



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Tesis Doctoral

Título:

Capacidad de trabajo y momento de reemplazo de
equipos de cosecha en la provincia de Salta

Doctorando: Lic. Carla De Simone

Directora: Dra. Laura Draghi

Co-Directores:

C. P. N. Enrique N. Cartier
M. Sc. Ing. Agr. Raúl Jorge Rosa

10 de Abril de 2014

Para Juan y Lucía

Los amores de mi vida. Sin ustedes nada de esto tendría sentido

AGRADECIMIENTOS

Por sus lecturas e invaluable aportes mis más profundos agradecimientos a: Roberto Filgueira, Daniel Jorajuría, Guillermo Hang, Amilcar Arzubi y Patricio Narodowski.

Por su apoyo para poder tomar los datos de esta tesis, hacer cursos, por sus críticas implacables y por su buena predisposición para guiarme siempre: a José Portillo.

Por la información brindada y la buena voluntad para ayudarme a entender los complejos temas de ingeniería rural a: Mario De Simone, Susana García Medina, Adriana Godoy, Ignacio Nieva, Alejandro Sentana, Jorge Walberg, Juan Regazzoni, Mario Bragachini, José Peiretti, Mauricio Santa Juliana, Patricio Calonges, Ruy Vidal, Daniel Sfasciotti, Miguel Condepratt y, especialmente, a un buen amigo que ya no está con nosotros: Jorge del Valle.

A mis compañeros de Socioeconomía por el apoyo en los últimos dos años y en especial a Claudia Kebat, Pedro Carricart, Adriana Ricetti, María Laura Bravo y Almendra Cremaschi.

Un agradecimiento especial se merecen los colaboradores de lujo especialistas en distintas áreas. Andrea Bértola me ayudó con la traducción del resumen al inglés y Gretel Markopolski que realizó correcciones de estilos. Lucrecia Mendizabal hizo unos hermosos diseños para la presentación y Lara Falk que le robó unos momentos a Luca para diseñar las tapas de esta tesis. Por último, a Juan Tomatti que además de aguantarme en todo este proceso, puso toda su experiencia a disposición para que el programa informático que acompaña esta tesis tenga tan buenas prestaciones.

CAPACIDAD DE TRABAJO Y MOMENTO DE REEMPLAZO DE EQUIPOS DE COSECHA EN LA PROVINCIA DE SALTA

Resumen

En esta tesis se desarrolló un modelo matemático que permitirá a los productores agropecuarios identificar las variables relevantes para dimensionar los equipos de cosecha. La variable dependiente fue el costo anual de cosecha, previamente desagregada para el análisis en cuatro rubros: de propiedad, operativos, de oportunidad por la demora en la cosecha y los especiales que surgen de la implementación de sistemas de cosecha alternativos (sólo en el caso del poroto). Las variables independientes fueron el sistema de cosecha y la capacidad de trabajo de los equipos.

Los costos de propiedad son aquellos que no dependen de la intensidad del uso de la máquina. Los ejemplos principales son la depreciación, el interés sobre el capital invertido, los impuestos, los seguros y el resguardo.

Dentro de los costos operativos se consideraron tres rubros relevantes: combustibles y lubricantes, reparación y mantenimiento y mano de obra.

Los costos de oportunidad por la demora en la cosecha incluyeron tanto las reducciones en el rendimiento como la calidad del cultivo.

Los costos específicos para el sistema de cosecha mecánica directa incluyeron la aplicación de un desecante químico y, en el caso del sistema de cosecha convencional, los costos de las labores de arrancado, engavillado y acordonado. También se incluyen en este rubro las diferentes pérdidas de cosecha que traen aparejadas ambos sistemas.

Para estimar la capacidad de trabajo de los equipos, se utilizó la técnica de programación no lineal mientras que, para la selección del sistema de cosecha, se compararon los valores netos del producto

cosechado de cada uno; asimismo se estimó por iteraciones el punto de indiferencia entre ambos sistemas de cosecha.

Aunque este modelo es aplicable a cualquier empresa agrícola extensiva en el país, fue evaluado para las producciones de soja (*Glycine max L. Merrill*), poroto (*Phaseolus vulgaris L.*) y trigo (*Triticum aestivum L.*) en los departamentos de San Martín y Orán de la Provincia de Salta (Argentina).

Los datos empíricos provienen de numerosos relevamientos realizados en el marco del trabajo de la autora como consultora en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) y como referente en el “Proyecto de eficiencia de cosecha, postcosecha de granos y forrajes, y valor agregado en origen” del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) entre agosto de 2004 y noviembre de 2008. También se utilizan datos del Censo Nacional Agropecuario (CNA) de 2002, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de revistas especializadas del sector.

Como uno de los principales resultados, puede destacarse que el modelo para estimar la capacidad de trabajo óptima tuvo un buen comportamiento, aportando soluciones coherentes. Éstas se mostraron relativamente estables para la unidad de producción típica analizada, aun tomando diferentes combinaciones de precios y rendimientos históricos.

Uno de los principales logros obtenidos fue el desarrollo del programa informático *Asesor de cosecha*, con una interfaz muy sencilla y flexible, que permite utilizar el modelo desarrollado para seleccionar la capacidad de trabajo y el sistema de cosecha más eficiente y que puede ser adaptado a cualquier región geográfica y combinación de cultivos agrícolas extensivos.

Asimismo, la capacidad óptima mostró una mayor sensibilidad a las variables que inciden a través de los costos de oportunidad por la demora en la cosecha, los cuales se mostraron más significativos que los costos de propiedad adicionales por incrementar la capacidad de trabajo. También se observó que la capacidad de trabajo óptima es un 8% inferior si se utiliza el sistema de cosecha convencional.

Por su parte, la capacidad de trabajo óptima es fuertemente sensible a la superficie trabajada anualmente y a la destinada al cultivo del poroto por ser éste el de mayor valor. La cantidad de cultivos realizados no muestra correlación, lo cual difiere de los resultados de trabajos anteriores.

Los sistemas de cosecha analizados para el poroto alubia son en promedio indiferentes respecto de su eficiencia económica. Sólo si los precios del poroto se alejan mucho del valor de indiferencia se observa una mayor conveniencia del sistema de cosecha convencional. La demora en la cosecha por una capacidad de trabajo inferior a la óptima no muestra demasiada influencia en esta decisión.

En el caso del poroto negro, de un precio inferior, se observa una mayor eficiencia del sistema de cosecha mecánica directa.

Respecto a la forma de las funciones de los componentes del rubro de costos operativos se observaron dos tramos diferentes: el primer tramo se da cuando la capacidad de trabajo óptima puede alcanzarse con una sola cosechadora; el segundo tramo aparece cuando, para alcanzar la capacidad de trabajo óptima, son necesarias dos o más cosechadoras. En este caso, incrementar la capacidad no redundará en menores gastos en combustibles y en reparaciones y mantenimiento por hectárea. Por lo tanto, en este tramo ambas funciones tienen una correlación directa con la superficie cosechada.

Esta bifurcación en la función de costos de cosecha permite explicar por qué diferentes autores toman supuestos ad hoc contrapuestos según el tamaño y las características de la unidad de producción típica que estén analizando. Esta distinción fue posible gracias a una profunda investigación sobre la oferta nacional de cosechadoras, tomándose numerosos datos en comparación con otros estudios del ramo que permitieron realizar un análisis estadístico de correlación lineal.

Palabras Clave

Maquinaria agrícola, costos, eficiencia.

Título Abreviado

Capacidad de trabajo de los equipos de cosecha.

EQUIPMENT WORK CAPACITY AND REPLACEMENT MOMENT IN SALTA PROVINCE

Summary

In this thesis a mathematical model was developed to let farmers identify main variables in order to select the best harvester equipment management.

Annual harvesting cost was the dependent experimental variable, previously disassembled in four cost items: ownership, operation, timeliness and the specifics that arise from the implementation of alternative harvest systems used only in dry beans crops. Independent variables were harvesting system and work capacity of the equipment.

Ownership costs are seemingly independent of use and are often called fixed costs or overhead costs. Main examples are: depreciation, investment rent, taxes, insurances and shelter.

Within operation costs three items were considered: fuel and lubricants, repair and maintenance and labor costs.

Timeliness costs included not only yield reductions, but grain quality depreciation, as well.

Specific costs of mechanic direct harvest system included chemical drying. In the case of the conventional harvest system previous labors as stripped and rowed of the crop to be harvested later were added. Harvesting losses have been included too.

Non linear programming technique was used in order to estimate optimal work capacity of equipment. On the other hand, to select the harvesting system, Net Harvest Product Value (NHPV) was compared. Critical point of indifference between both systems was inferred by iteration.

This model is applicable to any extensive agricultural farm, however it was developed specifically for agricultural production of soybean (*Glycine max L. Merrill*), dry beans (*Phaseolus vulgaris L.*), and wheat (*Triticum aestivum L.*) in Salta Province (Argentina).

Empiric data font was originated from my own work at the Agricultural, Livestock and Fishery Ministry and as a consultant for the Harvest and Postharvest Efficiency of Grains and Fodder Project between August 2004 and November 2008. Other data provider was the National Agriculture and Livestock Census of year 2002, Meteorological National Service and specialized magazines.

The main result was an optimal work capacity model which showed a good performance giving consistent solutions. Results showed stability, in spite of being considered different combinations of historical prices and yields.

One of the major accomplishments was the development of the software program *Harvest Advisor*, with a very simple and flexible interface. It allows the application of the model to optimize equipment's work capacity and the most efficient harvest system. Finally, it can be adapted to any geographical region and set of agricultural crops.

In the same way, optimal work capacity showed higher sensibility to variables related to timeliness costs due to harvest delay. These showed more significant than additional ownership costs due to the increment in work capacity. Optimal workability was 8% lower using conventional harvesting system.

In turn, optimal workability was highly related to total annual harvest area and to dry bean area because it is the most valuable. Quantity of different crops did not show relation, which differs from previously quoted works.

Harvesting systems analyzed for dry beans crop, showed no relation to economic efficiency. Only with dry bean price significantly out of the range of indifference value, conventional harvesting system has a better

behavior. Delayed harvest due to under capacity does not show much influence in this decision.

In the case of black dry beans, having lower market price, mechanic direct harvesting system showed more efficiency.

Concerning the equations shape of operating costs, two different profiles were observed.

The former section was observed when optimal work capacity can be reached with only one combine.

The second section appeared when two or more combines are needed to reach the work capacity demanded. In this case, to improve workability does not lead to diminishing fuel consumption, repairs and maintenance per harvested hectare. Therefore, in this section both equations have a direct correlation with the harvested area.

