



TEMA 7.- ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES

TEMA 7.- ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES

1.- INTRODUCCIÓN.

A la hora de considerar la mecanización de un cultivo frutal, como es el caso del olivo, es preciso considerar una serie de aspectos que permitan tener en cuenta los efectos que en los gastos e ingresos origina la mecanización en comparación con los sistemas manuales tradicionales.

En general se puede afirmar que la mecanización permite una producción con costes que pueden aportar beneficio al consumidor y al productor.

Cuando se mecaniza la recolección deben tenerse en cuenta las necesidades de los consumidores y de las empresas del sector, ya que los frutos recolectados mecanizadamente presenta particularidades específicas que les pueden hacer estar poco adaptados al mercado.

Además es importante tener en cuenta el impacto de la mecanización en las explotaciones de tamaño medio.

La experiencia enseña la tendencia al incremento de tamaño de las explotaciones, y que contribuye también al aumento de la superficie total cultivada.

También es preciso tener en cuenta al mecanizar el impacto sobre el empleo de las personas en la recolección manual, ya que pueden generar grandes trastornos para las personas que de forma tradicional han venido trabajando en ese cultivo, siendo preciso ofrecer modelos económicos de desarrollo que ofrezcan otras oportunidades de empleo y eviten esta desafortunada situación, que en ocasiones ha creado graves conflictos de tipo social, aunque es preciso señalar que la mecanización beneficia al conjunto de los consumidores y a la economía en general.

El trabajo en el olivar se caracteriza por la estacionalidad del empleo, lo que hace que la disponibilidad de mano de obra para realizar los trabajos,

obligue a considerar la mecanización como una forma de eliminar los problemas.

Una cuestión que también debe ser tenida en cuenta es el impacto de la mecanización sobre cultivadores, procesadores y empresas de alimentación.

Por último indicar que la mecanización exige la propiedad o utilización de máquinas y equipos necesarios que para su eficaz utilización exige un mínimo de formación técnica.

Todos estos factores económicos y sociales deben ser tenidos en cuenta cuando se trata de aplicar la recolección mecanizada a un cultivo.

Los objetivos más importantes de la recolección mecanizada son poder ofrecer el producto a los consumidores con calidad comparable y a menor precio que los recolectados a mano.

Cuando la recolección mecanizada origine disminución de la calidad del producto y precios idénticos o mayores que los de la recolección manual, es, normalmente, más apropiado utilizar sistemas de recolección manual, siendo aconsejable la mecanización sólo en aquellos casos en los que la escasez de mano de obra pueda provocar pérdidas en la cosecha.

Si la mecanización origina una peor calidad pero mejores precios, los consumidores se encontrarán en la disyuntiva de pagar la calidad a más alto precio, siendo por ello necesario prever con antelación la reacción del consumidor mediante pruebas de mercado.

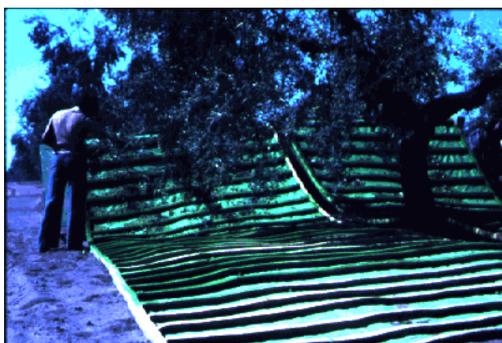


Figura 7.1.- Prototipo de remolque de recepción de aceituna para mesa.

Es más fácil conseguir con la mecanización igualar la calidad en los productos transformados que en los frescos, y es esta una de las razones por la que la recolección mecanizada está menos extendida para los productos comercializados en fresco.

En el caso de la aceituna de mesa aderezada en verde al estilo sevillano hay máquinas que con un ritmo de separación que alcanza hasta los cinco Kilogramos de aceituna por minuto, mediante sistemas de visión artificial permiten la separación de los frutos dañados de aquellos otros sin daños, lo que significa una posibilidad a la hora de recoger mecánicamente esta fruta.

2.- ASPECTOS QUE ACOMPAÑAN A LA MECANIZACIÓN

Son fundamentalmente criterios económicos los que mueven al agricultor a adoptar la mecanización de sus cultivos.

Los beneficios netos del agricultor están afectados por los costes de producción y por los precios de los productos.

Como los rendimientos por hectárea pueden verse afectados por la mecanización es necesario evaluar las variaciones originadas por la adopción de la mecanización.

Como es de suponer la estimación de las condiciones económicas impuestas por la mecanización son difíciles de analizar, por ello es necesario buscar informaciones económicas sobre costes e ingresos que puedan servir como indicadores.

El análisis de ingresos y costes debidos a la mecanización es complejo y va además acompañado de que a veces es necesario cambiar las características de cultivo lo que exige cambios en la explotación que resultan difíciles de aplicar acostumbrados a las técnicas tradicionales.

Las técnicas de cultivo impuestas por la mecanización hacen aparecer diferencias notables en las producciones lo cual puede tener gran importancia a la hora de tomar decisiones.

En olivar la recolección mecanizada requiere la plantación del cultivo con un sistema de plantación diferente, con formación diferente, con utilización de variedades diferentes ya que los mayores beneficios de la recolección mecanizada se dan sólo en plantaciones diseñadas y cultivadas específicamente.

Además es preciso conocer el tiempo necesario hasta alcanzar la plena producción y los costes de cultivo de la nueva plantación.

Los créditos y ayudas para la adquisición de maquinaria pueden ser un incentivo para tomar la decisión de mecanizar, ya que con ellos reducen los costes de inversión en maquinaria.

Debido a la alta inversión necesaria para mecanizar se originan altos costes fijos.

Esto justifica el hecho de que los agricultores que utilizan la maquinaria agrícola tienen un fuerte incentivo para tener grandes explotaciones.



Figura 7.2.- Prototipo de macrocosechadora de uva

Los agricultores mecanizados tienden a especializarse en aquellos cultivos que pueden ser recolectados mecanizadamente y ocurre que cuando una sola máquina puede recolectar más de un cultivo, los productores tenderán a combinar esos cultivos en sus explotaciones, en cambio, cuando un sistema de recolección mecanizada sólo puede utilizarse para un sólo cultivo, los productores se especializan en ese cultivo.

Como la recolección mecanizada permite reducir costes de cultivo se produce un incremento en la demanda, seguido por un incremento en las plantaciones. Al alcanzar éstas la plena producción, la cantidad de producto ofertado crecerá, con lo que los consumidores se beneficiarán.

Un aspecto inevitablemente unido a la mecanización agrícola es el relativo a la mano de obra y sus relaciones con la empresa agraria.

