la parcela y se contaba el número de tomates rojos y verdes tanto antes de pasar la máquina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

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

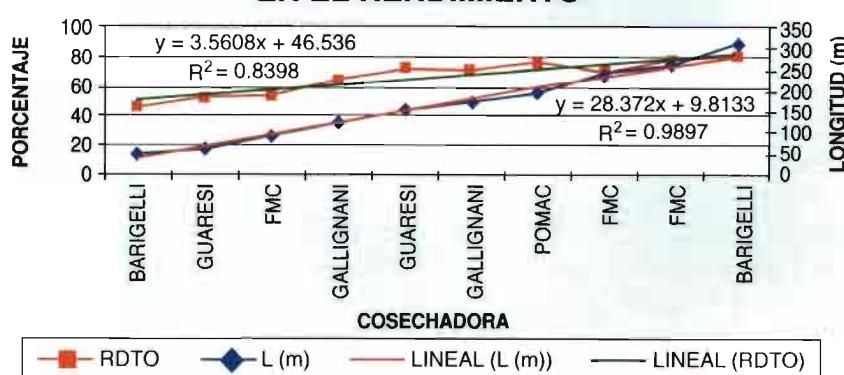
**FIG. 1. INFLUENCIA DEL % DE TOMATES VERDES A LA HORA DE LA RECOLECCIÓN**



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



**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:

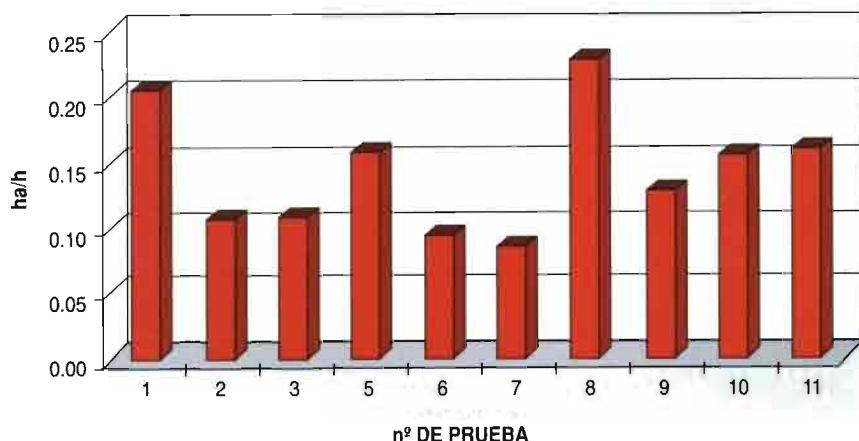
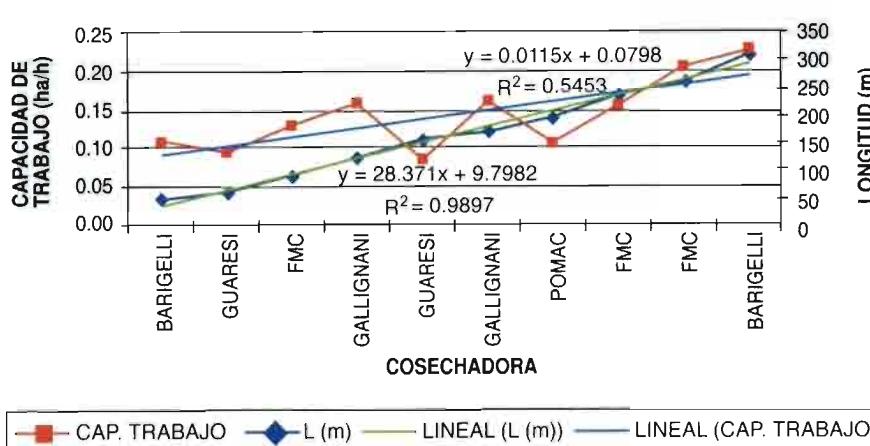
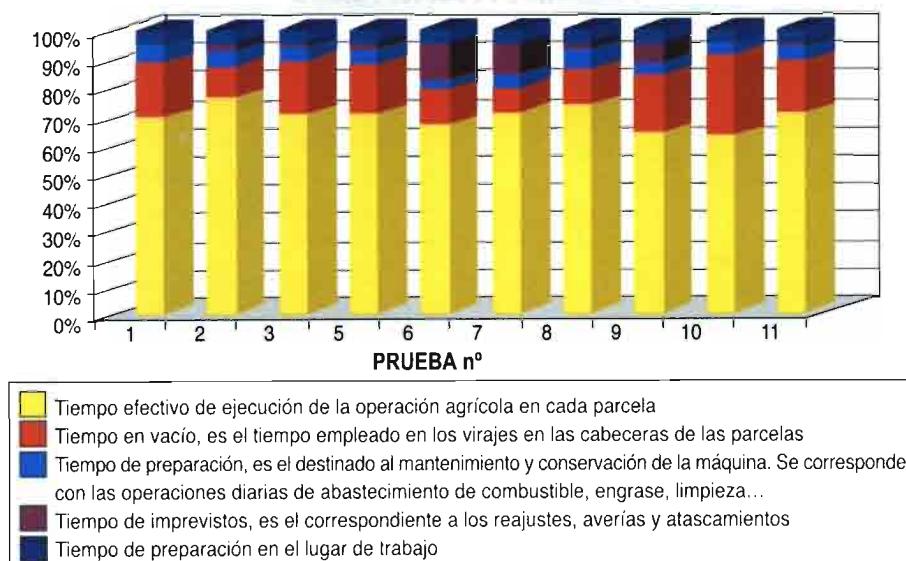
- *Tiempo de preparación*: es el destinado al mantenimiento y conservación de la maquinaria de la explotación.
- *Tiempo de desplazamiento*: es el consumido en los trayectos entre el punto donde se encuentra el tractor y la máquina, y las parcelas donde se vaya a realizar la operación, así como el tiempo 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 perdida 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****FIG. 6. COMPARACIÓN DE LA DIVISIÓN DEL TIEMPO PARA CADA PRUEBA**