This duality in harvest costs, let us expose why different authors take different *ad-hoc* assumptions, depending on the size and features of the typical production unit. It was possible to draw a distinction considering and analyzing national combine market, collecting data compared to other studies in the subject area which allowed performing a statistical linear correlation analysis.

Keywords

Agricultural machinery, costs, efficiency.

INDICE

Resumen	1
Palabras Clave	3
Título Abreviado	4
Summary	6
Keywords	8
INDICE	11
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	14
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	16
1.INTRODUCCIÓN	17
1.1. Antecedentes y justificación	17
1.2. Objetivos	22
1.3. Hipótesis de trabajo	24
1.4. Transferencia	24
1.5. Elección del modelo	25
1.6. Plan de trabajo	26
1.7. Estructura del documento	28
2.MARCO TEÓRICO	32
2.1. Estructura agraria y características ambientales de la sub-región principal	32
2.1.1. Características ambientales	33
2.1.1.1. Zona muy húmeda	33
2.1.1.2. Zona húmeda	34
2.1.1.3. Zona sub-húmeda	34
2.1.2. Características socioeconómicas de las unidades de producción de la sub-región principal	34
2.2. Sistemas de cosecha del poroto	36
2.2.1. Sistema de cosecha convencional	36
2.2.1.1. Arrancado	36
2.2.1.2. Engavillado	37
2.2.1.3. Acordonado	38
2.2.1.4. Recolección del cordón	39
2.2.2. Sistema de cosecha mecánica directa	39
2.2.2.1. Características del cultivar	40
2.2.2.2. Prácticas de manejo del cultivo	40
2.2.2.3. Equipamiento y regulación de la plataforma	41
2.2.3. La unidad de producción y el sistema de cosecha	41
2.3. Capacidad de trabajo	42
2.4. Componentes de las funciones de costos	43
2.4.1. Costos de propiedad	43
2.4.2. Costos operativos	48
2.4.3. Confiabilidad de los equipos	49
2.4.4. Costos de oportunidad por la demora en la cosecha	50

2.5.	La selección de la capacidad de trabajo de los equipos	56
2.6.	La selección del sistema de cosecha	58
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1.	Observaciones censales y unidades de producción tipo	62
3.2.	Del relevamiento de la oferta de máquinas	63
3.3.	De la estructura de costos	65
3.3.1.	Costos de propiedad anuales	66
3.3.2.	Costos operativos anuales	67
3.3.2.1.	Combustibles	67
3.3.2.2.	Reparaciones y mantenimiento	67
3.3.2.3.	Confiabilidad de los equipos	68
3.3.2.4.	Mano de obra	68
3.3.3.	Costos por demora en la cosecha	69
3.3.3.1.	Parámetro Z	69
3.3.3.2.	Coeficiente K_3	69
3.3.3.3.	Cantidad de horas de trabajo por día	69
3.3.3.4.	Probabilidad de días aptos para la cosecha	69
3.3.4.	Costos específicos de los sistemas de cosecha	70
3.3.4.1.	Cosecha mecánica directa	70
3.3.4.2.	Cosecha convencional	70
3.4.	Selección de la Capacidad de Trabajo	72
3.5.	Selección del Sistema de Cosecha	73
3.6.	Programa Informático	73
4.	RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN	75
4.1.	El modelo	75
4.1.1.	Costos de propiedad	75
4.1.2.	Costos operativos	76
4.1.2.1.	Combustibles	76
4.1.2.2.	Reparaciones y mantenimiento	78
4.1.2.3.	Mano de obra	81
4.1.3.	Costos por demora en la cosecha	82
4.1.4.	Costos específicos de los sistemas de cosecha	84
4.1.4.1.	Pérdidas según sistema de cosecha	84
4.1.4.2.	Costos específicos de los sistemas de cosecha de poroto	85
4.1.4.3.	Cosecha mecánica directa	85
4.1.4.4.	Cosecha convencional	85
4.2.	La Selección de la Capacidad de Trabajo	86
4.2.1.	Cosecha mecánica directa	86
4.2.2.	Cosecha convencional	89
4.2.3.	Sensibilidad de la capacidad de trabajo óptima a las variables aleatorias del modelo	91
4.2.4.	Sensibilidad de la capacidad de trabajo óptima a las variables descriptivas del modelo	92
4.2.5.	Discusión de los resultados con los obtenidos por otros autores	94
4.3.	La Selección del Sistema de Cosecha	95
4.3.1.	Cosecha directa	95
4.3.2.	Cosecha convencional	96
4.3.3.	Comparación de sistemas de cosecha y su sensibilidad a las variables aleatorias del modelo	96
4.3.4.	Comparación de sistemas de cosecha y precio del producto de indiferencia	97

4.3.5.	Influencia de los costos de oportunidad por la demora en la cosecha en la elección del sistema de cosecha	99
4.3.6.	Discusión de los resultados con los obtenidos por otros autores	101
4.4.	Programa Informático <i>Asesor de cosecha</i>	102
4.5.	Principales Resultados	102
5.	CONCLUSIONES	106
6.	BIBLIOGRAFÍA	108
7.	TABLAS	117
8.	FIGURAS	132
9.	ANEXOS	146
9.1.	ANEXO I: Oferta de cosechadoras en argentina	146
9.2.	ANEXO II: Pedido al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos	152
9.3.	ANEXO III: Análisis de regresión precio de la cosechadora y equipos complementarios vs. capacidad de trabajo	155
9.4.	ANEXO IV: Análisis de regresión consumo de combustible vs. capacidad de trabajo	158
9.5.	ANEXO V: Análisis de regresión gastos de reparación y mantenimiento vs. capacidad de trabajo	161
9.6.	ANEXO VI: Series de precios utilizadas	165
9.7.	ANEXO VII: Matriz de correlación capacidad de trabajo óptima para el sistema de cosecha directa en relación a las variables descriptivas	167
9.8.	ANEXO VIII: Matriz de correlación capacidad de trabajo óptima para el sistema de cosecha convencional en relación a las variables descriptivas	169
9.9.	ANEXO IX: Interfaz del programa de iteración para hallar valores de indiferencia de las variables	170
9.10.	ANEXO X: Listado de variables del modelo	171
9.11.	ANEXO XI: Manual de usuario del programa informático	174

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<i>Tabla N°1: Superficie total de las explotaciones agropecuarias con límites definidos, por tipo de uso de la tierra, – San Martín y Orán (Salta)</i>	117
<i>Tabla N°2: Superficie ocupada por los diferentes cultivos expresados en hectáreas – San Martín y Orán (Salta)</i>	118
<i>Tabla N°3: Caída promedio anual en el valor de un equipo (% del valor a nuevo)</i>	119
<i>Tabla N°4: Equipos complementarios según capacidad de trabajo de la cosechadora</i>	120
<i>Tabla N°5: Coeficiente K3 por cultivo</i>	121
<i>Tabla N°6: Probabilidad de días aptos para la cosecha por cultivo. Orán (Salta)</i>	122
<i>Tabla N°7: Parámetros dj por cultivo</i>	123
<i>Tabla N°8: Costos específicos de la aplicación de un desecante químico en el sistema de cosecha directa</i>	124
<i>Tabla N°9: Costos de propiedad específicos en el sistema de cosecha convencional</i>	125
<i>Tabla N° 10: Costos operativos específicos y totales en el sistema de cosecha convencional</i>	126
<i>Tabla N°11: Resumen de los principales parámetros y variables del modelo</i>	127
<i>Tabla N°12: Capacidad de trabajo óptima y su distribución (en ha/h)</i>	128
<i>Tabla N°13: Resumen de los principales parámetros y variables del modelo (Continuación)</i>	129
<i>Tabla N°14: Valor neto del producto cosechado (en U\$/ha) y su distribución</i>	130
<i>Tabla N°15: Comparación de los valores obtenidos (en u\$/ha) en el modelo respecto a estudio precedente de PAMI (1998)</i>	131
<i>Figura N°1: Sistemas de cosecha y postcosecha de poroto</i>	132
<i>Figura N°2: Modelos de pérdidas por demora</i>	134
<i>Figura N°3: Gráfico de dispersión y línea de regresión lineal del precio de las cosechadoras y equipos complementarios en relación a la capacidad de trabajo</i>	135
<i>Figura N°4: Gráfico de dispersión y línea de regresión lineal del consumo de combustibles de la cosechadora y los equipos complementarios en relación a la capacidad de trabajo</i>	136
<i>Figura N°5: Gráfico de dispersión y línea de regresión lineal de los gastos de reparación y mantenimiento de la cosechadora y los equipos complementarios en relación a la capacidad de trabajo</i>	137
<i>Figura N°6: Cosecha mecánica directa. Poroto alubia y soja</i>	138
<i>Figura N°7: Cosecha mecánica directa. Poroto negro y soja</i>	139
<i>Figura N°8: Cosecha convencional. Poroto alubia y soja</i>	140

<i>Figura N°9: Cosecha convencional. Poroto negro y soja</i>	141
<i>Figura N° 10: Diferencias porcentuales del valor del producto neto cosechado entre el sistema de cosecha convencional y mecánica directa para el poroto alubia</i>	142
<i>Figura N° 11: Diferencias porcentuales del valor del producto neto cosechado entre el sistema de cosecha convencional y mecánica directa para el poroto negro</i>	143
<i>Figura N° 12: Valor del producto neto cosechado para el sistema de cosecha convencional (2) y mecánica directa (1) para el poroto alubia en función de la capacidad de trabajo</i>	144
<i>Figura N° 13: Valor del producto neto cosechado para el sistema de cosecha convencional (2) y directa (1) para el poroto negro en función de la capacidad de trabajo</i>	145

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ha	hectáreas
h	horas
U\$S	dólares estadounidenses
\$	pesos argentinos
t	toneladas
kg	kilogramos
L	litros
mm	milímetros
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
s	segundos
HP	caballo de fuerza
CV	caballo de vapor
kW	kilovatio
km	kilómetro
m	metro
%	Por ciento
q	quintal

AER. Agencia de Extensión Rural

ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers

CNTA. Comisión Nacional de Trabajo Agrario

EEA. Estación Experimental Agropecuaria

INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

MECON. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.

MAGYP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

PAMI. Prairie Agricultural Machinery Institute

PRECOP. Proyecto Nacional de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y justificación

De acuerdo a datos oficiales (MAGYP, 2013a), la producción de los diecinueve principales cultivos agrícolas¹ en la Argentina ha mostrado un crecimiento sostenido en las últimas cuatro décadas, a pesar de algunas variaciones por motivos climáticos y de mercado, pasando de 25 millones de toneladas a principios de los 70's a 104 millones, y un nuevo máximo histórico en la campaña 2010/11.