La mano de obra rural está constituida una parte por la familia del productor, y otra por trabajadores temporeros o bien que se desplazan a la zona durante la recolección y una vez concluida vuelven a sus lugares de origen, o bien trabajadores que viven en la misma zona donde trabajan y que por tanto tienen limitado su trabajo de recolección a los cultivos que se producen.

Parte del desempleo tiene su origen en el incremento del uso de tecnología que ahorra mano de obra, pero curiosamente los empresarios no disponen siempre de la suficiente mano de obra, se puede decir que el proceso de oferta/demanda de empleo no está bien coordinado.

Aunque la mecanización agraria elimina muchos puestos de trabajo no cualificados es importante destacar que crea otros nuevos de mayor cualificación con salarios más altos, además, la mecanización da lugar a alimentos más baratos, prueba de ello es que en los países desarrollados tecnológicamente la alimentación es relativamente barata, permitiendo el consumo de alimentos de mayor calidad por un porcentaje reducido de los sueldos.

La cuestión que se plantea es si los bajos precios de los alimentos son causa de determinados costes sociales como el paro y los problemas que ocasiona.



Figura 7.3.- Detalle de recolección mecanizada integral de ciruela.

La solución a estos problemas sociales debe ser atendida por el conjunto de la sociedad, que se ha beneficiado.

Pero esta solución no puede limitarse a cubrir las necesidades primarias de la mano de obra desplazada, hay que contemplar el reciclado de estos grupos sociales, los cuales deben ser reciclados convenciéndoles que serán capaces de adaptarse a un nuevo trabajo que puede ser muy diferente del trabajo que han venido desarrollando.

Esto puede dar lugar a problemas de adaptación.

Es curioso observar que en países avanzados, la mano de obra agrícola estacional es obtenida de artesanos, estudiantes y recolectores a tiempo parcial que tienen un trabajo no agrícola. Estas personas, con este empleo temporero suplementan sus ingresos.

Las dificultades para los obreros que se dedican a la agricultura manual van ineludiblemente unidas a su falta de formación y poca posibilidad para ejercer otros empleos.

Si se ofrecen suficientes oportunidades de empleo en trabajos no relacionados con la agricultura la adaptación puede resultar menos difíciles. En todo caso debe ser el gobierno a través de programas especiales de educación y formación, servicios de colocación, subsidios, etc, quien evite o al menos reduzca los dramas sociales.

3.- UMBRALES DE RENTABILIDAD

La comparación de costes entre la agricultura manual y la mecanizada implica un análisis detallado de costes que debe evaluar cuidadosamente tantos aspectos que lo hace complejo.



Figura 7.4.- Aceitunas con monedas

La formulación de una metodología para cálculo de los costes que supone la mecanización dentro del proceso de producción agrario no surge de manera espontánea, sino que es la consecuencia lógica de la propia evolución de los sistemas productivos agrarios.

Al principio del siglo XX acontecimientos como la II Guerra Mundial o la Guerra Civil, propician que el agricultor tenga que cultivar a cualquier coste, ya que existe una necesidad de autoabastecimiento en lo que a alimentación se refiere. La introducción de la mecanización a partir de la mitad de siglo supone una solución efectiva para lograr un aumento de producción y una disminución de costes de manera simultánea. Es esta aplicación de medios mecánicos la que propicia la necesidad de conocer el coste real que supone el uso de los nuevos sistemas.

La incorporación de España al Mercado Común Europeo implica un cambio radical de las políticas agrarias. El planteamiento no es el de producir en masa sino de manera rentable. La necesidad de ajustar los

costes de producción es el paso inevitable para la obtención de una mayor rentabilidad, ya que el problema del abastecimiento desaparece.

Es un hecho comprobado que la rentabilidad de la actividad agraria está reduciéndose de manera alarmante. En la actualidad España cuenta con un índice de mecanización excesivo, lo que repercute de manera negativa en el coste final de producción. Para la eliminación de esta carga hay que recurrir a criterios de evaluación económica que permitan optimizar la utilización de maquinaria, así como determinar el dimensionado óptimo de los recursos que intervienen durante el proceso productivo.

4.-CÁLCULO DE LOS COSTES DE UTILIZACIÓN

A la hora de efectuar un estudio de lo que va a suponer el coste de aplicación de una máquina, en realidad lo que se establece es una aproximación. Ésta es función del uso que va a tener dicho elemento estimado a priori. El conocimiento real de lo que cuesta su utilización sólo se puede obtener de manera exacta una vez concluida la vida útil.

Pero esta incertidumbre no impide que se pueda realizar una aproximación suficiente que permita la elección de los equipos a utilizar. El estudio estadístico del comportamiento de los distintos equipos revela que se puede realizar una previsión bastante fiable. El grado de exactitud va a depender en mayor medida de las hipótesis de trabajo que se realicen de dicha máquina, que de los distintos acontecimientos que ocurran dentro de la vida del elemento.

El primer paso para la formulación de un sistema de cálculo es el definir qué se va a contabilizar como costes. Se tiende a considerar que es todo lo que supone un desembolso económico, como puede ser el coste de combustible, lubricante, reparaciones, seguros, etc... Si bien es cierto que todo gasto en el proceso de producción es un coste, no se deben desestimar ciertos conceptos que no suponen un desembolso real, pero que si son una disminución del capital invertido. Éste es el caso de la pérdida de valor de

la maquinaria con el paso de los años, fundamentalmente debido a su desgaste y al envejecimiento tecnológico.

Existen también unos costes, denominados de oportunidad, que consideran la carga económica que supone el tener un capital inmovilizado como inversión en maquinaria, que podría estar produciendo una rentabilidad de haberse invertido en otro sitio (acciones, tesoro público, etc...).

El segundo paso es realizar una clasificación de los costes. Una primera agrupación es la siguiente:

- *Costes fijos*: son todos aquellos que no dependen de la utilización que se realice de la maquinaria, sino que son provocados por el hecho de poseer y tener en disposición de trabajar los distintos útiles, como puede ser el coste del seguro o el coste de alojamiento.
- *Costes variables*: son los que dependen del volumen de producción, como el coste de combustible, lubricante, etc...

El coste total sería la suma de ambos:

$$C_t = C_f + C_v \times X$$

Donde:

- C_t : Coste total de utilización.
- C_f : Costes fijos.
- C_v : Costes variables.
- X : Volumen de producción.

Se observa del estudio de esta función que el coste de utilización de la maquinaria será mayor cuanto mayor sea su utilización (volumen de producción).

