

## Capítulo 5.

# Costos asociados al uso de maquinaria para el manejo de los rastrojos y preparación de suelo en el cultivo de Maíz

**Patricio Abarca Reyes,**

Ingeniero Agrónomo

patricio.abarca@inia.cl

**Jorge Riquelme Sanhueza,**

Dr. Ingeniero Agrónomo

jriquelme@inia.cl

La utilidad de una producción agrícola depende de forma exclusiva de la calidad de producción, el rendimiento y los costos asociados durante la temporada. Estos últimos, directamente relacionados con los insumos, mano de obra y también el uso de maquinaria. El buen manejo de los costos incide directamente en el objetivo principal de la producción agrícola, el cual es obtener rentabilidad a la producción en el tiempo.

Los precios de las semillas, fertilizantes, plaguicidas, combustibles, entre otros, permiten que cada vez el margen de utilidad en este cultivo sea más estrecho, por este motivo, es importante identificar y dimensionar cuales son los costos fijos y variables que pueden ser más eficientes y controlables durante la temporada productiva.

Para el caso de la maquinaria agrícola en el cultivo del maíz, los costos son influenciados por la elección de los equipos según el tipo de labor, profundidad de trabajo, ancho de trabajo, velocidad de avance, superficie del cultivo, tipo de suelo, capacidad del tractor, entre otros. Si el agricultor considera y maneja estas variantes de forma eficiente, los costos por uso de maquinaria serían óptimos, permitiendo una mayor utilidad del cultivo.

Los costos referidos a maquinaria agrícola ocupan una importante fracción en el costo de producción agrícola, hecho que es con frecuencia minimizado y hasta olvidado injustificadamente. El desconocimiento de los mismos provoca una errónea estimación de los costos totales de la actividad, y probablemente ocasione en el corto plazo una importante descapitalización del productor, ya que no recupera a través de su producción los costos de mantenimiento, amortización y administración del equipo utilizado (Garbers y Erch, 2013).

Cada maquinaria representa un costo que le es propio, y este va a depender de la inversión inicial, edad de la máquina, estado de conservación y mantención, intensidad de uso y otros factores. Se estima que la incidencia del costo operacional de maquinaria agrícola en el cultivo de maíz para grano, es del orden del 30% de los costos totales aproximadamente (Velasco y González, 2007), por lo cual, es necesario tener un conocimiento básico de aspectos económicos y llevar registros de cálculo del uso de equipos, aperos y máquinas.

El costo de uso u operación de la maquinaria agrícola depende fundamentalmente de 5 factores: a) Inversión inicial; b) Intensidad de uso; c) Mantención; d) Estado de conservación; y e) Antigüedad (Velasco y González, 2007). Cabe destacar que mientras mayor sea la inversión inicial, mayor es el costo operacional, por tanto, la elección del tractor debe estar acorde al tipo de equipo que se desea acoplar, como también la justificación de la superficie para la elección de cada uno de ellos.

En la actualidad, la restricción de las quemas de rastrojos agrícolas permite que los agricultores opten por una alternativa de uso de los rastrojos y un manejo distinto del suelo para la implementación del cultivo siguiente. Se advierte que los rastrojos en el cultivo de maíz forman el 54% de la materia seca total, el otro 46% corresponde al grano.

En este capítulo, se presentarán las alternativas de trabajo para los rastrojos de maíz y la preparación de suelo entre la postcosecha y la presiembra del cultivo siguiente, evaluando los costos asociados a cada labor.

En el **Cuadro 1** se menciona el costo promedio de maquinaria utilizada en un cultivo de maíz según ODEPA con datos del año 2018, en un predio regado por surco y un rendimiento de 150 qq/ha. Los agricultores de la Región de O'Higgins realizan actualmente manejos muy distintos dependiendo de la fecha de cosecha, condiciones climáticas, disponibilidad de maquinaria, superficie, entre otros.