Este incremento se debió, en parte, a mejoras en la productividad que permitieron los nuevos paquetes agronómicos de siembra directa, semillas transgénicas y herbicidas selectivos; pero también a un importante crecimiento en la superficie destinada a la agricultura en detrimento de la actividad ganadera. La superficie cosechada pasó de 15,6 millones de hectáreas a principios de los 70's a 32,4 millones en la campaña 2010/11. Con la expansión de la superficie se modificó la participación de los distintos cultivos observándose una creciente especialización. La dupla soja -trigo explica este incremento debido, principalmente, a la difusión de la siembra directa que, a partir de mediados de los 90, redujo sensiblemente los costos (Bisang; 2003).

Con la devaluación del tipo de cambio de 2002 y un contexto internacional de precios agrícolas muy favorables, la producción argentina creció fuertemente a pesar de las restricciones en la cadena de pagos y la imposibilidad de acceder a un financiamiento bancario tradicional. La captación de fondos para la adquisición del capital de trabajo se realizó mediante herramientas financieras novedosas en nuestro país, como los fideicomisos o las sociedades de garantía recíproca.

La infraestructura de transporte y almacenamiento tampoco era adecuada para el crecimiento de la producción, pero la implementación y uso masivo del silo bolsa permitió el almacenamiento en el campo con inversiones relativamente pequeñas.

¹Algodón, Alpiste, Arroz, Avena, Cártamo, Cebada Cervecera, Cebada Forrajera, Centeno, Colza, Girasol, Lino, Maíz, Maní, Mijo, Poroto Seco, Soja, Sorgo y Trigo.

Por su parte, las inversiones en maquinaria agrícola para atender el incremento de la cosecha fue realizada en gran medida por contratistas (así se denominan en la Argentina a las empresas prestadoras de servicios de mecanización).

La existencia de cosechadoras de granos disminuyó de 28972 en 1988 a 22653 (22% menos) unidades en 2002, por lo que no se observó un acompañamiento a la expansión en la superficie agrícola. Adicionalmente, se observa un aumento en la edad promedio del parque de cosechadoras (INDEC; 1991 y 2005). Esto puede ser compensado debido a que los equipos modernos son más potentes y poseen una mayor capacidad de trabajo. Los datos censales verifican un incremento en la proporción de cosechadoras de mayor potencia (INDEC; 1991 y 2005). No obstante, analizando el índice de mecanización por hectárea puede observarse que éste pasó de 0,16 kW/ha en 1988 a 0,09 kW/ha en 2002, lo cual implica una capacidad de cosecha un 41% menor.

No existen datos oficiales más recientes sobre la evolución del parque de cosechadoras y su composición que nos permitan verificar si la tendencia aquí observada se mantiene. No obstante, según estimaciones de Bragachini *et al.* (2011), si bien el parque se redujo un 9% respecto de los datos del Censo Nacional Agropecuario de 2002 (INDEC; 2005), el envejecimiento del mismo se habría atenuado. Bragachini *et al.* (2011), observan que el parque posee una antigüedad promedio de 8,57 años que, analizado en un contexto internacional, resulta de bueno a muy bueno dado que es comparativamente similar al de los Estados Unidos, pero con gran diferencia en las horas de uso anual promedio: en este sentido, en la Argentina la cosechadora se utiliza entre 900 y 1300 horas por año, mientras que en los Estados Unidos el uso anual ronda de 300 a 400 horas.

Las pérdidas de cosecha por los factores enumerados anteriormente han sido medidas y valorizadas por el Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Cereales y Oleaginosas alcanzando aproximadamente 1500 millones de dólares anuales (Bragachini *et al.*; 2011).

La situación descrita presenta indicadores suficientes para llamar la atención al investigador y realizar las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué variables son relevantes a la hora de dimensionar los equipos de cosecha?
- ✓ ¿El productor dimensiona cuantitativamente el impacto de la demora en la cosecha?
- ✓ ¿Qué variables son significativas para seleccionar eficientemente sistemas de cosecha alternativos?
- ✓ ¿Las soluciones son estables en el tiempo? ¿Qué variables producen cambios significativos en las soluciones?

Estos interrogantes, que son planteados asimismo por los principales actores del sector (productores, asesores, proveedores de insumos, cámaras, asociaciones de productores, políticos), son los que han motivado la investigación.

Los fundamentos económicos para la toma de estas decisiones han sido estudiados para empresas agropecuarias de Europa y de los Estados Unidos. Autores como Burrows & Siemens (1974), Philips & O'Callaghan (1974), Van Elderen (1978 y 1980), Edwards & Boehlje (1980), Audsley (1984), Huan-Wen & Hunt (1985), de Toro & Hansson (2003), Sørensen (2003), de Toro (2004), Søggaard & Sørensen (2004), Borges *et al.* (2006) y la Sociedad Americana de Ingeniería Agrícola y Biológica (2011a y b), entre otros, han analizado de qué depende y cuál debería ser la capacidad de trabajo de los equipos para distintos modelos de productores.

No obstante la amplia acumulación de antecedentes sobre el tema, si los productores agropecuarios argentinos estiman que es conveniente adquirir equipos de cosecha, carecen de una metodología abordable por ellos mismos para dirimir cuál es la capacidad de trabajo que debería reunir su flota. Esto es muchas veces la causa de disminución de los márgenes brutos potenciales de su empresa y pone en peligro su sustentabilidad económica a largo plazo.

Según se ha expuesto, existe la necesidad de que se aporten elementos de análisis para la toma de decisiones de los productores. Desde la perspectiva de este trabajo, se intentará contribuir con el mejoramiento de la eficiencia en la cosecha de granos en la Argentina.

Esta tesis propone un modelo de programación no lineal que describe la función de costos de cosecha del productor y que le permite optimizar el dimensionamiento de los equipos de cosecha. La función de costos consta de tres componentes principales, tal como señala ASABE (2011b): los costos de propiedad, los costos operativos y los costos de oportunidad por la demora en la cosecha.

El conocimiento de la zona y del sector, por años de trabajo desempeñados en el estudio de la eficiencia en la cosecha de poroto, me ha motivado para localizar el área de estudio en la Zona Norte de la Provincia de Salta. Ésta aportó en la campaña 2010/11 el 72% de la producción del poroto a nivel nacional, el 4% de la de la soja, el 2% de la del trigo y el 3% la del maíz (*Zea mays* L.) (MAGYP; 2013a).

Cabe destacar que casi el 100% de la producción del poroto se destina a la exportación. En contraposición, un destino importante del resto de los granos producidos en la provincia es el consumo interno: se exporta el 48% del trigo, el 66% del maíz y el 27% de la soja (MAGYP; 2013b). La superficie implantada con granos y poroto, en la Provincia de Salta, viene creciendo exponencialmente desde la década del 70 a una tasa del 6,3% anual, alcanzando en la campaña 2011/12 más de un millón de hectáreas.

Con la expansión de la superficie se modificó la participación de los distintos cultivos. La dupla soja-trigo explica el 73% de este incremento. El comportamiento del poroto ha sido oscilante con una firme tendencia positiva, aunque con una tasa de crecimiento inferior a la de la soja. Por esto su participación en la superficie agrícola de la provincia desciende de un valor máximo del 85% a mediados de los 70's a uno del 18% en la última campaña (MAGYP; 2013a).

En cuanto a la evolución del parque de cosechadoras, se observa una tendencia similar, a nivel nacional, en la reducción de la cantidad de equipos, con un aumento en la proporción de cosechadoras de mayor potencia (INDEC; 1991 y 2005). Pero el índice de mecanización por hectárea es sensiblemente inferior al promedio nacional y pasó de 0,08 kW/ha en 1988 a 0,04 kW/ha en 2002, lo cual implica una capacidad de cosecha un 50% menor.

Por otra parte, el riesgo climático en la producción del poroto es en general alto. Una encuesta realizada en 1986 determinaba que un cuarto de los productores consultados consideraba que se perdía, por esas razones, una cosecha de cada cuatro en el Sur de Salta, y que la mitad de los productores afirmaba lo mismo para las provincias de Santiago del Estero y Tucumán (Reboratti; 1989).

Según Reboratti (1989), la variación anual (un fenómeno del clima subtropical monzónico) genera una estación seca en otoño e invierno y una estación húmeda que comienza a fines de la primavera y se prolonga durante el verano. Si bien las cantidades anuales de precipitación llegan a ser importantes (el rango abarca entre los 500 y 1000 mm) hay varios meses del año con déficit hídrico, lo cual se explica por las elevadas pérdidas de agua por evapotranspiración, que va disminuyendo la oferta global hasta dar balances hídricos negativos.

Los datos de varias localidades del Umbral al Chaco² ratifican la dinámica estacional de las lluvias, lo cual a su vez define la aptitud de la región para cultivos de secado sólo en el período estival (Reboratti; 1989).

La ocurrencia de heladas, sobre todo tempranas, es otro factor de incertidumbre de esta región. Las mismas pueden malograr la cosecha de granos o afectarlos en su última etapa de crecimiento (Reboratti; 1989).

Para el cultivo del poroto pueden utilizarse dos sistemas de cosecha alternativos: el convencional y la recolección directa empleada para la soja y el trigo, la cual ocasiona pérdidas algo mayores al recoger el poroto (De Simone & Godoy; 2006 a y b). La selección del sistema de cosecha óptimo dependerá de la escala de producción y de las características ambientales y socioeconómicas de la región (PRECOP; 2005).

El sistema convencional de cosecha del poroto se desarrolló en la década del 60, es usado en el presente y se integra por cuatro operaciones sucesivas. Primero, se realiza el arrancado de las plantas

² Reboratti (1989) define el Umbral al Chaco como el territorio que media entre la planicie chaqueña y el macizo andino. Según el autor sólo los límites oeste y norte podrían definirse con alguna claridad: el primero es la montaña, el segundo la frontera con Bolivia. Los demás límites no son difusos, sino que cambian con el tiempo por los corrimientos en las isohietas. En Salta cubre los departamentos de Anta, Candelaria, General Güemes, Metán, Rosario de la Frontera, Orán y San Martín.

cuando las vainas toman color verde-amarillento, seguidamente se practica el engavillado, que consiste en formar hileras con las que fueron 6-8 líneas de siembra. Cuando el grano alcanza 14-15% de humedad se efectúa el acordonado, que se lleva a cabo juntando dos hileras (formadas durante el engavillado) para con ellas integrar un cordón de 12-16 líneas de siembra. Finalmente, cuando el grano tiene 12-13% de humedad, se realiza la recolección del cordón y trilla mecánica (De Simone; 2002).

