



Gestión integral de un sistema mecanizado para una finca del Valle del Río Portoviejo, Manabí, Ecuador



Lizardo Reina

Ing. Agrícola, Profesor de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Técnica de Manabí, Avda. Universitaria Casilla 82. Portoviejo, Manabí, Ecuador

Magister en Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción.
Tel. (593) 84615715, E-mail: jreyna@udec.cl

Edmundo Hetz

Ing. Agr. Ph.D., Profesor de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción.

Avda. Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillán, Chile.
Tel. (56) 42-208709, Fax: (56) 42-275303. E-mail: ehetz@udec.cl

RESUMEN

Con el propósito de optimizar la administración de la maquinaria agrícola se analizó la demanda de máquinas de un sistema productivo de maíz en invierno y de maíz, maní y sandía en verano en una finca de 100 hectáreas, del Valle del Río Portoviejo, de la Provincia de Manabí, Ecuador. Para lograrlo se estableció la disponibilidad de tiempo apropiado para ejecutar las operaciones agrícolas, procesando una base de datos de precipitación diaria de 13 años (1990- 2002) de la estación meteorológica de Portoviejo y se determinó el tamaño, potencia requerida, los costos y la justificación económica del sistema mecanizado necesario para lograrlo oportunamente según las recomendaciones agronómicas pertinentes. Se encontró que existe amplio tiempo disponible (165 días/año neto), pero que durante Febrero y Marzo prácticamente no existen condiciones apropiadas para trabajar en el campo (0,2 días en Febrero y 0,5 días en Marzo, como promedio). El sistema mecanizado debe contar con un tractor de 46,5 kW (63HP), un arado, rastra, sembradora y surcadora con capacidades efectivas de trabajo de 0,54; 0,69; 0,96 y 1,39 ha/h, respectivamente. Los costos operacionales horarios del tractor y de las máquinas aparecen altos y van desde 2,81 USD/h para la surcadora hasta 11,21 USD/h para el tractor. Ello hace difícil la justificación económica de su adquisición, a menos que se aumente significativamente sus horas de uso anual, para lo cual se sugiere mecanizar otras operaciones y vender servicios mecanizados.

Palabras claves: Administración de maquinaria agrícola, días disponibles, justificación económica

INTRODUCCIÓN

La Mecanización agrícola, es un proceso que consulta la aplicación de la maquinaria a la agricultura, en mayor o menor grado, con el objeto de aumentar la capacidad de trabajo, mejorar su eficiencia y aliviar el esfuerzo del hombre.

La administración involucra todas las acciones que permiten optimizar las labores de un establecimiento agrícola, aumentando los beneficios que genera y evitando la inadecuada aplicación de las labores agrícolas. Es muy reconocido hoy en día que el éxito o fracaso de un establecimiento, se deba en gran medida a la adecuada selección y administración de su parque de maquinaria agrícola y su importancia se refleja en los costos de producción, que es aproximadamente el 30% con labranza convencional (Donato de Cobo, 2003).

Los costos operacionales, constituyen una herramienta importante para el productor o empresario agrícola para una adecuada planificación, selección y evaluación de los equipos agrícolas. Además, Ibáñez y Rojas (1994) expresa que los costos operacionales permiten también seleccionar los niveles de mecanización a utilizar en una propiedad y estimular al agricultor para utilizar con su máxima eficiencia de operación posible.

Uno de los factores que tiene mayor influencia en la correcta selección de un equipo agrícola, es su capacidad efectiva de trabajo; por lo que se hace indispensable conocer la cantidad de trabajo que un equipo es capaz de realizar en un periodo de tiempo disponible; además, es muy indispensable realizar el análisis económico de los costos, para una buena administración, por que nos permite tomar una correcta y adecuada decisión, para la introducción de maquinaria en una propiedad agrícola.

Con estas importantes consideraciones, y en vista de la ausencia de información, sobre la administración

y planificación de labores agrícola mecanizada, se ha creído conveniente realizar un ejercicio de aplicación, de un programa de producción de los cultivos más importante que se desarrollan en el Valle del río Portoviejo, de la provincia de Manabí de la República del Ecuador; tomando en cuenta sus propias características de los suelos, topografía, cultivos, clima y con sus propias técnicas de producción.