**Cuadro 1.** Costos de maquinaria en el cultivo de maíz (ODEPA, 2018).

Labor	Fecha	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$/un)	Valor total (\$)
Picado de rastrojo	Mayo - Junio	1	ha	35.000	35.000
Arado vertedera	Agosto - Nov.	1	ha	65.000	65.000
Rastraje	Sept. - Nov.	2	ha	30.000	60.000
Siembra y fertilización	Sept. - Nov.	1	ha	40.000	40.000
Aplicación de plaguicidas pre-siembra	Oct. - Oct.	1	ha	17.500	17.500
Aplicación de plaguicidas pos-siembra	Oct. - Nov.	1	ha	17.500	17.500
Cultivador - abonador	Nov. - Dic.	1	ha	22.500	22.500
Cosecha	Marzo - Abril	1	ha	75.000	75.000
<b>Total</b>					<b>332.500</b>

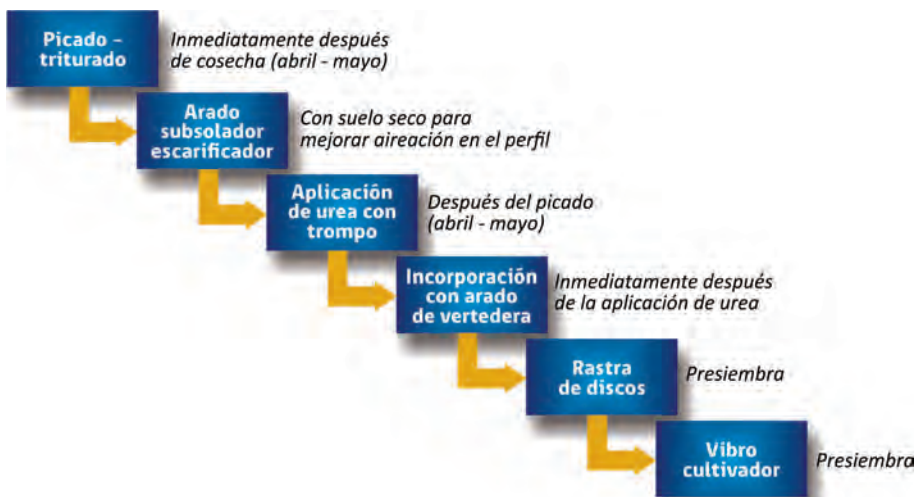
En el **Cuadro 2** se describen las labores más habituales de un agricultor tradicional que cultiva maíz para grano en la Región de O'Higgins sólo para el manejo del rastrojo y laboreo de suelo.

**Cuadro 2.** Costo de las labores más frecuentes realizadas en agricultores de la Región de O'Higgins para incorporación de rastrojos y preparación de suelo en cultivo de maíz (Fuente: Elaboración propia con información de agricultores).

Labor	Fecha	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$/un)	Valor total (\$)
Rastra de discos	Abril - Mayo	3	ha	25.000	75.000
Arado de vertedera	Mayo	1	ha	60.000	60.000
Arado de vertedera	Septiembre	1	ha	60.000	60.000
Rastra de discos	Sept - Octubre	2	ha	25.000	50.000
Vibrocultivador	Octubre - Nov	1	ha	22.000	22.000
<b>Total</b>					<b>267.000</b>

En el Cuadro 2, se observa un costo aproximado de \$ 267.000 por efecto de labores de preparación de suelo y manejo del rastrojos, considerando que la gran mayoría que no cuenta con implementos de picado y triturado, lo hace con dos

o tres pasadas con rastra de discos más la incorporación con arado de vertedera. El uso de maquinaria en el cultivo de maíz debe ser apropiado y en el momento correcto. Una labor realizada en condiciones inadecuadas sólo perjudica el resultado y obliga muchas veces a repetir el trabajo. Por ejemplo, realizar una aradura con exceso de humedad, el suelo presentará mayor adherencia al arado, una mayor resistencia al avance, mayor gasto de combustible y mayor compactación. En la **Figura 1**, se describen las labores más adecuadas en el cultivo del maíz y en secuencia desde la postcosecha hasta pre siembra dependiendo de las condiciones propias de cada suelo, es decir, es recomendable inmediatamente después de la cosecha, realizar una calicata para determinar la condición del suelo y programar las labores durante la temporada.