En pequeña escala, las tres primeras operaciones se realizan en forma manual. A fin de adaptar este sistema de recolección a empresas con mayor superficie cultivada, se mecanizan las operaciones de arrancado (arrancadora montada sobre la parte delantera de un tractor), engavillado y acordonado (rastrillos de descarga lateral y recolectores hiladores).

Otra alternativa tecnológica para cosechar el poroto es la recolección directa, cuya ventaja principal consiste en reducir el período de cosecha de diez a siete días, eliminando el movimiento del producto en gavillas y cordones y las pérdidas originadas en la exposición a lluvias o lloviznas. Además permite cosechar un producto más parejo y a un costo menor (De Simone; 2006). La principal desventaja de este sistema es que las pérdidas normales de recolección y trilla son superiores a las del sistema convencional.

1.2. Objetivos

A partir de lo expuesto, el objetivo direccional de esta tesis es mejorar la eficiencia en la cosecha de granos y poroto en la Provincia de Salta.

Además se plantearon los siguientes objetivos operacionales:

1. Describir y clasificar la oferta de equipos de cosecha en la Argentina en función de su capacidad de trabajo.
2. Comparar desde el punto de vista de la eficiencia los sistemas de cosecha directa y convencional.
3. Cuantificar en términos económicos el impacto de la demora en la cosecha.

4. Determinar la forma funcional y estimar los parámetros de las funciones de costos que se adapten mejor a la realidad económica de las unidades de producción típicas y a las características técnicas de los sistemas de cosecha.
5. Desarrollar un modelo técnico-económico para estimar la capacidad de trabajo de la/s cosechadora/s, el momento de reemplazo y el sistema de cosecha más eficiente.
6. Analizar la sensibilidad de las soluciones respecto a cambios en las principales variables explicativas del modelo, al punto de lograr construir una matriz de correlación.
7. Desarrollar un programa informático que permita adaptar el modelo a cualquier región geográfica y combinación de cultivos agrícolas extensivos.

Si la estimación del modelo resulta significativa, este estudio permitirá realizar los siguientes aportes al conocimiento de la problemática concreta del sector que se toma como campo de aplicación:

- ✓ Aportar un modelo para la utilización de la información técnico-económica sobre el mercado de cosechadoras en la Argentina;
- ✓ Proporcionar información sobre la dimensión de los costos de oportunidad por la demora en la cosecha para las condiciones locales;
- ✓ Contribuir con información sobre la forma funcional de los diferentes componentes del costo, en relación a la dimensión de los equipos y los intervalos en los que se aplican;
- ✓ Orientar las decisiones de aquellos productores que consideren oportuna la adquisición de equipos de cosecha, para que seleccionen sistemas eficientes y niveles de dimensionamiento óptimo;
- ✓ Aportar elementos para la orientación de líneas de actuación de programas de extensión y desarrollo.

1.3. Hipótesis de trabajo

Con la concreción de los objetivos señalados, se intentó responder a algunas de las preguntas formuladas en el inicio (preguntas del investigador). Esto, a su vez, nos permitirá poner a prueba las tres hipótesis que planteo:

1. Los costos de oportunidad por la demora en la cosecha son el componente más trascendente en la selección de la capacidad de trabajo;
2. La capacidad de trabajo óptima es sensible a la superficie trabajada anualmente y a la cantidad y al valor de los cultivos realizados;
3. La variable crítica para seleccionar el sistema de cosecha que maximiza el Valor Neto del Producto Cosechado (VNPC) es el precio del poroto. Para precios altos es más eficiente la cosecha convencional y para precios bajos la cosecha mecánica directa.

1.4. Transferencia

Los resultados del trabajo fueron parcialmente transferidos a los productores, técnicos y contratistas mediante la difusión de los siguientes artículos técnicos desarrollados en conjunto con el INTA mediante el Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Cereales y Oleaginosas (PRECOP):

- ✓ “Capacidad de trabajo y oportunidad en la cosecha”. En Manual de Artículos Técnicos e Informes de Evaluaciones de Pérdidas 2004/05/06. Ediciones INTA. Páginas: 99-104. 2006.
- ✓ “Capítulo 1: Áreas de producción”. En Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. De Simone; M; De Simone, C.; Sentana, A.; Godoy, A.; Walberg, J.; Regazzoni, J.& Mónico, F. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. Páginas: 1-8. 2006.
- ✓ “Capítulo 7: Análisis técnico económico”. En Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. De Simone, C.; Sfasciotti, D.& Sentana, A. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. Páginas: 74-92. 2006.

- ✓ “Epílogo”. En Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. De Simone, C. Tubello, D. & Sfasciotti, D. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. Páginas: 101-103. 2006.

1.5. Elección del modelo

El mercado nacional de cosechadoras merece un análisis particular, ya que, si bien éste está dominado por empresas transnacionales, aproximadamente un cuarto de los modelos disponibles son de fabricación nacional, cuyos valores son relativamente inferiores, lo cual se debe, en parte, a que éstos están sujetos al Régimen de Incentivo para los Fabricantes Nacionales de Bienes de Capital³.

Uno de los aportes originales de esta tesis radica en que se estudian datos empíricos de un gran número de modelos de cosechadoras en el mercado local, tanto nacionales como importadas. Esto permite modelar, con un respaldo estadístico, cómo se comportan los diferentes componentes del costo de cosecha en relación a la dimensión de los equipos, teniendo en cuenta las particularidades del mercado local.

Van Elderen (1978) distingue tres técnicas para resolver los problemas de planificación de las operaciones agrícolas en una empresa agropecuaria: programación dinámica, programación lineal y no lineal y simulación con una estrategia heurística.

De acuerdo a los primeros análisis se observa que la técnica que más se ajusta a la problemática planteada es la de programación no lineal ya que los costos de oportunidad por la demora en la cosecha, componente crucial en la función de costos de cosecha del productor, tienen un comportamiento no lineal en relación a la capacidad de trabajo. De esta manera se busca optimizar el dimensionamiento de los equipos de cosecha utilizando como variable independiente la capacidad de trabajo medida en hectáreas por hora. La función de costos consta de tres componentes, tal como señala ASABE (2011b): los costos de propiedad, los costos operativos y los costos de oportunidad por la

³Se otorga un bono fiscal puede ser aplicado al pago de impuestos nacionales equivalente al 14% del precio de venta, neto del valor de los insumos importados incorporados al bien, que hubiesen sido nacionalizados con un derecho de importación del 0%.

demora en la cosecha; se incorporan también los costos específicos de cada sistema de cosecha.

El segundo aporte original consiste en la incorporación de los costos de oportunidad por la demora en la cosecha. Este componente importante de la función de costos no ha sido analizado y valorizado en nuestro país. Las decisiones de adquisición de equipos de cosecha son problemas esenciales a los que se enfrenta el productor agropecuario. El retraso de la cosecha se relaciona intuitivamente con la disponibilidad de oportunidad y cantidad de equipos cosechadores. Sin embargo, el alto valor y el corto período de uso anual de los mismos implican altos costos fijos que deben ser profundamente analizados.

Por último, para comparar la eficiencia de los sistemas de cosecha directa y convencional útiles al cultivo del poroto, se utilizó el modelo propuesto como insumo, para incorporarlo al Valor del Producto Neto Cosechado (PAMI; 1998).

1.6. Plan de trabajo

Para la elaboración del documento fue necesario cumplimentar con el siguiente plan de trabajo:

- ✓ Revisión bibliográfica: búsqueda especialmente enfocada en dos direcciones:
 - descripción sobre las características ambientales, edáficas, tecnológicas, económicas y sociales del área y de los sujetos estudiados;
 - revisión metodológica sobre la planificación de las labores agrícolas, con un mayor énfasis en la cosecha de granos.
- ✓ Obtención de datos técnico-económicos para realizar un análisis exploratorio de las empresas, recopilando información de organismos oficiales (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Servicio Meteorológico Nacional, Censo Nacional Agropecuario 2002) y de campo mediante entrevistas no dirigidas a informantes calificados .
- ✓ Obtención de datos técnico-económicos para caracterizar la oferta de equipos de cosecha en la Argentina y los sistemas de cosecha factibles

en la zona de estudio, recopilando información de revistas especializadas, manuales técnicos y también a través de correspondencia y de entrevistas a informantes calificados.

- ✓ Procesamiento de la información recopilada (bibliografía) y clasificación.
- ✓ Procesamiento de los datos recogidos sobre la oferta de equipos de cosecha, a través análisis de regresión lineal, en relación a la capacidad de trabajo y obtención de la forma funcional y parámetros de la función de costos de cosecha.
- ✓ Procesamiento de los datos sobre las condiciones ambientales, a través de la construcción de intervalos de confianza, para los valores promedio de la probabilidad de días aptos para la cosecha por cultivo y demás parámetros de la función de costos por demora, a través de información aportada por informantes calificados.
- ✓ Construcción de la función objetivo para seleccionar la capacidad de trabajo óptima y el sistema de cosecha más eficiente.
- ✓ Testeo empírico del modelo para una unidad de producción tipo que sirva al objeto de estudio para diferentes valores históricos de precios y rendimientos de los productos. Construcción de un intervalo de confianza para la capacidad de trabajo óptima promedio.
- ✓ Testeo empírico del modelo para una muestra de observaciones censales. Construcción de una matriz de correlación para la capacidad de trabajo óptima promedio en relación a la superficie e ingreso total y por cultivo, la cantidad de cultivos realizados y el grado de concentración.
- ✓ Análisis de los resultados preliminares y construcción de las primeras conclusiones.
- ✓ Comparación de los resultados obtenidos con los obtenidos por otros trabajos.
- ✓ Estimación del Valor Neto del Producto Cosechado para la unidad de producción tipo, según los distintos sistemas de cosecha.

- ✓ Testeo empírico del modelo para una unidad de producción tipo con diferentes valores históricos de precios y rendimientos de los productos.
- ✓ Construcción de un intervalo de confianza para Valor Neto del Producto Cosechado promedio por hectárea.
- ✓ Comparación de los resultados obtenidos con los obtenidos por otros trabajos.
- ✓ Análisis de las variables que influyen en el Valor Neto del Producto Cosechado para la unidad de producción tipo útil al objeto de estudio y estimación del punto de indiferencia por el método de las iteraciones, para lo cual se desarrolla un software específico.
- ✓ Análisis de los resultados obtenidos.
- ✓ Conclusiones.

1.7. Estructura del documento

Este documento se estructura de forma que los conceptos y comentarios introducidos en una sección puedan ser comprendidos a partir de que fueron definidos y explicados en una sección anterior.