Se espera contribuir positivamente con el presente ejercicio de aplicación, como un medio de información para futuros proyectos de programas de desarrollo, docencia e investigación, sobre mecanización agrícola para la provincia de Manabí del Ecuador. Considerando lo antes señalado se ha planteado en este estudio los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

- Ilustrar la aplicación de una metodología para gestionar la selección de tractores con implementos para una finca ubicada en el Valle del Río Portoviejo, Manabí, Ecuador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar los días disponibles (apropiados) para la preparación del suelo y siembra.
- Seleccionar el sistema mecanizado para ejecutar las faenas (labores) de preparación de suelo y siembra.
- Analizar los costos operacionales.
- Establecer la justificación económica del sistema mecanizado.



1.- Sistema productivo

De acuerdo con los datos de los sistemas productivos del MAG (2003), se consideró la programación de los tres cultivos más importantes del valle del río Portoviejo, para el periodo del año 2003 –2004, de 100 ha de terreno, sembradas en dos periodos durante el año agrícola.

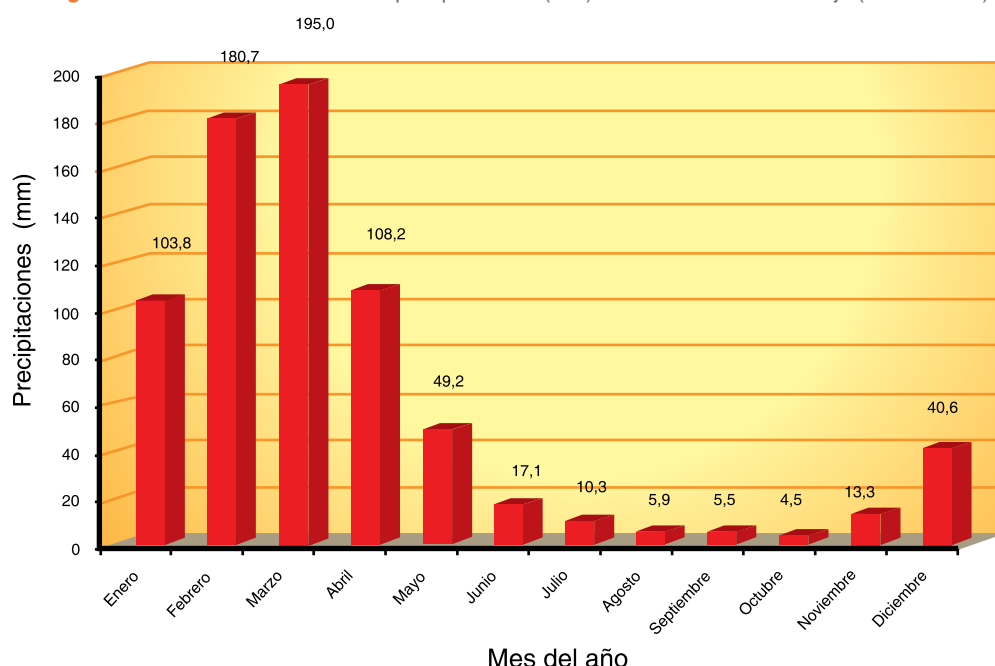
Época de invierno: Siembra de 100 de ha de maíz, con un rendimiento estimado de 5.500 kg/ha, con labores mecanizadas de: arada, rastraje y siembra.

Época de verano: Siembra de 70 ha de maíz, con un rendimiento estimado de 6.000 kg/ha, 20 ha de maní, con un rendimiento estimado de 1.830 kg/ha y 10 ha de sandía, con un rendimiento estimado de 4.500 unidades/ha, con labores mecanizadas de: arada, rastraje, surcado y siembra manual.

2.- Tiempo disponible para ejecutar las operaciones agrícolas mecanizadas.

Para determinar los días disponibles, para las labores de preparación del suelo y siembra, se utilizó la base de datos de precipitación diarias del periodo 1990-2002 de la Estación Meteorológica de Portoviejo, Figura 1.