**Figura 1.** Secuencia recomendada del manejo de los rastrojos y preparación de suelo entre la postcosecha y la presiembra de maíz.

Según el Cuadro 3, el picar los rastrojos, subsolar o escarificar el suelo para aumentar la aireación del mismo, aplicar urea e incorporar, presenta un menor costo que la labores que realiza habitualmente el agricultor. Es necesario señalar que los valores de los cuadros 2 y 3, corresponde al costo de arriendo de la maquinaria sin considerar uso de tractor, combustible, ni operador.

Para el caso que el productor cuente con maquinaria propia, se debe considerar el costo fijo y costo variable de operación del tractor, como el implemento utilizado para ello. Entre los variables, se debe considerar los costos de combustible, lubricantes, reparación, mantención, gasto de operador, entre otros.

**Cuadro 3.** Costo de las labores recomendadas para ser más eficiente en el manejo de rastrojos y laboreo de suelo en el cultivo del maíz, a mayo de 2018, según Figura 1.

Labor	Fecha	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$/un)	Valor total (\$)
Picado de rastrojo	Abril - Mayo	1	ha	50.000	50.000
Arado subsolador escarificador	Septiembre	1	ha	60.000	60.000
Aplicación de urea	Abril - Mayo	1	ha	20.000	20.000
Arado de vertedera	Abril - Mayo	1	ha	55.000	55.000
Rastra de discos	Sept - Octubre	1	ha	25.000	25.000
Vibrocultivador	Sept -Octubre	1	ha	22.000	22.000
<b>Total</b>					<b>232.000</b>

Es importante que cada productor determine sus propios costos de operación de la maquinaria agrícola, para tener una estimación real de lo que significa el uso de ella en su predio, por lo cual para el análisis siguiente es necesario revisar algunos conceptos.

**Costo:** se define, como el equivalente en dinero que representa un valor económico, agregando a un producto o servicio determinado. Los costos se clasifican en Costos Fijos y Variables.

**Costos fijos:** son aquellos en que se incurre para poseer la propiedad de una máquina, independiente del empleo que de ella se haga. Comprende la depreciación, el interés al capital, seguros por riesgos, y los gastos para proteger la máquina contra la intemperie (almacenamiento).

**Costo variable:** llamado también de funcionamiento, incluyen aquellos que se producen únicamente cuando la máquina está en uso, como por ejemplo combustible, aceite y grasa, además del gasto en reparaciones y mano de obra.

## Costos fijos

**Depreciación:** es un costo que representa la pérdida de una máquina en el tiempo. En condiciones normales de trabajo y con los debidos cuidados y reparaciones, una máquina pierde su utilidad por dos razones: se vuelve anticuada y se desgasta.

Con el transcurso del tiempo, una máquina puede perder su valor gradualmente y hacerse anticuada por la introducción de máquinas nuevas y mejores, y por las innovaciones tecnológicas.

Los especialistas en maquinaria agrícola han propuesto varios métodos distintos para calcular el costo de la depreciación. Sin embargo, se recomienda el método de la estimación de la vida útil, en unidades de tiempo y de trabajo. Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V_i - V_r}{N}$$

Donde: **d** es el costo de la depreciación anual; **V<sub>i</sub>** es el valor inicial, o costo de adquisición; **V<sub>r</sub>** es el valor residual, y **N** años de vida útil u horas de vida útil.

**Interés al capital:** corresponde a la utilidad que se deja de percibir, por tener un capital inmovilizado.

Si la máquina o equipo se compra a crédito, o con el dinero prestado por un banco o cualquier otro organismo de crédito, el interés al capital representará para el propietario un costo real. Incluso, cuando la máquina la adquiere el comprador con su propio dinero, también debe considerarse el interés como un costo, ya que el propietario podía haber ganado interés prestando ese dinero a otra persona.