En el capítulo 2, se introduce el marco teórico necesario para la investigación. Dado que el planteo empírico del análisis se realizará sobre empresas dedicadas a la producción primaria de porotos y granos en la provincia de Salta, se considera de importancia conocer el contexto local en el que se desenvuelven. Por ello, en las primeras dos secciones se realiza una revisión bibliográfica con el objeto de describir las características ambientales, socioeconómicas y tecnológicas de los sistemas de producción analizados.

En la tercera sección del capítulo 2, se define la variable independiente capacidad de trabajo. En la cuarta sección se despliegan los principales conceptos de costos y en las últimas dos secciones se presentan los principales modelos utilizados por la comunidad científica para resolver los problemas planteados. Dichos modelos posibilitarán comprender las discusiones y conclusiones que se introducen en los

capítulos 3, 4 y 5, dedicados a la definición del Modelo empírico y a la presentación de los Resultados.

En el Capítulo 3, “Materiales y métodos”, se detallan los datos que fue necesario recopilar, con sus respectivas fuentes y la manera en que fueron procesados, así como también los detalles de las adaptaciones realizadas al modelo empírico para que pueda ajustarse a las condiciones locales antes mencionadas.

En el Capítulo 4, se exhiben los resultados, el análisis que se hace de los mismos y la comparación de aquellos con los resultados de trabajos previos descritos en el capítulo 2. En la primera sección se analiza la oferta de cosechadoras y se testean empíricamente las relaciones funcionales de las distintas variables del modelo con la capacidad de trabajo. En la segunda sección se presenta el modelo y sus ajustes para adaptarse al fenómeno local estudiado, en la siguiente, se desarrollan las condiciones de optimización y, en la última, se analiza la eficiencia de los sistemas de cosecha. Finalmente, se estudia la sensibilidad de las soluciones respecto de las principales variables del modelo y se comparan los resultados con los obtenidos en trabajos anteriores.

El capítulo 5, “Conclusiones”, recoge la síntesis de las conclusiones halladas. Finalmente, se incluyen en el documento las referencias bibliográficas y los anexos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estructura agraria y características ambientales de la sub-región principal

La producción de porotos para grano seco en la República Argentina se concentra en las provincias de Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y Salta, entre las cuales ésta última es la principal productora.

De acuerdo a las características de los ambientes, el tipo de empresa más representativa en importancia económica, el INTA (que es una institución estatal de tecnología agropecuaria de importancia económico – agropecuaria) ha convenido en dividir a la región de producción en tres subregiones, una denominada principal y dos secundarias: valle de Lerma y valle de Jujuy (De Simone *et al.*, 2006b).

La sub-región principal dispuesta en franja con orientación meridional se divide, según sus características peculiares, en tres sectores: norte, centro y sur (De Simone *et al.*, 2006b). En esta tesis se estudió un caso representativo del sector norte: el de la sub-región principal.

La zona de estudio comprende los departamentos de San Martín y Orán en la provincia de Salta. En conjunto, abarcan una superficie total de 2,8 millones de hectáreas, de las cuales el 20,6% está ocupada por 1241 explotaciones agropecuarias (ver tabla 1).

Tabla 1, aquí

De la superficie total de las EAP, según el Censo Agropecuario de 2002, apenas el 21,1% de la misma correspondía a superficie implantada. Esta composición ha cambiado radicalmente en la última década: solamente considerando los 5 principales cultivos, la superficie implantada se ha más que triplicado entre 2002 y 2012.

Históricamente, el cultivo principal por excelencia de la zona de estudio ha sido el poroto seco. No obstante, en la última década el cultivo de soja lo ha equiparado en superficie compitiendo por los mejores suelos.

También se observa un crecimiento en los cultivos invernales, antes ausentes en la región (ver tabla 2).

Tabla 2, aquí

La difusión de la semilla transgénica de soja (gen RR) y el paquete de siembra directa y herbicidas totales, acompañada por una coyuntura de buenos precios internacionales, explica este fenómeno que no es exclusivo de la zona de estudio, sino que se verifica en mayor o menor medida en todo el país.

2.1.1. Características ambientales

Una detallada y completa descripción de las características ambientales de la zona de estudio es la descrita por De Simone *et al.*, 2006b y sobre ella está basada la caracterización en este trabajo.

De acuerdo con las características ambientales, se consideran tres zonas: muy húmeda, húmeda y sub-húmeda.

2.1.1.1. Zona muy húmeda

Las precipitaciones medias superan los 900 mm anuales, de los cuales se registran 250 mm entre marzo y mayo. Las temperaturas diurnas alcanzan máximos medios de unos 27 °C en el bimestre marzo-abril. En este último mes la humedad relativa media es del 89 % y las horas con sol son inferiores al 30 %. La fecha media de la primera helada es posterior al 10 de julio.

Es un ambiente en plano inclinado en la porción superior de piedemontes adosados al relieve serrano. Dominan los suelos oscuros de capa arable mayor a 25 cm de textura franca y estructura granular con reacción débilmente ácida. Siguen en importancia suelos pardos, con capa arable inferior a 12 cm, de textura franca y estructura en bloques; después de los 80 cm, suelen tener una reacción alcalina con incremento en el contenido de carbonato de calcio. Todos estos suelos se destacan por su contenido: de medio a alto en materia orgánica, muy alto en cuanto al

fósforo y bueno respecto al potasio. La limitante más importante de esta zona es la erosión hídrica.

2.1.1.2. Zona húmeda

Las precipitaciones varían entre 700 y 900 mm anuales, pero desde el mes de marzo hasta el mes de mayo las lluvias no superan los 200 mm. La temperatura máxima media supera los 28 °C en el bimestre marzo-abril y la fecha media de la primera helada es alrededor del 1 de julio.

Esta unidad se integra por piedemontes adosados al relieve serrano preferentemente en su porción media. Dominan suelos con características muy similares a las descritas para la zona muy húmeda. En menor proporción se encuentran suelos afectados por salinidad incipiente en profundidad. Estos se destacan por su buen contenido en materia orgánica, muy alto contenido en fósforo y buen contenido en potasio. La limitante de esta zona también es la erosión hídrica.

2.1.1.3. Zona sub-húmeda

Las precipitaciones varían entre 600 a 700 mm; el total de lluvia es inferior a 150 mm entre marzo y mayo. Hacia el borde oriental aumentan los máximos de la temperatura diurna y superan los 29 °C entre marzo y abril. La humedad relativa es menor y aumentan las horas efectivas con sol. La fecha media de primera helada es antes del 1 de julio.

La zona sub-húmeda ocupa la porción media y final de los planos inclinados y la dominan suelos con capa arable franco arenosa y estructura granular débil. Éstos tienen carbonato de calcio a 70 cm de profundidad y sus niveles de fertilidad son muy altos en fósforo y buenos en materia orgánica y potasio.

2.1.2. Características socioeconómicas de las unidades de producción de la sub-región principal

Una detallada y completa descripción de las características socioeconómicas de la zona de estudio es la realizada por De Simone *et al.* (2006b) y sobre ella está basada la caracterización en este trabajo.

Las empresas típicas de la zona de estudio son grandes y se caracterizan por realizar una agricultura diversificada de verano. En su totalidad pertenecen a propietarios que en determinadas ocasiones arriendan tierras para extender la superficie de cultivos; generalmente residen fuera de la zona (Salta o Buenos Aires) y las unidades productivas son manejadas por administradores con residencia en el campo o en localidades cercanas. Se caracterizan por ser empresas agropecuarias, en algunos casos exportadoras, donde el principal tipo comercial producido es el poroto alubia. Le siguen en importancia el poroto negro, el rojo y otros tipos comerciales. La superficie cultivada por empresa varía entre 1000 y 4000 hectáreas. Existe muy poca diversificación de cultivos y, entre éstos, el del poroto constituye la actividad principal.

El parque de maquinarias está compuesto por equipos agrícolas relativamente nuevos, con tractores de alta potencia e implementos dimensionados correctamente. El nivel tecnológico del manejo del suelo y de los cultivos puede considerarse bueno. Se utiliza exclusivamente mano de obra contratada y de carácter permanente, que es la encargada de operar los equipos mecánicos. Eventualmente se emplea mano de obra transitoria para labores manuales (acordonado de poroto). Las labores de cosecha son efectuadas por contratistas provenientes de otras zonas.

En esta zona se utiliza principalmente el sistema de cosecha convencional en su variante semi-mecanizada, aunque se han realizado algunas experiencias con recolección directa y sus resultados fueron positivos. La recomendación del INTA para esta zona es la cosecha con el sistema convencional si se utiliza el cultivar alubia Cerrillos, mientras que para otros tipos comerciales se aconseja la cosecha directa. El manejo de la cosecha será en bolsas para la primera opción y a granel cuando se efectúa la cosecha directa.

De acuerdo a los tipos sociales agrarios desarrollados por Caracciolo de Basco *et al.* (1981), los establecimientos aquí considerados

son empresas agropecuarias capitalizadas, con buen acceso al capital y a los recursos naturales y que utilizan mano de obra asalariada.

2.2. Sistemas de cosecha del poroto

Para el cultivo del poroto pueden utilizarse dos sistemas de cosecha alternativos: el convencional y el de recolección directa empleado para la soja y el trigo, que ocasiona pérdidas algo mayores al recoger el poroto (De Simone & Godoy; 2006 a y b). La selección del sistema de cosecha óptimo dependerá de la escala de producción y de las características ambientales y socioeconómicas de la región (PRECOP; 2005).

En la figura 1, se resumen los pasos de los distintos sistemas de cosecha y postcosecha del poroto. En las siguientes tres secciones se describe en detalle las características de cada sistema.

Figura 1, aquí

2.2.1. Sistema de cosecha convencional

Una detallada y completa descripción del sistema de cosecha convencional es la propuesta por De Simone & Godoy (2006a) y sobre ella está basada la caracterización en este trabajo.

Cuando la producción se establece en explotaciones de 50-200 ha de superficie, conviene emplear el sistema convencional de cosecha, pues permite obtener un producto de excelente calidad y con pérdidas que no superan el 3-4% del rendimiento total. El almacenamiento se realiza en galpones donde se separan, según las diferentes calidades y/o variedades, en estibas del producto que es embolsado en envases de 60 kg. Este sistema de cosecha se desarrolló en la década del 60, es usado hasta el presente y se integra con cuatro fases sucesivas.

2.2.1.1. Arrancado

La fase inicial del sistema de cosecha convencional es el "arrancado". El mismo consiste, como su nombre lo indica, en arrancar las plantas o descalzarlas del suelo cuando las vainas toman un color verde-amarillento. En este momento, los granos se encuentran en su madurez

fisiológica, pues completaron el período de llenado y alcanzaron el máximo peso seco (la humedad del grano ronda el 30%). El arrancado puede efectuarse manualmente o por medio de máquinas. En el segundo caso, el implemento utilizado recibe el nombre de “arrancadora” cuyo funcionamiento es muy sencillo y se monta sobre la parte delantera de un tractor de 45 kW.