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

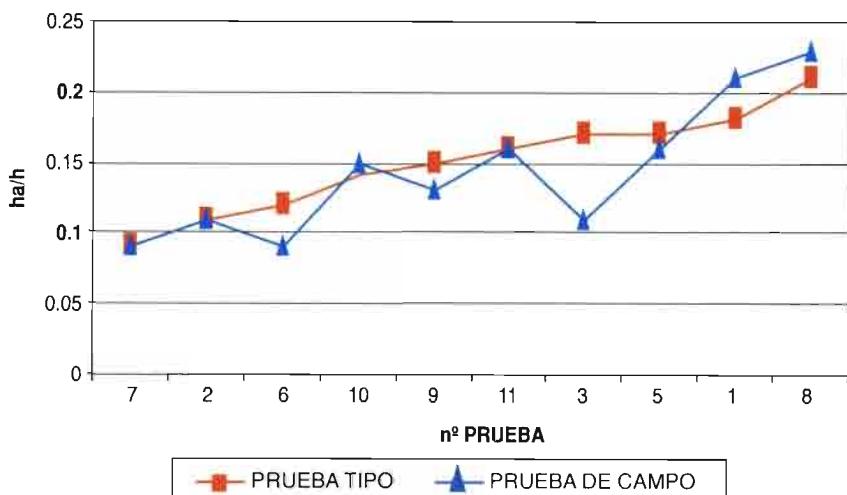
El cálculo del rendimiento total de trabajo de cada prueba realizada se hizo a partir de los tiempos de ejecución y sin tener en cuenta los tiempos accesorios, ya que se considera que no afectan al rendimiento total de trabajo.

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.

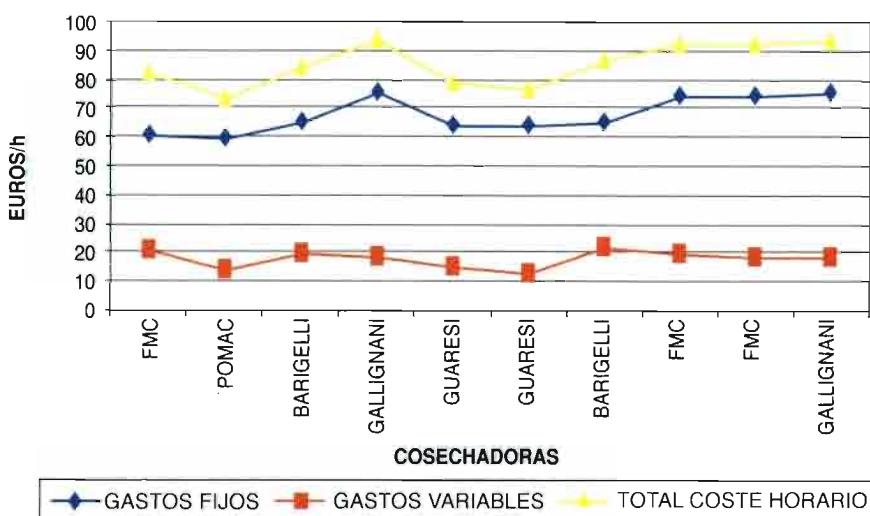
Con estos datos se calculó el rendimiento total de trabajo de cada prueba y se observó que existía una importante diferencia entre en los resultados obtenidos entre unas pruebas y otras, tal y como se puede ver en la Figura 2.