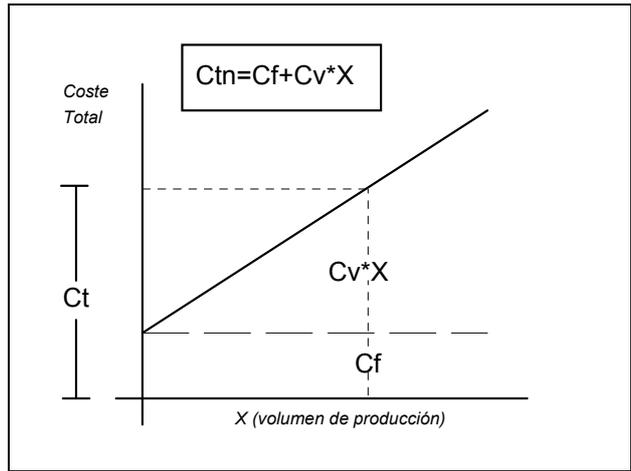


Figura 7.5.- Variación del coste total de la maquinaria en función del volumen de producción

Pero a la hora de analizar los costes es más interesante conocer la repercusión que tienen sobre cada unidad producida que el volumen total de estos. Esto es lo que se denomina coste total unitario. Para ello se divide por el volumen de producción (X):

$$C_{tn} = \frac{C_t}{X} = \frac{C_f}{X} + C_v$$

La representación de esta función queda de la siguiente manera:

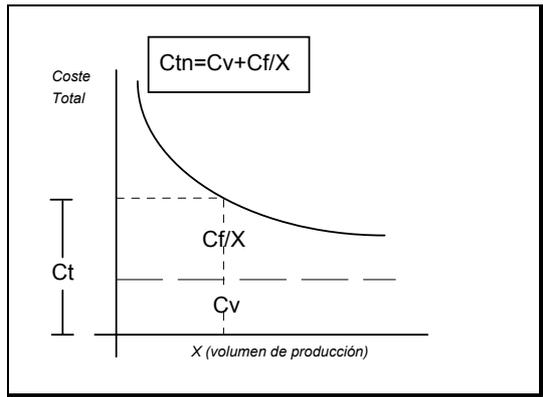


Figura 7.6.- Variación del coste total en función del volumen de producción.

El coste total unitario disminuye con el aumento del volumen de producción. Por tanto a mayor utilización de la maquinaria menor será el coste por unidad producida.

Existen varios sistemas de cálculo. Durante muchos años el más utilizado ha sido el que formuló la F.A.O., que tenía como característica fundamental su sencillez de cálculo, por considerar una función de amortización de tipo lineal. Este sistema, pese a su simplicidad presenta importantes inconvenientes:

- 1.- No considera la pérdida de valor de la maquinaria como consecuencia del paso del tiempo (obsolescencia).
- 2.- No tiene en cuenta la inflación.
- 3.- No sirve para determinar el momento óptimo del reemplazo.

Por todo lo anteriormente expuesto ha sido sustituido por el sistema formulado por ASAE¹. Como punto de partida se realiza una clasificación de la maquinaria en grupos para simplificar el cálculo de los costes.

Maquinaria	Grupo de valor residual (GR)	Grupo de reparación y Mantenimiento (GRM)	Vida útil (horas)	Vida útil (años)
ELEMENTOS DE TRACCIÓN Y TRANSPORTE				
Motores estacionarios	1	2	12.000	10
Camión	4	3	2.500	-
Furgoneta	4	3	2.000	-
Vehículo todoterreno	4	4	2.000	10
Remolque agrícola	4	5	5.000	15
Tractor 2 ruedas motrices	1	2	12.000	10
Tractor 4 ruedas motrices	1	1	12.000	12
Tractor de cadenas	1	1	12.000	12
ELEMENTOS DE LABOREO				
Acaballadora	4	7	2.500	12
Subsolador	4	7	2.500	12
Arado de vertedera	4	7	2.500	12
Arado de discos	4	7	2.500	12
Chisel	4	7	2.500	10
Cultivador	4	7	2.500	12
Rotocultivador	4	7	2.500	7
Cultivador rotativo accionado	4	7	2.500	7
Cavadora	4	7	2.500	7
Grada de discos	4	7	2.500	12
Grada de púas rígidas	4	7	2.500	15
Grada de púas flexibles	4	7	2.500	15
Binadora	4	7	2.500	12
Cilindro o rulo	4	7	2.500	15
ELEMENTOS DE SIEMBRA Y PLANTACIÓN				

¹Sociedad Americana de Ingeniería Agrícola.

Maquinaria	Grupo de valor residual (GR)	Grupo de reparación y Mantenimiento (GRM)	Vida útil (horas)	Vida útil (años)
Sembradoras a voleo	4	5	1.200	15
Sembradoras a chorrillo	4	5	1.200	20
Sembradora de precisión	4	5	1.200	12
Plantadoras de patata	4	7	2.500	15
ELEMENTOS DE ABONADO Y TRATAMIENTOS				
Distribuidor de estiércol	4	3	2.500	10
Distribuidor de abono sólido	4	6	1.200	10
Distribuidor de abono líquido	4	6	1.200	10
Pulverizadores	4	5	1.200	10
ELEMENTOS DE RECOLECCIÓN				
Barra de corte	3	7	2.000	10
Segadora rotativa	3	7	2.000	10
Segadora acondicionadora	3	7	2.500	10
Acondicionadora	3	7	2.500	10
Rastrillo hilerador	4	5	2.500	15
Empacadora	3	4	2.500	10
Picadora cargadora	3	4	2.000	10
Cosech. cereal arrastrada	2	5	2.000	10
Cosech. cereal autopropulsada	2	3	2.000	10
Descoronadora de remolacha	3	4	2.500	10
ELEMENTOS DE RECOLECCIÓN				
Cosechadora de remolacha	2	3	2.500	10
Cosechadora de patatas	2	3	2.500	10
Arrancadora deshojadora de maíz	2	4	2.000	10
Cosechadora de algodón	2	3	2.000	10
Arrancadora hileradora de patatas	4	4	2.500	12
Arrancadora hileradora de remolacha	4	4	2.500	12
OTROS ELEMENTOS				
Picadora de maíz para ensilado	4	4	2.500	10
Picadora de hierba para ensilado	4	4	2.500	10
Picadora de heno para ensilado	4	4	2.500	10
Sopladora para ensilado	3	4	2.000	10

Tabla 7.1.- Clasificación ASAE de maquinaria.

A continuación se van a exponer brevemente cada uno de los costes de la maquinaria

La amortización se puede definir como la valoración económica de la depreciación que sufre la maquinaria como consecuencia del envejecimiento, el uso y la obsolescencia que se produce por la aparición de nuevos avances tecnológicos en el mercado.