Al final de esta fase, todas las plantas del cultivo, luego de ser descalzadas o cortadas, son agrupadas en hileras compuestas por lo que fueron dos líneas de plantas y quedan expuestas sobre la superficie del terreno para así iniciar el proceso de pérdida de humedad o desecado de las plantas, vainas y granos.

2.2.1.2. Engavillado

Es la siguiente fase y consiste en formar cordones con tres o cuatro hileras, formadas durante el “arrancado” con seis a ocho líneas de siembra. Esta fase se inicia a los tres o cuatro días de finalizada la anterior, una vez que los granos han perdido suficiente humedad para evitar que ocurran fermentaciones en el interior de la gavilla. Sin embargo, el material no debe estar muy seco, pues las pérdidas por desgrane se incrementarían, así que se sugiere realizarla cuando los granos tengan entre un 20 y un 25 % de humedad. Su objetivo es acondicionar el material en el campo a fin de completar la defoliación y el secado natural de tallos, ramas, vainas y granos hasta alcanzar la humedad de la cosecha.

Tradicionalmente, esta fase se ha realizado manualmente y requiere de dos jornales por hectárea. Para ello el operario descalza completamente una hilera de cada tres, formada durante la fase de “arrancado”, pues normalmente del 5 al 10 % de las plantas permanecen ancladas al suelo. Seguidamente levanta y coloca las dos hileras contiguas sobre ésta hilera.

Así, una vez finalizada esta fase, se observa el campo con gavillas integradas con plantas provenientes de seis líneas de siembra. En ocasiones, cuando el rendimiento es muy bajo o se utilizan cosechadoras

con alta capacidad de trilla y limpieza, se conforman gavillas con ocho líneas de plantas.

En los últimos años, la mano de obra necesaria para cumplir con el “engavillado” ha incrementado su costo y comenzado a ser muy escasa. Esta situación les ha complicado seriamente el panorama a los productores de porotos secos, obligándolos a mecanizar las tareas de esta fase. Así, se practica el engavillado y acordonado simultáneamente con recolectores o rastrillos que se detallan en los próximos párrafos.

2.2.1.3. Acordonado

El momento oportuno de esta siguiente fase es cuando el grano alcanza el contenido de humedad para la trilla (del 14 al 16 %) y la operación puede efectuarse en forma manual o mecanizada. El acordonado tiene como objetivo disponer las plantas en un cordón continuo que será recogido por la cosechadora, para trillar, separar y almacenar los granos del poroto.

Como consecuencia de la necesidad de adaptar el sistema de cosecha convencional a explotaciones de mayor superficie, desde los años '80 se ha intentado mecanizar esta fase. Necesidad ésta que se ha intensificado durante los últimos años en razón de la creciente escasez de mano de obra. Se han usado el “rastrillo de descarga lateral”, propio de la cosecha de forrajes y el “recolector que hilera”, desarrollado especialmente para el cultivo del poroto. Al utilizar estos implementos se cumplen simultáneamente las dos fases: la de “engavillado” y la de “acordonado”.

Actualmente, el “recolector que hilera” es el implemento más utilizado por los productores y se encuentra disponible en el mercado una amplia gama de propuestas y marcas. Puede ubicarse delante o detrás del tractor y es accionado a través de la toma de potencia. Este implemento permite construir un cordón de diezdoce surcos, espaciados a 0,7 m.; para ello se descalza una hilera formada por el arrancador y sobre ella se vuelcan dosotres hileras ubicadas hacia la izquierda, cuando el implemento se desplaza hacia la cabecera del campo, y otras dosotres hileras cuando regresa desde esa cabecera.

La utilización de este implemento para acordonar en una sola operación ha significado un alivio significativo para los productores frente a la escasez de mano de obra, en los últimos dos años particularmente. Sin embargo, conlleva inconvenientes: exige un tratamiento más delicado del producto que se recoge y no permite preparar la pista de cosecha. Esto último reduce la eficacia del recolector de la cosechadora, además de que quedan algunas plantas sin recoger generando un incremento de las pérdidas.

En consecuencia, es necesario trabajar cuando las plantas están humedecidas por el rocío, vale decir, durante la noche y la madrugada.

2.2.1.4. Recolección del cordón

El material está entonces en condiciones de completar la última fase de la cosecha convencional: la recolección del cordón y trilla mecánica con una combinada convencional.

Las cosechadoras que se emplean de manera generalizada pueden ser autopropulsadas o de arrastre. Las primeras son de tipo convencional, utilizadas en cultivos de cereales y oleaginosas y con adaptaciones para el cultivo del poroto en sus sistemas de trilla, limpieza y transporte, mientras que las de arrastre han sido desarrolladas específicamente para el cultivo del poroto (monovalentes) y requieren de un tractor con toma de potencia y sistema hidráulico que comande a alguna de sus funciones. A medida que se realiza la cosecha, el tractor se desplaza por sobre el cordón que queda comprendido dentro de la trocha del tractor.

Tanto las cosechadoras autopropulsadas como las de arrastre están equipadas con un cabezal recolector o pick-up. El mismo corresponde a un rotor con dientes metálicos.

2.2.2. Sistema de cosecha mecánica directa

Una detallada y completa descripción del sistema de cosecha directa es la propuesta por De Simone & Godoy (2006b) y sobre ella está basada la caracterización en este trabajo.

El sistema técnico de “recolección mecánica directa” puede realizarse exitosamente con los equipos cosechadores modernos recomendados para el cultivo de la soja. Entre sus ventajas se destaca la reducción del período de cosecha a sieteodiez días, el hecho de que no sea necesario manipular el material antes de la cosecha y la reducción depérdidas provocadas por lluvias y lloviznas o gorgojos.

La aplicación del sistema requiere el cumplimiento de una serie de condiciones predeterminadas y relacionadas con la agronomía del cultivo y el equipamiento y regulación de la plataforma.

Para ponerlo en práctica es imprescindible sembrar un cultivar cuyas características morfológicas permitan recogerlo directamente en planta y utilizar un conjunto de prácticas agronómicas en su manejo que le permitanmanifestarse plenamente.

2.2.2.1. Características del cultivar

En relación con la aptitud para la cosecha directa, se ha tenido en cuenta con el fin de mejorar la resistencia al vuelco de la planta, su estructura (o disposición de las ramificaciones) y la “habilidad” del cultivar de presentarse secoen elmomento de la cosecha (ausencia de tallos verdes).

En términos generales el ideotipo de planta del poroto presenta: vainas indehiscentes de 6-8 cm de longitud, maduración concentrada y uniforme, desarrollo erecto, ramificación compactay resistente al vuelco, y una altura superior a 50 cm.

2.2.2.2. Prácticas de manejo del cultivo

La población de plantas y el espaciamiento entre surcos son dos de las variables que influyen sobre la recolección directa. Los cultivares con adaptación para la recolección directa deben establecerse con poblaciones de 180 mil plantas/ha, para espaciamientos entre surcos de 0,52 y 0,70 m. Cuando el espaciamiento es de 0,52 m las pérdidas por plataforma se reducen en un 30% con respecto a 0,70 m.

Las malezas en el poroto, como en otros cultivos, incrementan sensiblemente las pérdidas de cosecha. Su control debe planificarse en base a un sistema mixto, que incluye las labranzas y el control mecánico y químico. Las labores mecánicas de remoción del suelo entre surcos son necesarias para el control de malezas y para mejorar la aireación del suelo; estas deben complementarse con la aplicación de herbicidas de pre y post emergencia.

2.2.2.3. Equipamiento y regulación de la plataforma

Durante la recolección directa del poroto, el 90% de las pérdidas se producen en la plataforma. Una plataforma sojera correctamente regulada y equipada permite cosechar con un nivel aceptable de pérdidas.

2.2.3. La unidad de producción y el sistema de cosecha

La estructura agraria, las características ambientales en las que se encuentran insertas las unidades de producción y sus características socioeconómicas se encuentran estrechamente relacionadas con el sistema de cosecha utilizado. Así, en las zonas donde la cosecha del poroto es la actividad principal y es realizada en grandes superficies, se tiende a la mecanización integral con sistemas de recolección convencional. Se utilizan máquinas monovalentes que han sido específicamente desarrolladas para este cultivo y cuya aplicación en otros cultivos es muy difícil o imposible. Por otro lado, cuando el poroto es el único grano pero la escala de producción es menor, se observan sistemas también específicos para éste, salvo que con algunas labores realizadas manualmente (PRECOP; 2005). En cambio, en las zonas donde se cultivan otros granos, se utilizan sistemas de cosecha y postcosecha basados en equipos polivalentes o desarrollados para cosechar diferentes cultivos, donde la escala sólo se distingue por la capacidad operativa de las cosechadoras. En estos casos los tipos de poroto cultivados se seleccionan atendiendo a su aptitud para la recolección directa como condición necesaria y excluyente.

En consecuencia, las diferentes combinaciones de operaciones o sistemas de cosecha y postcosecha utilizadas varían según dos causas principales: las características ambientales y socioeconómicas de la región y la escala de producción (PRECOP; 2005).

2.3. Capacidad de trabajo

El Instituto de Mecanización de la Agricultura de Praderas de Canadá (PAMI, 1980) define la capacidad de trabajo de una cosechadora como la tasa de prestación máxima que una maquinaria apropiadamente regulada puede cosechar mientras mantiene un nivel de pérdidas aceptable. La capacidad de trabajo se ve afectada por muchos factores tales como el rendimiento del grano y la paja, el tipo y la variedad de cultivo, el tamaño del cordón y su forma, el contenido de humedad e, incluso, las condiciones climáticas locales. PAMI ha elegido como nivel aceptable pérdidas un 3% del rendimiento para clasificar las cosechadoras.

La Sociedad Americana de Ingeniería Agrícola y Biológica (ASABE, 2003) define una serie de conceptos que es fundamental tener en cuenta:

- ✓ capacidad de trabajo efectiva: tasa de prestación real de la máquina en términos de superficie o cultivos procesados en una unidad de tiempo dada;
- ✓ capacidad de trabajo teórica: tasa de prestación obtenida si una máquina realiza su función el 100% del tiempo a una velocidad de avance dada utilizando el 100% de su ancho de trabajo;
- ✓ eficiencia a campo: razón entre la capacidad de trabajo efectiva y la capacidad de trabajo teórica expresada en porcentaje;
- ✓ eficacia funcional: ratio de la eficacia real de una máquina en relación a su eficacia teórica expresado en porcentaje. La eficacia en la trilla de la cosechadora es un ejemplo de eficacia funcional;
- ✓ velocidad de avance: tasa promedio en cual una máquina se desplaza en el campo durante un período ininterrumpido de actividad funcional;

- ✓ factor de carga a campo: ratio de la potencia de un motor utilizada para realizar una operación con respecto a la potencia disponible.