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-

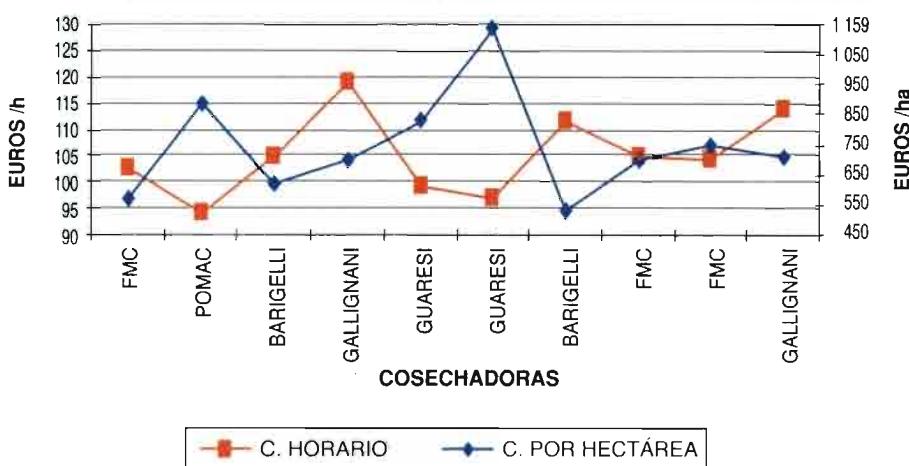
**FIG. 7. CAPACIDAD DE TRABAJO DE CADA MÁQUINA**



**FIG. 8. COSTE HORARIO DE LAS MÁQUINAS**



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



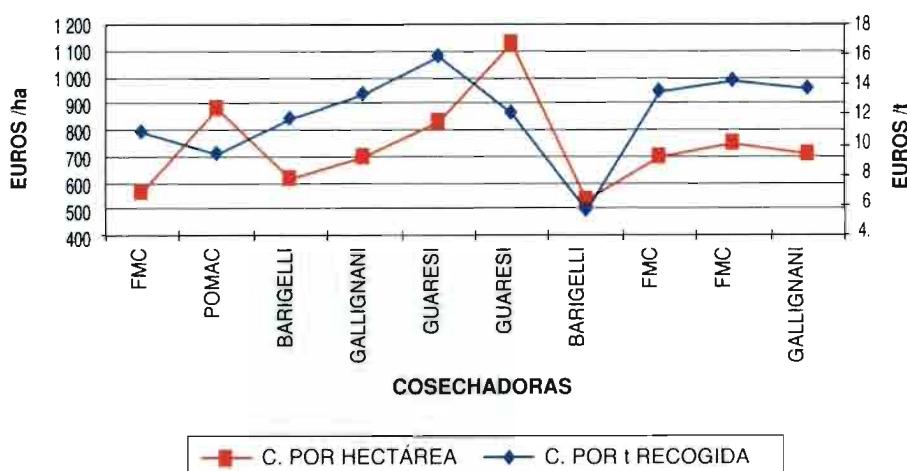
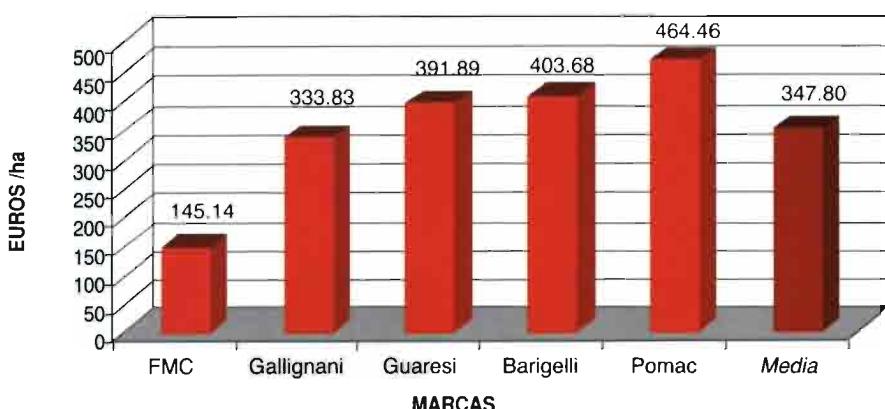
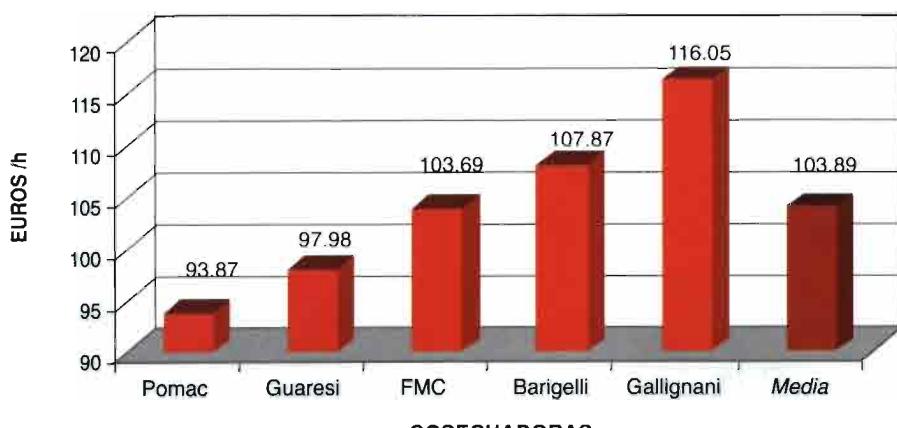
ma marca de cosechadora (Barigelli). Se trató de buscar una explicación a estas importantes diferencias y se vio que la prueba nº 3 había sido realizada en la parcela de menor longitud, mientras que la prueba nº 8 lo había sido en la de mayor longitud.