Puede ser considerado como un coste fijo o variable según la utilización que se haga de la máquina. Cuando se realiza un gran uso del

elemento la mayor parte de la depreciación que se produce es por el desgaste de las piezas, en cuyo caso el coste es variable al depender del número de horas trabajadas. Sin embargo en máquinas que tienen poca utilización la depreciación depende en mayor medida del envejecimiento y la obsolescencia tecnológica que del propio desgaste, en cuyo caso se define como un coste fijo.

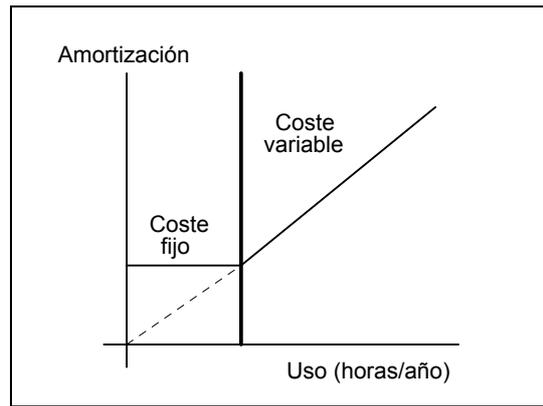


Figura 7.7.- Variación de la amortización en función del uso que se realiza de la maquinaria.

Para poder estimar si se considera como fijo o variable, basta con conocer la vida útil de la máquina en horas y en años (tabla 1). Conocidos estos datos y en función de la hipótesis de trabajo que se realice, se puede saber si una máquina acabará su vida por las horas trabajadas o por el número de años transcurridos, y en consecuencia si el coste es variable o fijo respectivamente.

El valor que tiene la máquina al cabo de su vida útil es lo que se denomina valor residual o de deshecho.

Para el caso de que la amortización tenga el comportamiento de coste variable, el valor de la misma se ajusta a una curva exponencial:

$$\boxed{V_d/V_a = k \times c^N}$$

Donde:

V_d : Valor de deshecho en el momento actual.

V_a : Valor de adquisición de la máquina.

k y c: Constantes función del grupo de valor residual (tabla 2).

N: Número de años transcurridos desde la adquisición.

La amortización será en cada año la diferencia entre el valor de deshecho de un año y el del anterior.

Grupo de valor residual (GR)	Expresión del valor residual V_d/V_a
1	$0.68 \cdot 0.920^N$
2	$0.64 \cdot 0.885^N$
3	$0.56 \cdot 0.885^N$
4	$0.60 \cdot 0.885^N$

Tabla 7.2.- Valores para el cálculo del valor residual.

En el caso de que el coste se considere como fijo el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$A = \frac{V_a - V_d}{N}$$

Donde:

V_d : Valor de deshecho en el momento actual.

V_a : Valor de adquisición de la máquina.

N: Número de años de vida útil.

Son los originados por las operaciones de mantenimiento necesarias para poder tener la máquina en las mejores condiciones de funcionamiento y de trabajo. Es un coste que incluye un número de gastos muy variables. Dado el carácter aleatorio de las averías, para la determinación de una fórmula válida se debe realizar un seguimiento exhaustivo del comportamiento de las máquinas. ASAE propone el siguiente modelo:

$$CRM = a \cdot x^b$$

Donde:

CRM: Coste de reparaciones y mantenimiento (expresado en porcentaje sobre el valor de adquisición de la máquina).

a y b: coeficientes función del grupo de reparación y mantenimiento (tabla 3)

x: Función del uso de maquinaria.

$$\text{Tractores} \quad x = \frac{\text{horas acumuladas de uso}}{1.000}$$

$$\text{Otras máquinas} \quad x = \frac{\text{horas acumuladas de uso}}{\text{horas de vida útil}} \times 100$$

Grupo de reparaciones y mantenimiento (GRM)	Expresión del coste acumulado (% del valor de adquisición)
1	$2,400 \cdot x^{1.5}$
2	$2,900 \cdot x^{1.4}$
3	$0,096 \cdot x^{1.4}$
4	$0,127 \cdot x^{1.4}$
5	$0,159 \cdot x^{1.4}$
6	$0,191 \cdot x^{1.4}$
7	$0,301 \cdot x$

Tabla 7.3.- Valores para el cálculo del coste de reparaciones y mantenimiento.

Este coste, también conocido como *coste de oportunidad*, es en realidad la consecuencia de no estar obteniendo beneficio de un dinero que está invertido en la máquina. En efecto, el hecho de adquirir un equipo supone bloquear un capital que podría producir rentabilidad en acciones, deuda pública, cuentas de interés, etc...

Al estar amortizando anualmente la máquina, este coste disminuye con el paso del tiempo, ya que la cantidad de capital inmovilizado es cada vez menor, por la pérdida de valor de la máquina. Una estimación es la siguiente:

$$\mathbf{I = \frac{V_a - V_d}{2} \cdot i}$$

Donde:

Va: Valor de adquisición.

Vd: Valor de deshecho.

i: Interés. Se puede estimar como el interés que se obtendría en una inversión con un riesgo similar o bien el interés medio del crédito bancario.

Es un coste muy variable. Depende de factores como el tipo de máquina, climatología del lugar, disponibilidad de alojamiento, tipo de local en el que se aloja, etc...

Deriva de la amortización y el interés del capital invertido en el elemento que se va a utilizar como alojamiento. Una construcción ligera dedicada a albergue, con una vida media estimada de 20 años, puede generar un coste estimado que oscile entre el 0,5 y el 1% del valor de adquisición de la máquina.

Todos los vehículos autopropulsados están obligados a tener un seguro obligatorio que cubra unos riesgos mínimos: daños propios o daños a terceros, incendios, reparaciones, robos, responsabilidad civil, etc...El coste puede ser determinado fácilmente sin más que conocer las tarifas de las compañías de seguros.

Además anualmente se tiene que satisfacer otras cantidades debidas a impuestos por la posesión y circulación de la máquina, que también son fácilmente determinables.

Como simplificación para el cálculo, se estima que estos costes pueden suponer entre un 1 y un 3% del valor de adquisición de la máquina, aunque se pierda un poco de precisión en el análisis.

Es un coste variable dentro de las distintas máquinas autopropulsadas. Su cálculo se basa en los ensayos realizados para la homologación. Se puede estimar desde el punto de vista del consumo específico, consumo horario o eficiencia de combustible.