El interés al capital, se calcula sobre el valor promedio de la máquina, entre el valor inicial y el valor residual. Para el cálculo se considera una tasa de interés anual de un 3,5 por ciento.

Se representa por la siguiente fórmula:

$$IC = t \times \frac{V_i + V_r}{2}$$

Donde:

**IC** = Interés al capital promedio anual

**t** = Tasa de interés anual

**V<sub>i</sub>** = Valor inicial

**V<sub>r</sub>** = Valor residual

En el **Cuadro 4**, se detallan los costos fijos y variables por hora de trabajo de un tractor de 105 hp, considerando el valor real de una marca conocida, a junio de 2018.

**Cuadro 4.** Costo total por hora de trabajo de un tractor de 105 hp.

<b>Determinación del costo horario fijo de un tractor</b>			
Valor inicial tractor (VN)		\$ 24.395.000	
Coefficiente valor residual	30%		
Valor residual (VR)	$VR = VN \times 0,3$	\$ 7.318.500	
Depreciación anual (DA)	$(VN - VR)/VU$	\$ 1.138.433	
VU = Vida útil = 15 años			
Tasa de interés captación al capital (i)	3,5%		
Interés anual (IA)	$IA = i \times (VN + VR)/2$	\$ 554.986	
Costo fijo anual (CFA)	$CFA = DA + IA$	\$ 1.693.419	
Costo fijo hora (CFH)	$CFH = CFA / NHA$		\$ 5.645
HNA = Número de horas anuales		<b>300</b>	
<b>Determinación del costo horario variable de un tractor</b>			
Costo horario del combustible (CC) $CC = PM \times CEC \times PC \times FC$			
Potencia motor (PM)		105	
Cons. específico combustible (CEC)		0,2	
Precio del combustible (PC)		\$ 560	
Factor de carga de trabajo (FC)		1	
Costo horario del combustible (CC)		\$ 11.760	
Costo lubricante (CL)	$CL = CC \times 0,1$	\$ 1.176	
Costo repar. y mantención (CRM)	$CRM = VN \times 0,00007$	\$ 1.708	
Costo variable hora (CVH)	$CVH = CC + CL + CRM$		\$ 14.644
<b>Costo Horario Total (CHT)</b>	$CHT = CFH + CVH$		<b>\$ 20.289</b>
Costo horario operador		\$ 2.000	
<b>Costo Horario Total + Operador</b>			<b>\$ 22.289</b>

Para determinar los costos variables de los implementos más utilizados en el cultivo del maíz, se debe contemplar los coeficientes de MyR descritos en el **Cuadro 5**, además de las horas de uso anual dependiendo de la velocidad de avance, ancho de trabajo y eficiencia de la labor (**Cuadro 6**).

**Cuadro 5.** Coeficientes de mantenimiento y reparación de máquinas y equipos, respecto a su valor inicial.

Maquinaria o implemento	Coefficiente de MyR (%)
Tractor	0,00007
Arado vertedera	0,00030
Trompo abonador	0,00030
Vibrocultivador	0,00025
Rastra de discos	0,00025
Arado de cincel	0,00025
Subsolador	0,00015