Figura 1. Promedios mensuales de precipitaciones (mm) del valle del Río Portoviejo (1990 – 2002)



La metodología utilizada, fue la propuesta por Riquelme y Hetz (1992), dadas que las características de los suelos de la provincia de Ñuble, Chile, son similares a los del Valle del Río Portoviejo. Se considera que los días con precipitaciones menores a 2 mm son aptos para la preparación del suelo y siembra. Además, la experiencia de los autores del trabajo les permite proponer que precipitaciones entre 2 a 15 mm obligan a esperar un día, de 15 a 30 mm dos días, de 30 a 50 mm tres días y mayores a 50 mm cuatro días.

3.- Selección del tamaño del tractor (potencia) e implementos (ancho de trabajo)

Para la capacidad efectiva de trabajo (CET), se consideró aplicar un procedimiento simple y práctico, a través de la relación de la superficie de terreno a trabajar (ha) y el tiempo disponible (horas).

$$CET = \frac{\text{Superficie a Trabajar}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (1)$$

Obtenida la CET, para cada una de las labores, se calculó el ancho de trabajo de los implementos a utilizar a través de la ecuación:

$$CET = V \cdot A \cdot EF \cdot FC \quad (2)$$

CET = capacidad de trabajo efectiva (ha/h)
V = velocidad de trabajo (km/h)
A = ancho de labor de implemento (m)
EF = eficiencia de campo (fracción decimal)
FC = factor de conversión (0,1), para lograr ha/h

Para el cálculo de la potencia necesaria para operar los implementos seleccionados, se utilizó la ecuación (3), (Hetz, 1995).

$$P = \frac{(F \cdot A \cdot V)}{3,6} \quad (3)$$

P = potencia, (kW)
F = fuerza por unidad de ancho de trabajo, (kN/m) (Kepner et al, 1980)
A = ancho de trabajo, (m)
V = velocidad de trabajo, (km/h)

Para obtener la potencia en el ETF (Toma de potencia), se divide la potencia de la B de T, por los coeficientes propuestos por White (1977) de 0,625 para pradera, 0,550 suelo labrado y 0,475 para suelo suelto. Una vez conocida la potencia del tractor, determinada para el arado, se estableció el ancho de trabajo de la rastra, surcador y sembradora utilizando la ecuación (4).

$$A = \frac{(P \cdot 3,6)}{F \cdot V} \quad (4)$$

4.- Determinación de los costos

En el presente trabajo los autores, intentan hacer un aporte técnico, simplificando procedimientos utilizados. La metodología utilizada está basada en la de Ibáñez y Rojas (1994), que considera los costos fijos (Interés y depreciación) y los costos variables (gastos de combustible, lubricantes, filtros, reparación y mantenimiento y mano de obra), para los costos fijos, se utilizó la vida útil estandarizada, que aparece en la literatura adaptada al Ecuador, los precios de la maquinaria seleccionada y la tasa de interés anual, se utilizó los vigentes en las casas comerciales y los bancos del Ecuador.

Para los costos variables, especialmente el consumo de combustible, se utilizó la ecuación propuesta por Hetz y Brevis (2000), utilizando el promedio de consumo específico de combustible (CEC) de 235 cc/HPh. Para el cálculo de los costos de mantenimiento y reparación se utilizó, el coeficiente de 0,00007 (l/h) para el tractor, propuesto por Donato de Cobo, (2003), incluye los costos de lubricantes, filtros y grasas. Para el arado, rastra, surcador y sembradora, se emplearon los coeficientes 0,00015; 0,00010; 0,00015 y 0,00020 (l/h) respectivamente.

5.- Justificación económica del sistema mecanizado

Para el presente trabajo, se utilizó la ecuación (5) propuesta por Ibáñez y Villar (1994):

$$IMUE = \frac{C \cdot F \cdot A}{T \cdot C \cdot V} \quad (5)$$

IMUE = intensidad mínima de uso económico de un equipo propio o punto de equilibrio entre arrendar o usar su propia maquinaria (h/año)

CFA = costo fijo anual del equipo propio expresado en \$/año.

T = tarifa que cobra el arrendador o empresario por un servicio igual al realizado con el equipo propio en \$/h.

CV = costos variables del equipo propio incluyendo el tractorista, en \$/hr.