ASAE define el coste de combustible desde el punto de vista de la eficiencia, que expresa el trabajo producido por unidad de volumen de combustible a diferentes cargas de motor. Se proponen tres fórmulas para

diferentes tipos de combustible: gasolina, gasóleo y gas licuado de petróleo (GLP):

$$\text{-Gasolina: } Gg = 2,74 \cdot (CM + 3,15 - 0.2\sqrt{679 \times CM})l \cdot kw / h$$

$$\text{-Gasóleo: } Gd = 2,64 \cdot (CM + 3,91 - 0.2\sqrt{738 \times CM + 173})l \cdot kw / h$$

$$\text{-GLP: } Ggl = 2,69 \cdot (CM + 3,14 - 0.2\sqrt{646 \times CM})l \cdot kw / h$$

En donde:

$$CM = \frac{\text{Potencia equivalente consumida a la toma de fuerza}}{\text{Potencia total en al toma de fuerza}}$$

Los coeficientes de carga media del motor son los que se indican a continuación:

Equipo	CM
Tractor de dos ruedas motrices	35%
Tractor de cuatro ruedas motrices	40%
Cosechadoras de cereales, maíz y tubérculos	75%
Recogedoras, picadoras y cargadoras	80%

Tabla 7.4.- Coeficientes de carga media del motor para la maquinaria autopropulsada.

En el consumo de lubricante se incluye únicamente el del motor, ya que el de otras partes está incluido en el mantenimiento de la máquina. Representa una partida poco importante en el balance total de la máquina. Se deben considerar tanto los cambios de aceite como las adiciones periódicas que hay que realizar entre cambios. Su deducción se efectúa por métodos estadísticos y se calcula por hora de funcionamiento en base a la potencia:

$$\text{-Gasolina: } Lg = 0.00056 \cdot Nm + 0.02487(l / h)$$

$$\text{-Gasóleo: } Ld = 0.00059 \cdot Nm + 0.02169(l / h)$$

$$\text{-GLP: } Lgl = 0.00041 \cdot Nm + 0.02(l / h)$$

Donde:

Nm: Potencia nominal del motor en kW.

Es la contabilización de la mano de obra necesaria para realizar una cierta labor. Son varios los elementos que inciden:

- Tiempo del operario para realizar la labor.
- Tiempo invertido por el operario en la tareas de mantenimiento de la máquina que no precisan de la asistencia del taller.
- Tiempo invertido en la preparación de la máquina (enganche de aperos, cambio del ancho de vía, comprobación de niveles, etc...).
- Tiempo de transporte, etc.

Conociendo todos estos datos de tiempo y el salario del operario (que depende de su categoría laboral) en pesetas/hora, se obtiene el coste de la mano de obra.

Este coste así formulado parece relativamente sencillo de calcular, pero la determinación exacta de los tiempos de trabajo es más complicada de lo que a primera vista puede parecer y merece que se le dedique cierta atención.

5.- TIEMPOS DE TRABAJO EN LA AGRICULTURA

El estudio de tiempos en la agricultura tiene multitud de aplicaciones. Las más importantes son:

- Estimar la necesidad de mano de obra.
- Decidir el tamaño y potencia de los equipos en función de la capacidad de trabajo de los mismos y del tamaño de la explotación.
- Decidir el número de elementos que debe tener el parque de maquinaria para poder realizar todas las labores que exige la explotación.

El análisis tiene un cierto grado de complejidad dado el carácter incierto y aleatorio del sistema de producción agrícola, que está influido por una serie de factores (climatología, suelo, precios de mercado e incluso

las propias políticas agrarias) que condicionan en gran medida lo que se va a producir en cada momento, el instante en que se deben realizar cada una de las labores del cultivo y el volumen de producción que se va a obtener. Además el trabajo agrario cuenta con una serie de subidas y bajadas de actividad, lo que provoca en ciertas ocasiones el trabajo de los equipos a pleno rendimiento y en otros casos el mantenerlos sin trabajo.

A continuación definen una serie de conceptos que van a tener incidencia a la hora de elegir los equipos de trabajo.

En agricultura hay que distinguir entre tiempo de trabajo empleado y tiempo de trabajo disponible, es decir, el número de horas necesarias para efectuar las labores y el número de horas que realmente están disponibles para trabajar.

Se define como coeficiente de eficiencia de trabajo al cociente entre estos dos conceptos:

$$C = \frac{\text{horas de trabajo necesarias}}{\text{horas de trabajo disponibles}}$$

- Si $C > 1$ es obligatorio el uso de mano de obra eventual.
- Si $C \leq 1$ la utilización de mano de obra eventual dependerá de los picos de trabajo.

El tiempo total de trabajo (TTT) es el tiempo total invertido en realizar una operación. Se obtiene de la suma de tres componentes:

- 1.- Tiempo de preparación (TP): es el tiempo destinado a la preparación de la máquina previo a la realización del trabajo. Ésta puede tener lugar en las dependencias de alojamiento de la máquina (TPD) o en el lugar de trabajo (TPL). En este apartado se contemplan los tiempos invertidos en operaciones tales como el repostado de combustible, comprobación de niveles, enganche y desenganche de aperos, cambio del ancho de vía, reglajes de aperos, etc...

- 2.- Tiempo de desplazamiento (TD): es el tiempo invertido en el trayecto desde el lugar de alojamiento al lugar donde se va a realizar el trabajo y el retorno al alojamiento.
- 3.- Tiempo efectivo (TE): o de ejecución de la operación. En estos tiempos se incluyen los denominados tiempos accesorios (TA) provocados por imprevistos (averías y desajustes) y por los intervalos de tiempo en vacío. También se incluyen las labores preparatorias a realizar durante el trabajo (distintas de las que se incluyen en el tiempo de preparación) tales como las recargas de abonos, semillas, productos fitosanitarios, etc...

La efectividad del trabajo se expresa mediante el rendimiento total de trabajo o coeficiente de tiempo efectivo (###).

$$\rho = \frac{TE}{TTT}$$

La valoración de tiempos permite el conocimiento del tiempo necesario para efectuar las labores. Éste es el que debe ser comparado con el tiempo del que realmente se dispone para trabajar.

Normalmente la disponibilidad de tiempos se debe referir a un periodo, generalmente un mes. Es evidente que los 30 días no están disponibles para la realización de trabajo. Existen factores climatológicos, principalmente las precipitaciones, que condicionan el número de días hábiles. Se considera que entre un 15 y un 30% del tiempo no es disponible, en función de la precipitación de la zona.

Es muy importante realizar este análisis con la mayor precisión posible, ya que de él va a depender la dimensión del equipo a utilizar. Se deben evitar en lo posible los tiempos muertos y las demoras que suponen un coste añadido para el agricultor.

Se entiende por capacidad de trabajo la cantidad de tarea que se puede efectuar con un determinado equipo por unidad de tiempo. Las

unidades a utilizar en cada caso dependen del tipo de operación que se esté realizando:

- Para labores como el abonado, la siembra, el laboreo y en general todas las que se refieren a trabajos de la parcela se expresan en cantidad de superficie por unidad tiempo (hectárea/hora).
- Para operaciones de recolección se emplea la cantidad recolectada por unidad de tiempo (kilogramo/hora o tonelada/hora).
- Para operaciones de transporte se emplea la cantidad de producto transportado por unidad de espacio recorrido y por unidad de tiempo (tonelada x kilómetro/hora o kilogramos x kilómetro/hora).