**Cuadro 6.** Uso anual de maquinaria en horas, considerando una superficie de 1 y 19,75 hectáreas.

Labor	Ancho trabajo (m)	Velocidad avance (km/h)	Coefficiente de eficiencia	Capacidad trabajo (ha/h)	Tiempo operativo trabajo (h/ha)	Uso anual (ha/año)	Uso anual (ha/año)
Cálculo	a	b	c	$d = (a \times b \times c) / 10$	$e = 1/d$	f	$e \times f$
Arado cincel	2,4	7	0,8	1,34	0,75	10 (19,75)	7,5 (14,81)
Arado subsolador	2	5	0,8	0,8	1,25	10 (19,75)	12,5 (24,69)
Rastra de discos	2,4	7	0,8	1,34	0,75	10 (19,75)	0,75 (14,81)
Vibro Cultivador	2,8	7,5	0,85	1,79	0,56	10 (19,75)	5,6 (11,06)
Arado vertedera (3 rejas)	1,2	6	0,8	0,58	1,72	10 (19,75)	17,2 (33,97)
Picadora rastrojos	3	6	0,8	1,44	0,69	10 (19,75)	6,9 (13,63)
Trompo abonador	12	8	0,9	8,64	0,12	10 (19,75)	1,2 (2,37)



Para el caso de implementos o equipos propios (no arrendados) también se debe contemplar el costo de uso a través de los costos variables y costos fijos, considerando para cada implemento un coeficiente de MyR (Mantenimiento y Reparación), la depreciación y el interés al capital (**Cuadro 7**).

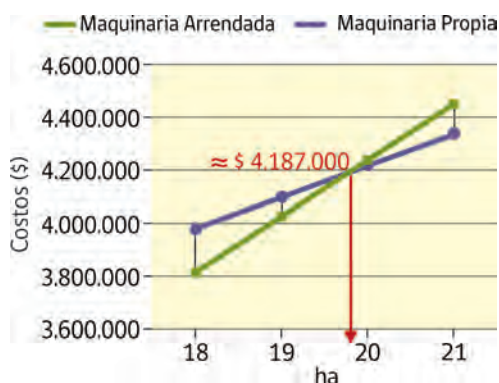
**Cuadro 7.** Costo total por hora de trabajo de una rastra de discos tipo off - set.

<b>Determinación del costo horario fijo de una rastra de discos</b>			
Valor inicial rastra de discos (VN)		\$ 4.400.000	
Coeficiente valor residual	20 %		
Vida útil del implemento (VU)	20 años		
Valor residual (VR)	$VR = VN \times 0,2$	\$ 880.000	
Depreciación anual (DA)	$DA = (VN - VR) / VU$	\$ 176.000	
Tasa de interés de captación anual (i)	3,5%		
Interés anual (IA)	$IA = i \times (VN + VR) / 2$	\$ 92.400	
Costo fijo anual (CFA)	$CFA = DA + IA$	\$ 268.400	
Costo fijo horario (CFH)	$CFH = CFA / HUA$	\$ 26.840	
Horas uso anual implemento (HUA)	<b>7,5</b>		
<b>Determinación del costo horario variable de una rastra de discos</b>			
Reparación y mantenimiento (RyM)	$RyM = VN \times 0,00025$	\$ 1.100	
Costo Total Horario CTH = CFH + RyM		\$ 27.940	
Costo horario del tractor más operador (Cuadro 4) (Costo de una hora de trabajo o fracción)		\$ 22.289	
<b>Costo total horario de operación de rastra de discos</b>		<b>\$ 50.229</b>	

Para determinar el costo total horario de cada uno de los implementos, se debe realizar el mismo cálculo que para la rastra de discos (Cuadro 7). No obstante, se debe determinar cuál es la superficie mínima que debe trabajar anualmente el agricultor, para que justifique la compra de un implemento, es decir será igual o más económico trabajar con sus implementos que arrendarlas. Por ejemplo, en el Cuadro 7 al utilizar la rastra de discos propia, una vez al año y en 10 hectáreas (7,5 horas de uso anual), es costo de operación es de \$ 50.229, muy superior al valor que se origina si el agricultor arrendara (\$ 25.000). El **costo fijo horario** de un implemento disminuye, mientras más horas se utiliza al año.