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.

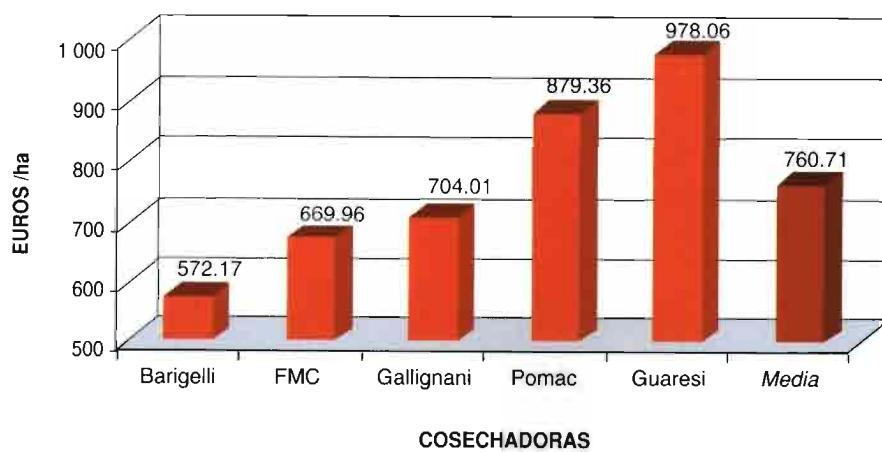
**TABLA 1  
LONGITUD DE LAS PARCELAS ENSAYADAS**

| 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           |

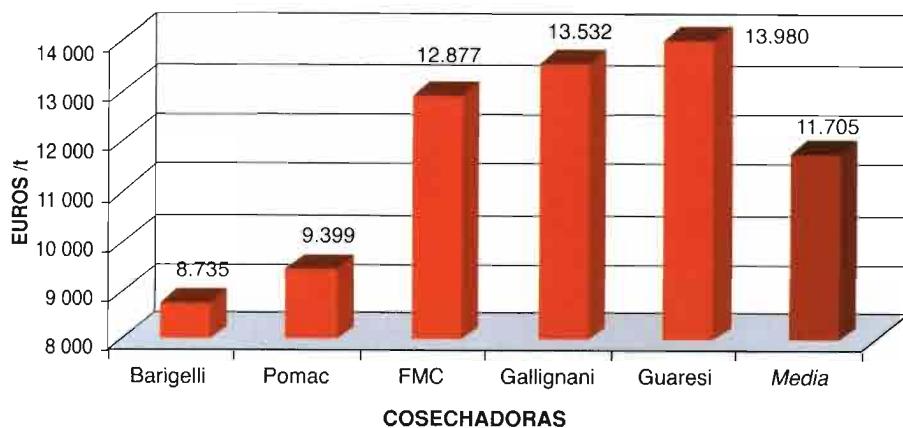
Sabiendo que existían una serie de factores de campo que estaban afectando a los tiempos de los que se disponía, se pretendió eliminar toda la variabilidad aportada por dichos factores. Debido a la dificultad de igualar todos los factores y con el fin de poder calcular el rendimiento total de trabajo 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**



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**



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.

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          |
| Gallignani  | 333.83                        | ab            | 116.05 d           | 704.01 abc         |
| Guaresi     | 391.89                        | ab            | 97.99 ab           | 879.36 bc          |
| Barigelli   | 403.68                        | ab            | 107.88 c           | 572.17 a           |
| Pomac       | 464.46                        | b             | 93.87 a            | 879.36 bc          |

## ■ 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 pudo 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. Producíendose, 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.

La 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 extraímos 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 utilice 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–.*

**Maquinaria Agrícola**

**Pedro Cabeza, S.L.**

Venta del Olivar, s/n  
(Camino viejo de Monzalbarba). Paralelo  
a Autovía de Logroño, km 8,7 50011  
ZARAGOZA

TEL.: 976 79 23 79 • FAX: 976 79 23 89  
maquinariaagricola@pedrocabeza.com