La capacidad de trabajo depende de la potencia del equipo, de la velocidad de trabajo, del ancho de labor que permiten los aperos, de la capacidad de carga de los elementos de transporte, etc... En lo que se refiere a labores de superficie la capacidad de trabajo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\boxed{S(\text{ha} / \text{h}) = a(\text{m}) \times v(\text{km} / \text{h}) / 10}$$

Donde:

S: Superficie trabajada por unidad de tiempo(capacidad de trabajo).

a: Ancho de trabajo del apero.

v: Velocidad a la que se realiza la labor.

Este valor es en todo caso una estimación teórica y no considera el tiempo perdido en la preparación de la máquina, tiempos accesorios, tiempos de transporte y desplazamiento y otros tiempos muertos que ocurren durante el trabajo. Para conocer la capacidad real de trabajo hay que considerar el coeficiente de tiempo efectivo anteriormente definido:

$$\boxed{Se = \rho \times S}$$

El tiempo efectivo de operación es el inverso de la capacidad de trabajo y se expresa en horas/hectárea, horas/tonelada o en horas/tonelada y kilómetro.

6.- SELECCIÓN DE EQUIPOS

Una vez conocidos los tiempos de trabajo, los tiempos disponibles para realizar las labores y la capacidad de trabajo de la maquinaria, se pueden plantear una serie de criterios para la elección de equipos. Para ello se han formulado varios modelos que se basan en la observación de distintos parámetros, tales como la comparación de costes, minimización de costes, maximización de beneficios, modelos de optimización mediante programación lineal, etc... Estos modelos parten de una serie de hipótesis de trabajo y se comparan las distintas opciones de elección de equipos.

Los modelos de programación lineal son los más precisos y a la vez los más complejos, dado que la dificultad de cálculo obliga a la utilización de equipos informáticos. Además estos modelos presentan una gran dificultad para establecer las hipótesis de partida.

Uno de los modelos de comparación más usuales y que presenta una mayor sencillez de cálculo es el de los *Umbrales de rentabilidad y de sustitución*.

El método de los umbrales de rentabilidad parte de la determinación del coste superficial (C_s) para las distintas opciones:

$$C_s = \frac{C_f}{S} + C_v \times t_e$$

Donde:

- C_s : Coste superficial (Pts/ha).
- C_f : Costes fijos (Pts/año).
- C_v : Costes variables (Pts/h).
- S: Superficie trabajada (ha/año).

t_e : Tiempo efectivo (h/ha).

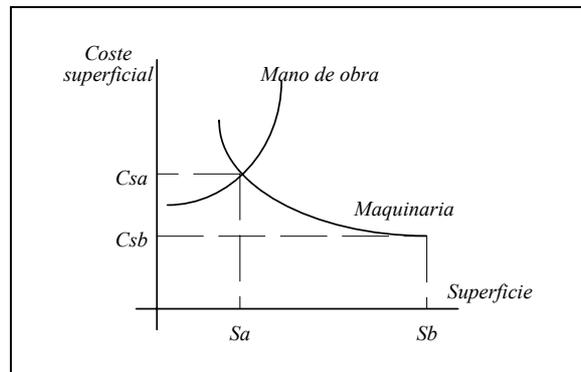


Figura 7.8.- Variación de los costes superficiales en función de la superficie trabajada.

En la figura anterior se representa la variación de los costes superficiales para la opción de utilización de mano de obra y la opción de mecanización. A partir de una cierta superficie (S_a) es menor el coste superficial de la maquinaria que el de la mano de obra. Con superficies superiores a S_a se optará por la opción de mecanizar, por debajo se recurriría al uso de mano de obra. El límite de utilización de la maquinaria (S_b) es la máxima superficie que puede trabajar. Para una superficie superior hay que optar por un equipo de mayor potencia o bien por la utilización de varios equipos.

Es también interesante estimar la posibilidad del alquiler de equipos, ya que en ocasiones es más cara la compra y posesión de la máquina que el realizar el trabajo con equipos ajenos.

En muchas ocasiones se presenta la posibilidad de poder optar entre varios equipos que pueden realizar la misma tarea, y es necesario disponer de herramientas que permitan determinar cual es el óptimo. Para ello se procede a determinar a partir de que umbral de superficie se debe usar una u otra (umbral relativo).

1.- Comparación de equipos de igual tecnología:

$$S_o = \frac{CF_2 - CF_1}{(CV_1 \times t_{e1}) - (CV_2 \times t_{e2})}$$

Donde:

S_0 : Umbral relativo.

CF_1 y CV_1 : Costes fijos y variables del equipo 1.

CF_2 y CV_2 : Costes fijos y variables del equipo 2.

t_{e1} y t_{e2} : Tiempos efectivos de trabajo de los equipos.

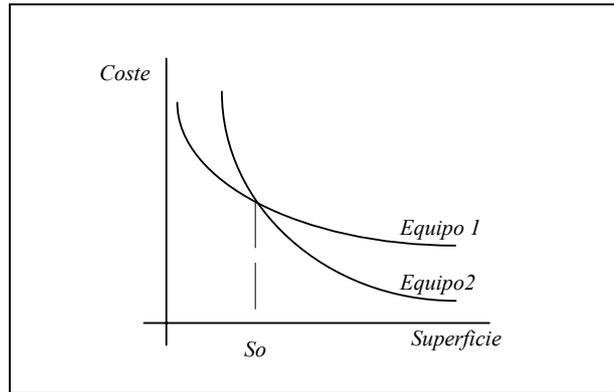


Figura 7.9.- Sustitución de maquinaria en función del umbral relativo.

En la figura anterior se representa gráficamente el significado de S_0 en relación con los costes. Para superficies mayores que S_0 se elegirá el equipo 2 y en caso contrario el 1.

2.- Comparación de equipos de distinta tecnología:

Es un caso muy común. La determinación se realiza de manera similar al caso anterior, pero considerando la cantidad de mano de obra o de otros medios mecánicos necesarios en el caso de la tecnología más obsoleta. Igualmente se deben considerar los beneficios indirectos que aportan cada tipo de tecnología (mejor preparación de suelo, mejor aplicación de abonos, menores daños en los frutos, etc...).

$$S_0 = \frac{CF_2 - CF_1}{(CV_1 \times t_{e1}) - (CV_2 \times t_{e2}) + M_1 + P_1 - P_2}$$

Donde:

S_0 : Umbral relativo.
 CF_1 y CV_1 : Costes fijos y variables del equipo 1.
 CF_2 y CV_2 : Costes fijos y variables del equipo 2.
 t_{e1} y t_{e2} : Tiempos efectivos de trabajo de los equipos.
 M_1 : Coste de la mano de obra.
 P_1 y P_2 : Beneficios indirectos.