Cabe aclarar que en esta tesis se llamará en adelante capacidad de trabajo a la capacidad de trabajo efectiva.

2.4. Componentes de las funciones de costos

La función de costos que se propone en esta tesis consta de tres componentes principales, tal como señala ASABE (2011b): los costos de propiedad, los costos operativos y los costos de oportunidad por la demora en la cosecha. A continuación se resume lo planteado en la comunidad científica respecto de las variables que influyen en cada uno y la forma funcional adoptada.

2.4.1. Costos de propiedad

Los costos de propiedad son aquellos que no dependen de la intensidad del uso de la máquina. Los ejemplos principales son la depreciación, el interés sobre el capital invertido, los impuestos, los seguros y el resguardo (ASABE; 2003).

Dentro de los costos de propiedad, la depreciación es uno importante dentro de una empresa agropecuaria. Este costo refleja la reducción en el valor de un activo por su uso y por el transcurso del tiempo. Aunque puede estimarse por diferentes métodos, su valor verdadero no puede conocerse hasta que no se vende el equipo. Otros costos de propiedad son los impuestos, los costos de resguardo y el seguro, los cuales pueden ser estimados como porcentaje del precio de compra (ASABE; 2011b).

El costo de depreciación se puede estimar utilizando varios métodos siendo el objetivo final, en todos los casos, dividir al equipo en forma homogénea y realista a lo largo de su vida, reflejando la intensidad de su uso en hectáreas u horas. Se han utilizado varios enfoques para estimar los costos anuales de depreciación, incluyendo relaciones lineales simples y cambios en los valores de mercado (Cross & Perry, 1995).

Antes de explorar el método para calcular la depreciación utilizado en esta tesis, deben especificarse los conceptos de precio de lista actual, vida útil económica para el equipo y valor residual al final de ésta. Una máquina nueva, raramente se vende a su precio de lista. En realidad se vende al 80-90% de este valor. Dado que es más sencillo acceder a los precios de lista que a los precios que efectivamente se pagan, los investigadores han procedido a desarrollar ecuaciones en función del precio de lista. (Kastens, 1997).

La vida útil económica es el número de años que conviene mantener en uso un equipo, ésta es inferior a la vida útil física de la máquina porque la mayoría de los productores venden sus equipos antes de que estén completamente desgastados. El Departamento de Extensión de la Universidad Estatal de Iowa recomienda como una buena regla usar una vida económica de diez a doce años para equipos nuevos, a menos que se sepa que la máquina se venderá antes (Edwards *et al.*, 2001).

Debe distinguirse entre la vida útil física (cuyo fin se produce cuando la máquina ya no puede repararse), la contable (que está definida por la ley con fines impositivos) y la económica (definida por la conveniencia económica de reemplazar la máquina (López Roudegue & Hetz, 1997). Este último concepto es al que nos referiremos en este trabajo como vida útil.

El valor residual es una estimación del valor de venta de la máquina al final de su vida útil. Es la cantidad de dinero que el productor puede esperar recibir vendiéndola o dándola en concesión, siendo una estimación el valor del mercado de usados si espera vender la máquina, o cero si planea mantener la máquina hasta que se desgaste completamente. (Edwards *et al.*, 2001). Para su estimación se ha recomendado usar como referencia el 20% del precio inicial para máquinas con motor y el 10% para el resto (López Roudegue & Hetz, 1997).

El método simple o lineal supone una depreciación uniforme o lineal a través de la vida útil de la maquinaria. Es la fórmula más sencilla y usada en costos estimativos en la Argentina, y tiene la ventaja de poseer

una gran simplicidad en los cálculos, pero dista de representar el valor de la depreciación a lo largo de la vida útil de la maquinaria (Frank, 1977).

Numerosos ajustes se han intentado hacer a la metodología de la que se habla para resolver este problema, siendo el más importante el de Frank (1987), quien distingue dos conceptos: desgaste y obsolescencia. El desgaste es el deterioro que sufre la máquina al ser usada. Entonces, si el uso anual es reducido la depreciación es un costo fijo, pero si es elevado es un costo variable. Este autor estima que el punto a partir del cual la depreciación pasa a ser un costo variable para un tractor es un uso anual superior a las 800 hs. Finalmente, la obsolescencia marcaría el final de la vida útil de una máquina si la misma posee un bajo uso anual.

Para Witney (1996) el método lineal supone que el valor de un equipo disminuye sólo con la edad y por lo tanto es un costo fijo. Este supuesto es realista sólo bajo condiciones promedio de operación: dado que la vida económica de un equipo se reduce con un uso intensivo, parte de la cuota de depreciación es dependiente del grado de utilización (ver tabla 3).

Tabla 3, aquí

Los costos fijos horarios disminuyen notablemente a medida que aumentan las horas de uso anual de las máquinas, situación que permite que aquellos reduzcan notablemente, en especial cuando se alcanzan niveles de uso anual mínimos cercanos a 800 h/año en tractores, 400 h/año en cosechadoras de granos y 250 h/año en sembradoras cero labranza (López Roudergue & Hetz; 1998).

El método del valor de mercado estima el valor remanente, que es el porcentaje que aquel representa sobre el valor a nuevo de una máquina, ambos evaluados en el mismo año (Kastens, 1997).

La Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas y Biológicos estimó, para el período 1984-93, los costos de depreciación de distintos tipos de equipos, basados en ventas por subastas en los Estados Unidos y proponiendo calcular los porcentajes de valor remanente sobre el valor del

precio de lista de cosechadoras de granos con diferencia en los años edad y en las horas de uso anual promedio (ASAE, 2011a).

Cross & Perry (1995) proponen agregar variables adicionales a la estimación del valor remanente. Además de la edad y del uso del equipo, estos autores demostraron que el cuidado, el fabricante, el tipo de venta, la región y las variables macroeconómicas influyen en la pérdida de valor de los equipos agrícolas.

Para algunos equipos y para las cosechadoras en particular, la intensidad del uso es tan importante como la edad para determinar su valor de mercado. Esto se debe al gran número de cosechadoras que han pertenecido a contratistas originalmente. Estas máquinas son utilizadas más intensivamente y vendidas más frecuentemente que las que pertenecen a productores (Kastens, 1997).

Por otra parte, la tasa de depreciación de las cosechadoras se incrementa en el tiempo hacia una tasa creciente. Esto podría deberse a los altos costos de demora asociados con averías durante la cosecha. Es decir que dichas máquinas pierden confiabilidad rápidamente (Kastens, 1997).

Una segunda propuesta de ASABE (2011b) consiste en que los costos de propiedad de la maquinaria dependen de la capacidad de trabajo de la misma. Para ello proponen la siguiente ecuación de costos porcentuales anuales de propiedad:

$$C_0 = 100 \times \left[\frac{1 - S_v}{L} + \frac{1 + S_v}{2} \times i + K_2 \right] \quad (1)$$

Siendo:

C_0 : costos porcentuales anuales de propiedad. Multiplicando este valor expresado en su forma decimal (es decir, $C_0/100$) por el precio de compra de la máquina se obtiene el costo total anual de propiedad de la máquina.

S_v : Factor de valor de recupero de la máquina al final de su vida útil (año L); decimal.

L: vida útil, en años.

i: tasa de interés anual, decimal.

K_2 : factor de costos de propiedad para impuestos, albergue y seguros, normalmente se expresa como porcentaje del precio de compra, pero se expresa en forma decimal en esta ecuación.

A continuación de las ecuaciones planteadas, se definieron las variables que aparecen por primera vez. Para facilitar la lectura, en el Anexo X, se resumen todas las variables utilizadas ordenadas en forma alfabética e incluyen su descripción y sus unidades de medida.

Seguidamente, ASABE (2011b) propone determinar una función que refleje el incremento del precio por unidad de incremento de capacidad. También sostiene que para la mayoría de los equipos, el precio por unidad de incremento del ancho efectivo es lineal y tiene una relación positiva con el precio por unidad de capacidad. No obstante, no estima los parámetros de dicha función, como puede apreciarse en la siguiente ecuación:

$$CT = C_o \times P_o (C_i) (1')$$

CT: costos anuales de propiedad

P_o : Precio de la máquina

C_i : capacidad de trabajo de la máquina

Søgaard & Sørensen (2004) también proponen una función de tipo lineal que relaciona el precio de la maquinaria con la capacidad de trabajo. Dicha función tiene diferentes unidades de medida según el tipo de equipo del que se trate. Se toma el ancho de trabajo nominal en el caso de los equipos de siembra, la capacidad teórica de cosecha en kg/s para cosechadoras y picadoras de forrajes y la capacidad de carga para los remolques en kg/s o kg. Los autores realizan estimaciones de los parámetros de la función lineal, pero los valores no son publicados en el trabajo

Huan-Wen & Hunt (1985) también proponen una función de tipo lineal que relaciona el precio de la maquinaria con la capacidad de trabajo, aunque en este último caso, la variable dependiente usada es la potencia de la maquinaria.

2.4.2. Costos operativos

Según ASABE (2011b), dentro de los costos operativos⁴, tenemos tres rubros relevantes: combustibles y lubricantes, reparación y mantenimiento y mano de obra.

Para estimar el consumo de combustibles y lubricantes de una labor agrícola específica se requiere la determinación de la potencia total de tracción para dicha operación (ASABE; 2011b).

Frank (1997) llama reparación a las operaciones que, debido a su complejidad, no pueden realizarse en el taller de campaña (por ejemplo, una rectificación del motor) y conservación o mantenimiento a las operaciones periódicas que se realizan en el establecimiento (por ejemplo, un cambio de filtros). En este trabajo, no se distinguirá entre ambos conceptos y se tomarán en conjunto.

El mantenimiento y reparación son esenciales para garantizar altos estándares en la prestación y confiabilidad. Esta última es la probabilidad de que un equipo complete una tarea planificada sin que falle alguno de sus componentes. Las cosechadoras de granos pierden en promedio el 5% del tiempo de operación debido a roturas (Witney, 1996).

Según Witney (1996), las operaciones de reparación y mantenimiento pueden clasificarse en:

- a) mantenimiento de rutina;
- b) reparaciones de rutina de partes gastadas;
- c) reparación de daños accidentales;
- d) reparación debido a la negligencia del operador.