La tarifa (T), se calcula con la ecuación (6)

$$T = CF + CV + CMO + CA + UM \quad (6)$$

T = tarifa del equipo \$/h

CF = costo fijo \$/h

CV = costo variable del equipo \$/h

CMO = costo mano de obra \$/h

CA = costo de administración \$h, que se estima en un 10% del costo de operación (CF + CV + CMO) x 0.10

UM = utilidad mínima \$/h que se estima entre un 10 – 30% de los valores anteriores. (CF + CV + CMO + CA) x 0.20

Un número de horas iguales o superiores al punto de equilibrio (IMUE) justifica la adquisición de las máquinas y las inferiores al IMUE, hacen recomendable realizar trabajos con maquinaria arrendada o comprar el servicio (Ibáñez y Villar 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- Tiempo disponible

La **Tabla 1**, se puede apreciar que el promedio anual de días disponibles es de 276.2 y disminuye a 165.2 días, por motivos de los sábados, domingos y feriados, de los cuales nos permite obtener 1322 horas disponibles en el año, cifras algo menor que las consideradas por Jarre, (2000) de 1460 horas.

Tabla 1. Promedio de días disponibles para labores de preparación de suelo y siembra, en el Valle del río Portoviejo.

	TIEMPO DISPONIBLES NETOS												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
PROMEDIO (DÍAS)	18,2	8,2	10,5	14,8	23,4	27,8	29,4	30,1	29,4	30,1	27,8	26,5	276,2
SÁBADOS, DOMINGO	8	8	10	9	10,0	10	8,0	9,0	9,0	9,0	10,0	11,0	111
FERIADOS (DÍAS)													
DÍAS DISPONIBLES	10,2	0,2	0,5	5,8	13,4	17,8	21,4	21,1	20,4	21,1	17,8	15,5	165,2
NETOS													
HORAS DISPONIBLES*	81,6	1,6	4	46,4	107,2	142,4	171,2	168,8	163,2	168,8	142,4	124	1321,6

* 8 horas de trabajo diarias

En en la **Tabla 2**, se presentan los periodos dentro de los cuales se ejecutan las labores mecanizadas, para los cultivos de maíz, maní y sandía para la época de verano y maíz para el invierno.

Tabla 2. Períodos anuales de operaciones agrícolas mecanizadas para maíz, maní y sandía en el valle del río Portoviejo, Ecuador.

VERANO												
LABORES	ABR.		MAY.		JUN.		JUL.		AG.		SEP.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ARADA			14	112	9	72						
RASTRAJE					18	144						
SURCADA					9	63						
SIEMBRA Y FERT.												

INVIerno												
LABORES	OCT.		NOV.		DIC.		ENE.		FEB.		MAR.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ARADA												
RASTRAJE	21	168	9	72								
SURCADA			9	72	16	128						
SIEMBRA Y FERT.					8	64	5	40				

○ Días disponibles

□ Horas disponibles

1 Primera mitad

2 Segunda mitad

En la **Tabla 2** se destaca, además, que las faenas agrícolas mecanizadas se realizan durante los meses de mayo y junio para la época de verano y octubre, noviembre y diciembre para invierno, y permite realizar como mínimo dos cosecha al año de cultivos, permitiendo aumentar el número de horas de trabajo de los equipos.

2.- Selección del tamaño del tractor (potencia) e implementos (ancho)

Conociendo que el tiempo disponible, para la labor de arada, que es la operación más lenta y que demanda mayor potencia al tractor, es de 184 horas, en la época de verano versus las 240 horas de invierno (Tabla 3), se establece que el arado debe tener 0,54 ha/h; así mismo la CET de la rastra y surcador es de 0,69 y 1,39 ha/h, respectivamente.



Tabla 3. Capacidad de Trabajo.

ÉPOCA DE VERANO							
LABORES	PERÍODO	TIEMPO DISPONIBLE		CULTIVOS A SEMBRAR (ha)			CET Total (ha/h)
		días	Horas	Maíz	Maní	Sandía	
ARADA	MAY-JUN	23	184	70	20	10	0,54
RASTRAJE	JUNIO	18	144	70	20	10	0,69
SURCADA	JUNIO	9	72	70	20	10	1,39

ÉPOCA DE INVIERNO					
LABORES	PERÍODOS	TIEMPO DISPONIBLE		ÁREA A	CET (ha/h)
		días	horas	SEMBRAR (ha)	
ARADA	OCT.-NOV.	30	240	100	0,42
RASTRAJE	NOV.-DIC.	25	200	100	0,50
SIEMBRA Y FERT.	DIC.-ENE.	13	104	100	0,96

Tabla 4. Determinación del ancho de los implementos (m) y la potencia requerida.