Para una misma superficie a trabajar existe generalmente la posibilidad de elegir entre varios equipo dentro de un abanico de potencias. El problema que se plantea es elegir el óptimo para que no se trabaje ni en condiciones forzadas ni con máquinas sobredimensionadas. Para ello se obtiene experimentalmente la siguiente formula:

$$N_m = \sqrt{\frac{(MO + a \times C_{rm}) \times W}{\eta \times C_f \times b}}$$

Donde:

N_m : Potencia óptima
 MO : Coste de la mano de obra.
 a : Coeficiente: Tractores de 4RM=-78,42 y 2RM=57,57
 C_{rm} : Coste de reparaciones y mantenimiento.
 W : Potencia requerida para una operación.
 $###$: Coeficiente de utilización de potencia nominal
 (Potencia requerida/Potencia nominal).
 C_f : Costes fijos en relación al valor de adquisición.
 b : Coeficiente. 4RM=38,08 y 2RM=30,83.

La práctica demuestra que, ante la imposibilidad de elegir un equipo de potencia óptima, es preferible seleccionarlo de potencia superior.

Hasta el momento se ha considerado como dato conocida la vida útil de la maquinaria, partiendo de valores medios que se obtienen experimentalmente. Pero estos datos son de carácter general y no se ajustan al caso particular de cada equipo.

Cada año los costes totales de la maquinaria aumentan en su cuantía, tanto por la pérdida de valor del equipo como por los costes de reparación y

mantenimiento. Para calcular el momento óptimo de la sustitución, se recurre a la curva de costes totales medios anuales:

$$CTm = \frac{CT(x)}{x}$$

Donde:

CTm: Costes totales medios.

CT(x): Coste total en función del volumen de producción.

x: Volumen de producción.

La representación de esta curva (figura 6) presenta un mínimo para un cierto volumen de producción. Es en ese momento cuando se debe proceder a la sustitución del equipo:

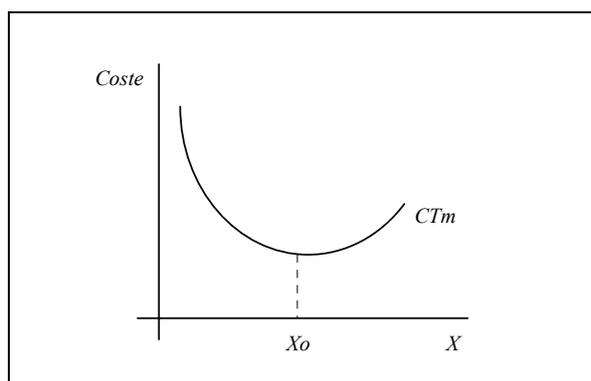


Figura 7.10.- Curva de costes medios.

7.- ANÁLISIS DE LOS COSTES DE RECOLECCIÓN DE LA ACEITUNA.

Los ensayos de Jacoboni y Tombesi estimaron que en Italia el coste total de la recolección puede suponer entre un 40 y un 50% del coste final del producto. La recolección de la aceituna está considerada como uno de los mayores problemas de la producción oleícola. En 1.973 la mano de obra suponía un 60% del coste de recolección, mientras que en 1.991 este gasto se reduce al 46%, cifra que no deja de ser una parte bastante importante. La

evolución de los últimos años de la demanda de mano de obra se ha reducido a la mitad, debido fundamentalmente a la mecanización. Sin embargo la mano de obra requerida es cada vez más especializada.

CONCEPTO	1.973	1.991
Equipos mecánicos	11%	25%
M.O. especializada	9%	6%
M.O. no especializada	10%	5%
M.O. para la recolección	41%	35%
Compras	18%	7%
Gastos generales	11%	22%

Tabla 7.5.- Distribución de costes de producción de una hectárea.

Además se presenta el problema de la concentración de mano de obra en épocas muy determinadas. Durante el periodo de recolección se concentra el 80% del total de la requerida por el olivar. Por otra parte es necesario considerar que el precio del aceite de oliva ha evolucionado muy por debajo de los costes salariales.

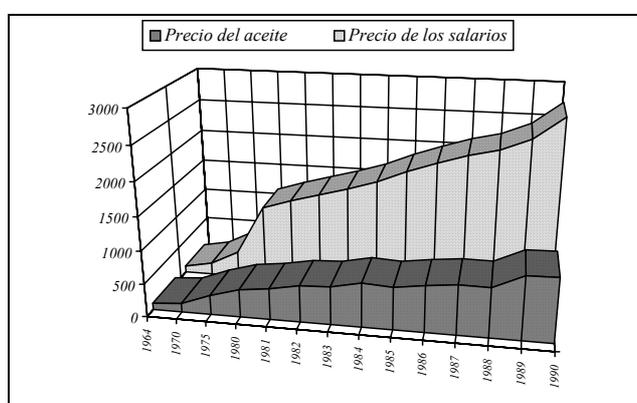


Figura 7.11.- Evolución de los precios del aceite y de los costes salariales.

Las operaciones que comprenden todo el proceso desde la recogida del fruto hasta su traslado a la almazara son:

- a.- Derribo de la aceituna.
- b.- Recepción del fruto.
- c.- Primera manipulación de la aceituna y transporte en la parcela.
- d.- Recogida del fruto del suelo.

e.- Limpieza y lavado del fruto.

En la recolección tradicional la mayor parte del tiempo se dedica al derribo del fruto. El derribo manual se puede realizar de dos maneras:

- 1.- Derribo por ordeño: Es un sistema caro y por ello solo se utiliza en los países en los que la mano de obra es barata o para las aceitunas que requieran un tratamiento especial (como la destinada al aliño). La aceituna así recolectada no precisa de ningún tratamiento accesorio de limpieza. Este sistema presenta la ventaja fundamental de que sólo entre un 3 y un 6% de la aceituna cae al suelo. Con este método los tiempos de recolección son mucho más elevados que con cualquier otro sistema.
- 2.- Derribo mediante vareo: es un sistema considerablemente más barato que el anterior. El coste es de una tercera o cuarta parte y se realiza en un tiempo considerablemente inferior. La eficacia del derribo se puede estimar en un 90%. El inconveniente que presenta este método es la “paliza” a la que se somete al árbol, que provoca la pérdida de una gran cantidad de ramones.

Para pasar a analizar los sistemas de derribo mecánico, en lo que a costes se refiere, es preciso realizar una serie de consideraciones previas.