Para el caso de los implementos recomendados en el Cuadro 3, se ha determinado que el agricultor debe utilizarlos un mínimo de 19,75 hectáreas anuales y sus respectivas horas proporcionales descritas en el Cuadro 6. Si el agricultor posee menos superficie, es recomendable arrendar el servicio. De lo contrario, si ya posee el tractor y los implementos y, la superficie es menor a las 19,75 ha, se recomienda que el agricultor realice servicios a terceros para disminuir los costos de uso de sus equipos.

La gráfica que se ilustra en la **Figura 2**, indica que al utilizar la maquinaria descrita en el Cuadro 3 (en condiciones de trabajo según el Cuadro 6), la compra de implementos sólo se justifica al trabajar una superficie mayor o igual a 19,75 ha anuales, de lo contrario, es más conveniente arrendar (solicitar) el servicio a terceros. La gráfica muestra que los costos de arrendo de maquinaria se incrementan linealmente de acuerdo a la superficie, en cambio los costos fijos de utilizar los implementos propios, disminuyen a medida que se aumenta la superficie, haciendo más rentable su uso.



**Figura 2.** Comportamiento de los costos de maquinaria en maíz, con maquinaria arrendada versus la propia.

**Cuadro 8.** Diferencia del costo de maquinaria en el cultivo del maíz entre maquinaria arrenda y propia para una superficie de 19,75 ha.

Labor	Costo arriendo <sup>1</sup> (\$/ha)	Costo total 19,75 ha maquinaria arrendada	Valor nuevo maquinaria <sup>2</sup>	Horas uso anual (h/año)	Costo total 19,75 ha maquinaria propia <sup>3</sup> (\$/ha)
Picado de rastrojo	\$50.000	\$987.500	\$ 4.700.000	13,63	\$672.382
Subsolado	\$40.000	\$790.000	\$ 3.955.000	24,69	\$902.642
Aplicación de urea	\$15.000	\$296.250	\$ 2.203.000	2,37	\$268.398
Aradura vertedera	\$60.000	\$1.185.000	\$ 5.500.000	33,97	\$1.222.037
Rastraje	\$25.000	\$493.750	\$ 4.400.000	14,81	\$614.793
Vibro cultivador	\$22.000	\$434.500	\$ 2.500.000	11,06	\$505.929
<b>Total</b>		<b>\$4.187.000</b>			<b>\$4.186.179</b>

<sup>1</sup> El costo de arriendo de maquinaria, ha sido obtenido a través de información descrita por agricultores de rubro de maíz de la Región de O'Higgins.

<sup>2</sup> Los valores nuevos de maquinaria son referenciales y pueden variar de acuerdo a la marca (procedencia), ancho de trabajo, valor de moneda internacional, distribuidor.

<sup>3</sup> El costo total de uso de un implemento propio, ha sido determinado según su valor nuevo, mantención, reparación, depreciación, interés al capital (ejemplo Cuadro 7), más el costo de uso del tractor más operador (Cuadro 4).

El costo de la mano de obra se ha determinado con el trabajo de un operador con un valor día (7,5 horas) de \$ 15.000, multiplicado por el tiempo operativo de trabajo utilizado en cada labor. En este costo no se incluyen los tiempos muertos por enganche de implementos, traslado hasta el huerto, carga de combustible, entre otros.

## Bibliografía

**Garbers, R. y Erh, Y. 2013.** Costos operativos de maquinaria agrícola (síntesis básica para su cálculo). Dirección Nacional de Contratistas Rurales e Insumos Agrícola. Subsecretaría de Agricultura. Argentina. 26p.

**ODEPA. 2018.** Ficha técnico-económica, Maíz, Región de O'Higgins. (En línea). Chile. Disponible en: [http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/04/maiz\\_ohiggins\\_2016-17.pdf](http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/04/maiz_ohiggins_2016-17.pdf) . Consultado en enero de 2018.

**Velasco, R., González, J. 2007.** Costo de operación o uso de maquinaria agrícola ¿Cómo evaluarlo? Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Quilamapu. (En línea). Chile. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/122205463/Costo-de-operacion-o-uso-de-maquinaria-agricola-como-evaluarla-1>