LABORES	CET (ha/h)	VELOCIDAD km/h	Ef (%)	ANCHO DE TRABAJO (m)	DEMANDA UNITARIA ⁽¹⁾	POTENCIA (ETF)KW
ARADO	0,54	6	0,80	1,1	6 N/cm2 ⁽²⁾	40
RASTRAJE	0,69	7,5	0,85	2,0 ⁽³⁾	2,8 N/m	25
SURCADA	1,39	7	0,90	2,4 ⁽³⁾	1,8/cuerpo	25
SIEMBRA Y FERT.	0,96	4,5	0,80	3,6 ⁽³⁾	1,5/hilera	14

⁽¹⁾ Kepner, et al. 1978

⁽²⁾ Trabajando a 20 cm de profundidad

⁽³⁾ Anchos de trabajo existentes en el mercado ecuatoriano., para el surcador y sembradora tres cuerpos e hileras..

La demanda de potencia que tiene el arado, es suficiente para operar la rastra, surcador y la sembradora, existentes en Manabí; lo cual indica que durante las faenas de rastraje y surcada el tractor tendrá un nivel de carga de 63% y para la faena de siembra un 35%.

En la **Tabla 4**, podemos observar la potencia obtenida a través de la ecuación (3), de los diferentes implementos utilizados. El arado, es el implemento que demanda el mayor esfuerzo del tractor, requiere una potencia al ETF (toma de potencia) de 40 kW (54 HP). Aplicando la "Regla del 86%", (Bowers, 1978), se necesita un tractor con una potencia de 46,5 kW (63 HP) al motor, con un ancho de trabajo de 1,10 m (ecuaciones 2 y 3) y una demanda unitaria de 6 N/cm2, trabajando a una profundidad de 20 cm. La demanda de potencia de la rastra, surcador y sembradora es de 25, 25 y 14 kW respectivamente.

3.- Determinación de los Costos

El costo total del tractor corresponde a USD 11,21/h, el cual el 24% (2,66USD/h) corresponde al combustible. El segundo costo unitario más alto corresponde al interés sobre el capital (2,50USD/h), lo cual se explica por la alta tasa de interés (16%).

Con relación a los implementos agrícolas, el costo más alto corresponde a la sembradora con 7,78 USD/h, debido a su bajo número de horas anuales trabajadas, ya que es empleada solo en la época de invierno, por lo que sería conveniente, aumentar sus horas de trabajo. Seguido de la rastra, arado y surcador con costos de 5,67 – 3,71 y 2,81 USD/h, respectivamente.

4.- Justificación Económica del Sistema Mecanizado

De acuerdo con lo establecido en el sistema de cultivo, para el Valle del Río Portoviejo de la provincia de Manabí, para las estaciones de verano e invierno; en la Tabla 5 se aprecia que el uso anual para todo el sistema mecanizado es de 836 horas y considerando que el tractor debe trabajar 1000 hora en el año, tendríamos un excedente de 164 horas, las mismas que pueden constituir una reserva para otras actividades agrícolas del agricultor y /o venderlas; por lo que se justifica su adquisición.

Tabla 5. Horas de uso anual

LABORES	AREA TRABAJADA (Ha)		TIEMPO OPERATIVO HORA/Ha	HORAS DE USO ANUAL (h)
	VERANO	INVIERNO		
ARADA	100	100	1,85	370
RASTRAJE	100	100	1,45	290
SURCADA	100	0	0,72	72
SEMBRADA	0	100	1,04	104
T O T A L				836

Tabla 6. Tarifas de las operaciones agrícolas mecanizadas

LABOR	COSTO POR LABOR REALIZ. USD/HORA	COSTO ADM. (CA) ⁽¹⁾ USD/HORA	UTILIDAD MÍNIMA (UM) ⁽²⁾ USD/HORA	TARIFA DEL EQUIPO USD/HORA
ARADA	14,92	1,49	3,28	19,70
RASTRAJE	16,88	1,69	3,71	22,28
SURCADA	14,01	1,40	3,08	18,50
SEMBRADA	18,98	1,90	4,18	25,06

⁽¹⁾ 10% del costo total de labor

⁽²⁾ 20% sumatoria costos por labor y administración

La sembradora es de 25,06 USD/hora, es el más alto, debido a su bajo número de horas de uso anual, por lo que se sugiere, aumentar sus horas de trabajo en la época de verano, con otros sistemas de riego, que permita la utilización de sembradoras, cultivadores y pulverizadores.