Los vibradores que presentan unas mejores condiciones para esta operación son los de inercia (también conocidos como vibradores de masas excéntricas), ya que con un número limitado de aplicaciones y en un tiempo reducido se obtiene una eficacia aceptable en el derribo.

El seguimiento de distintos vibradores en diversas plantaciones, permiten extraer las siguientes consecuencias de interés a la hora del cálculo de costes:

- La eficacia del derribo en la época de recolección oscila entre el 82 y el 95%:
- Existe una relación inversa entre la eficacia del derribo y el diámetro de los troncos:

Circunferencia del tronco (cm)	Eficacia del vibrador (%)
51-60	92,50
61-70	89,76
Más de 100	86,61

Tabla 7.6.-Ejemplos de eficacia del vibrador en función del tamaño del tronco.

- El derribo es tanto más eficaz cuanto menos resistente sea el pedúnculo de la aceituna. Así mismo es más sencillo derribar fruto cuanto mayor peso tenga.
- El rendimiento del vibrador es tanto mayor cuantos menos pies tenga el tronco. Un valor medio a considerar es el de un minuto de equipo por cada tronco.
- La eficacia del trabajo viene a ser de unas 300 vibraciones/día (12.000 troncos por año).

Pese a que la eficacia de vibración es elevada, siempre queda en el árbol un resto de aceitunas, por lo que siempre se acompaña el vibrador de un número de vareadores (normalmente tres). Este vareo complementario se da en aquellas zonas donde la vibración no se transmite bien (ramas péndulas). Es importante para evitar este fenómeno una buena labor de poda.

Para el cálculo del coste de derribo se deben tomar en consideración los siguientes parámetros:

- 1.- Número de troncos a vibrar por jornada (300 troncos como valor medio).
- 2.- Nº de olivos a vibrar por campaña.
- 3.- Número de pies por olivo.
- 4.- Cantidad media de aceituna por olivo.
- 5.- Coste de adquisición del vibrador (V).
- 6.- Vida útil del vibrador (t), entre 8 y 10 años según los casos.
- 7.- Número de troncos a vibrar por campaña (máximo 12.000).
- 8.- Interés anual pagado por el vibrador (r).

En la ponencia “Les couts das la récolte de l’olive. Calcut et application”, presentada en el curso internacional sobre recolección

mecanizada del COI² (Túnez-1.988), D. Luis Civantos (Ingeniero Agrónomo) propuso el siguiente modelo de cálculo para los costes de vibradores:

$$\text{-Amortización: } A = \frac{0,8 \times V}{t}$$

$$\text{-Interés del capital: } i = \frac{r \times V}{200}$$

$$\text{-Mantenimiento y conservación: } CRM = \frac{0,6 \times V}{t}$$

$$\text{-Gastos diversos: } GD = 0,5 \times V$$

A todos estos costes se le debe añadir el coste horario del tractor que se calcula mediante la metodología anteriormente expuesta, así como el coste del vareo complementario. Este vareo será tanto más caro cuanto más cantidad de aceituna quede sin derribar. Una aproximación a este coste sería:

$$\boxed{CVC = Vp \times Sa / 339}$$

Donde:

Sa: salario del vareador.

Vp: coeficiente función del diámetro del tronco.

Diámetro (cm)	Vp
<30	3
30-60	5
>60	7

Tabla 7.7.-Coeficientes para el cálculo del coste del vareo complementario.

Otro coste que se debe considerar es el de la mano de obra empleada para la recepción del fruto. Se puede prescindir de la colocación de mallas y recurrir a la recogida de la aceituna directamente del suelo. El tiempo invertido en esta operación depende de los medios utilizados para la recogida y de la cantidad de aceituna caída. En el siguiente cuadro se exponen los valores medios de tiempo invertido en función del sistema

²Comité Oleícola Internacional.

empleado (mallas, recogida manual, rodillos o barrido), suponiendo un suelo apisonado libre de malas hierbas:

Cantidad de aceituna (kg)	Mallas (minutos/kg)	Manual (minutos/kg)	Rodillos (minutos/kg)	Barrido (minutos/kg)
5	1,88	3,30	0,60	1,00
10	1,03	2,37	0,44	0,64
15	0,74	1,95	0,38	0,52
20	0,60	1,70	0,35	0,46
30	0,46	1,40	0,33	0,40
40	0,38	1,22	0,31	0,37
50	0,34	1,09	0,30	0,35

Tabla 7.8.-Tiempo invertido en la recogida de aceituna del suelo para los distintos sistemas.

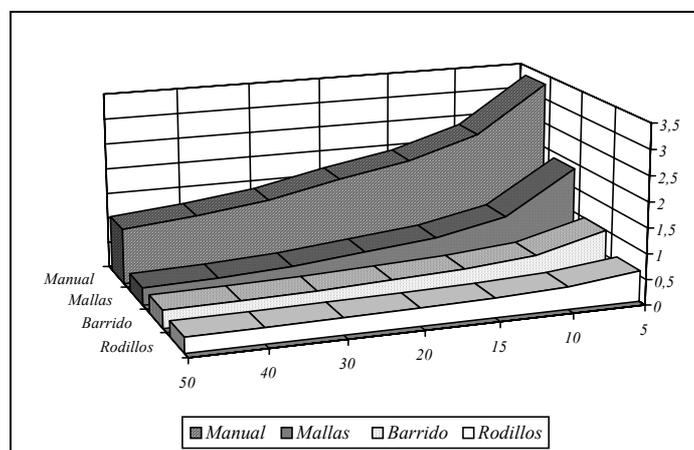


Figura 7.12.-

6.- MODELO INFORMÁTICO PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTES DE DERRIBO.

Hoy en día la tecnología pone a disposición potentes herramientas de cálculo: los ordenadores. La elaboración de un programa puede ofrecer resultados precisos en un espacio de tiempo muy pequeño. A continuación se expone un listado del programa costes, elaborado en TurboPascal, 6.0 ideado para la estimación de costes de la recolección de la aceituna, cálculo de umbrales de rentabilidad y gráficas de vibración. Dicho programa ha sido elaborado por el Departamento de Motores y Máquinas de la E.U.I.T.A. de Ciudad Real (Universidad de Castilla-La Mancha).



Figura 7.13.- Recogida manual de aceituna.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- Barranco, D.; Fernández-Escobar, D.; Rallo, L. (1997). El cultivo del olivo. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Ediciones Mundi-Prensa.
- Henderson, J. M.; Quandt, R. E. (1972). Teoría microeconómica. Ediciones Ariel.
- Ortiz-Cañavate, J. (1975). Técnica de la mecanización agraria. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Porras Piedra A. (Editor). (1995). Olivar y sus derivados. E.U.I.T.A. Ciudad Real.