De acuerdo con el resultado obtenido para la intensidad mínima de uso (IMUE), en el se obtuvo que el mayor número de horas de uso al año corresponde al arado que es de 470, seguidos del surcador, rastra y sembradora con 445, 407 y 348 horas/año respectivamente. Estos resultados nos indican que el uso anual de cada máquina es menor al IMUE, lo que significa que es conveniente arrendar los equipos que adquirirlos.

Sin embargo, con una reprogramación de las labores de los sistemas de producción, incorporando más labores agrícolas mecanizadas (control de malezas, fertilización, pulverización, transporte de productos y vender los servicios), se justifica plenamente su adquisición.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por López y Hetz (1998), quienes al considerar 1600 horas de uso anual del tractor sobrepasaron más del 30% del IMUE que con uso de 800 horas/año.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existe amplio tiempo disponible para ejecutar operaciones agrícolas mecanizadas en el valle del río Portoviejo, Manabí, Ecuador, que llegan en promedio a 276 días/año y 165 días/año como valores bruto y neto, respectivamente.

El sistema mecanizado seleccionado debe contar con un tractor con una potencia al motor de 63 HP, un arado, rastra, sembradora y surcadora con CET de 0,54; 0,69; 0,96 y 1,39 ha/h, respectivamente.

Los costos operacionales por hora y por hectárea resultan ser altos por efecto del alto precio de adquisición, elevada tasa de interés al capital y bajo número de horas de uso anual, lo que hace muy exigente la justificación económica, por lo que se recomienda aumentar las horas de uso por año.



BIBLIOGRAFÍA

- Beduschi, L. 1996.** Planejamento e gerenciamento do uso de maquinas e implementos em uma propriedade agricola. Sociedade Brasileira de Engenharia agricola. XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agricola. Bauru – SP. Brasil 30p.
- Donato de Cobo, L. 2003.** Gestión integral de la maquinaria agrícola. INTA/IIR. Buenos Aires, Argentina. 58p.
- Hetz, E. y M. Brevis, 2000.** Consumo y ahorro de combustible en la utilización de tractores agrícolas. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería Agrícola, Campus Chillán-Chile. (Boletín de Ext. N° 66), 19p.
- Hetz, E. 1995.** Selección de tractores agrícolas, según la potencia requerida por los equipos. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería Agrícola, Campus Chillán-Chile. (Boletín de Ext. N° 31), 22p.
- Ibáñez, M. y S. Villar, 1994.** Justificación económica del uso de maquinaria agrícola. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería Agrícola, Campus Chillán-Chile. (Boletín de Ext. N° 27), 43p.
- Ibáñez, M. y E. Rojas, 1994.** Costo de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería Agrícola, Campus Chillán-Chile. (Boletín de Ext. N° 26), 58p.
- Jarre, R. 2000.** Fomento de la Mecanización Agrícola en los Valles de la Provincia de Manabí. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agrícola, Portoviejo, Ecuador (Documento Interno).
- Kepner, R., R. Bainer, and E. Barger, 1980.** Principles of farm machinery. Avi, Westport, USA.
- López, M. y E. Hetz. 1998.** Uso anual que justifica económicamente la propiedad de algunas máquinas agrícolas de alto precio. Agro Sur 26 (2): 44-52. Valdivia, Chile.
- MAG, 2003.** Costos de producción de los cultivos más importantes de la provincia de Manabí. Ministerio de Agricultura, Dirección Provincial Agropecuaria de Portoviejo, Departamento de Estadística. Portoviejo, Ecuador.
- Riquelme, J. y E. Hetz, 1992.** Predicción computacional del tiempo disponible para ejecutar faenas agrícolas mecanizadas en Ñuble. Agricultura Técnica (Chile) 52(1): 97100.
- White, R. 1977.** Matching tractor horsepower and farm implement size. Michigan State University, Extension Bulletin E-1152. East Lansing, USA