Estos costos varían ampliamente para distintos equipos y de una región a otra según el tipo de suelo, las variaciones del clima y otras condiciones. En una misma región, los costos de reparaciones varían

⁴ Otros autores definen los costos operativos de la maquinaria como los costos fijos y variables involucrados en la realización de una operación considerada en forma aislada del proceso productivo general de la empresa. En esta definición se incluyen: depreciación, reparaciones y mantenimiento, combustibles y lubricantes y mano de obra que pueda asignarse en forma directa a una operación (Frank; 1977).

entre las explotaciones por distintos estilos de manejo y la capacitación de los operadores (Edwards *et al.*; 2001).

La metodología de ASABE (2011b) no considera que los dos primeros rubros sean relevantes para la selección de la capacidad de trabajo de la cosechadora, ya que los mismos dependen de la superficie a cosechar. Esto puede extenderse a la mayoría de los trabajos en el campo.

El costo de la mano de obra varía según la localización geográfica. Para los productores que operan maquinaria agrícola propia, el costo de la mano de obra debe determinarse a partir de los usos alternativos del tiempo; para operadores contratados o asalariados, es más apropiada una tasa horaria constante. En ningún caso debería ser inferior a la remuneración típica pagada en la localidad (ASABE; 2011b).

2.4.3. Confiabilidad de los equipos

Estudios en el Medio Oeste de Estados Unidos muestran la probabilidad de fallas (tractores e implementos) cada 40 ha de uso y el desvío estándar promedio del tiempo de detención para productores de 200 ha.

A lo largo de la vida útil de un equipo, los componentes se gastan. El uso excesivo afecta negativamente la producción e incrementa la posibilidad de fallas. Esto introduce un alto riesgo financiero prolongando una operación crítica, ya sea por una menor velocidad de trabajo o roturas imprevistas (Witney, 1996).

Estos costos varían ampliamente para distintos equipos y de una región a otra según el tipo de suelo, clima y otras condiciones. En una misma región, los costos de reparaciones varían entre explotaciones por distintos estilos de manejo y capacitación de los operadores (Edwards *et al.* 2001).

Los costos de reparación y mantenimiento son altamente variables e impredecibles, así como el momento de ocurrencia de los mismos. Sin embargo, los costos de reparaciones en promedio son influenciados por el

tamaño de la máquina (reflejado en el precio) y por la intensidad de uso (Witney, 1996). Las encuestas de costos acumulados en relación al uso muestran tendencias consistentes. Sin embargo, estos estudios en general poseen una desviación estándar igual a la media (ASAE, 2011a).

Esto se debe a que algunos productores prefieren gastar poco tiempo en mantenimiento, esperando que el ahorro de tiempo compense las potenciales reparaciones adicionales. Otros pueden ser muy cuidadosos con el mantenimiento de los equipos, suponiendo que los costos adicionales en mano de obra serán compensados con menores costos de reparación en el futuro (Kastens, 1997).

Cabe destacar que estos costos pueden ser pequeños o nulos en los primeros años de un equipo, pero eventualmente se incrementan a medida que las partes se desgastan y aumentan los costos de mantenimiento. En la realidad, los costos de reparaciones tienden a ser bastante variables año a año, pasando de sólo reparaciones de rutina a reacondicionamientos completos. Ser capaz de anticipar cuando se van a necesitar grandes gastos en reparaciones, es un tema clave para la decisión de cuando reemplazar un equipo (Edwards, 2005).

2.4.4. Costos de oportunidad por la demora en la cosecha

Los costos de oportunidad por la demora en la cosecha (en adelante costos de demora para simplificar) de las distintas operaciones agrícolas concluyen en pérdidas de ingresos debido a que la maquinaria no es suficiente para realizar la labor en el tiempo apropiado. Tanto las reducciones en el rendimiento como la calidad del cultivo deben ser incluidas en estos costos ponderados por el precio del cultivo (Huan-Wen & Hunt, 1985).

Witney (1996) destaca la existencia de dos fuentes principales de pérdidas durante la cosecha de granos: las que dependen de la tasa de alimentación de la cosechadora y las que dependen de la duración de la cosecha. En el primer caso, se incluyen las pérdidas de materia seca (respiración) y el volcado de plantas que usualmente son tomadas en conjunto porque tienen lugar antes de la cosecha, y también las pérdidas por la barra de corte (cabezal); las pérdidas se incrementan a mayor

tiempo de permanencia del cultivo maduro en el campo sin ser cosechado. Sin embargo, aquí se observan significativas diferencias por cultivos y por variedades distintas de un mismo cultivo.

En el primer caso, cada tamaño de cosechadora posee una capacidad de trabajo teórica. Por encima de este punto operativo, una tasa de alimentación mayor sobrecarga el mecanismo de separación de los granos e incurre cada vez mayores pérdidas por esta causa (Witney, 1996).

En el segundo caso, para definir el período óptimo de cosecha, es necesario referirse al concepto de madurez. Un cultivo está “morfológicamente maduro” cuando no hay más incrementos en la materia seca. En cambio, la “madurez tecnológica” se define como la fase en la cual no hay reducción en el rendimiento o en la calidad durante la cosecha, el secado o los procesos de almacenamiento (Witney; 1996).

Según Philips & O’Callaghan (1974), en el caso del trigo, por ejemplo, es 49% w.b y después de este momento, el contenido de humedad decrece continuamente alrededor de un 2% diario hasta un nivel final que se encuentra influenciado por condiciones climáticas. En el Reino Unido, cuando el contenido de humedad de este grano cae hasta alrededor del 30%, el trigo se vuelve susceptible a las condiciones ambientales.

Al retrasarse la cosecha, los cultivos están sujetos a efectos ambientales adversos de gran variabilidad y, por lo tanto, a partir de la fecha de madurez tecnológica, pueden provocarse reducciones en el rendimiento y en la calidad debido a las pérdidas por demora. De Simone (2002) señala que en el caso del poroto el principal peligro son las heladas, ya que este grano es extremadamente sensible a ellas y, de esta manera, pierde calidad comercial por cambios en el color, en la capacidad de absorber el agua y por problemas en la cocción.

La soja como el poroto puede brotarse por efecto de las lluvias e incrementar el desgrane en la recolección por efectos de días muy secos; el maíz incrementa las pérdidas por la caída de espigas y el volcado de plantas. Por su parte, el trigo además del desgrane por efecto de los días

secos y ventosos, pierde su calidad panadera y puede brotarse por efecto de las lluvias (PRECOP; 2005).

Suponer la existencia de un período oportuno para realizar las distintas operaciones implica la necesidad de modelizar cómo se comporta el rendimiento de los cultivos dentro de este período y fuera de él. Algunos autores suponen que en este período no hay pérdidas, que éstas son constantes o que crecen a una tasa inferior fuera de término.

La medida de la demora es el costo incurrido porque la operación no fue completada en el período óptimo. Algunas operaciones, como la cosecha, pueden tener una penalidad asignada directamente a ellas por no completarse a tiempo. Otras, como el arado, sólo pueden tener una influencia directa en los costos por demora en la medida en que afecten la realización de las operaciones subsiguientes (Burrows & Siemens; 1974).

Las pérdidas de rendimiento en la cosecha, considerando años individuales, parecen estar más relacionadas con días de lluvia, que generalmente tienen efectos más perjudiciales, que con largos períodos de clima favorable. Por lo tanto, los costos de oportunidad de esta operación están en mayor medida ligados a eventos húmedos que al paso del tiempo, como se supone cuando se estima sobre la base de ecuaciones la duración de la operación (de Toro; 2004).

El estadio en el cual el cultivo se encuentra "maduro" para la cosecha se denomina "madurez tecnológica", y se define como aquel en el cual no hay reducciones en el rendimiento y calidad de la materia seca durante la cosecha, el secado y el almacenamiento. El momento en que se alcanza la madurez tecnológica depende del método de cosecha empleado. En la época de la cosechadora estacionaria, el procesocomenzaba con un contenido de humedad del 40%, pese a que hoy la mayoría de los productores esperan hasta que éste descienda debajo del 18% antes de comenzar la cosecha (Philips & O'Callaghan; 1974).

El cultivo está sujeto a un amplio abanico de efectos ambientales y entonces, desde el momento de madurez morfológica, el rendimiento de la materia seca cosechable disminuirá. Estas pérdidas de materia son los costos por demora. En general, las pérdidas previas a la fecha de madurez

tecnológica son pequeñas y las registradas en los diez días entre la madurez morfológica y tecnológica deberían ser raramente consideradas en lo que respecta a condiciones ambientales desfavorables (Philips & O'Callaghan; 1974).

Según Philips & O'Callaghan (1974), puede afirmarse que las pérdidas que se acumulan entre las fechas de madurez morfológica y tecnológica constituyen un costo que debería ser comparado con el tipo y la aplicación de la tecnología involucrada. Este, el "costo tecnológico", es mucho menor en un sistema de cosecha estacionaria que en la cosecha automatizada.

Según de Toro (2004), los cereales alcanzan su madurez fisiológica con un contenido de humedad por encima del 30 %, lo que es inadecuado para la recolección y el almacenamiento. El período comprendido entre madurez fisiológica y madurez para cosecha es principalmente un período de secado; la duración de lo que se relaciona con el contenido de humedad que el grano tiene que alcanzar, de acuerdo con la política del productor para iniciar la cosecha, va variando de año a año y de productor a productor.

Las consecuencias financieras de demorar la cosecha causadas por la reducción en la calidad del grano dependen, en gran medida, del destino del grano y también de dos fuentes de pérdidas monetarias: pérdidas de rendimiento y de calidad. Éstas son aditivas, y la segunda de ellas es generalmente desdeñable en comparación con la primera (Philips & O'Callaghan; 1974).

Chancellor & Cervinka (1974) afirman que la determinación cuantitativa de los coeficientes de pérdidas en términos físicos por demora en la realización de las distintas labores agrícolas es una tarea que consume mucho tiempo, ya que deben hacerse múltiples pruebas y mediciones, muchas de las cuales se realizan bajo condiciones en las que debe incurrirse en pérdidas de cultivos para asegurarse la medición. Consecuentemente, la cantidad de datos disponibles sobre estos coeficientes es muy limitada. Además, cada valor está altamente correlacionado con el suelo, el clima y las condiciones del cultivo

particulares donde fue medido. Por otra parte, estos valores pueden servir como estimados sólo cuando se aplican a otras circunstancias.

Chancellor & Cervinka (1974) examinan de manera cualitativa los factores que influyen sobre los coeficientes por demora, para que puedan ser adaptados a nuevas circunstancias y para que puedan tener un marco más amplio de aplicación.

Huan-Wen & Hunt (1985) suponen la existencia de un momento óptimo para iniciar la cosecha: antes y después de esta fecha el rendimiento del cultivo se comporta en forma decreciente. En un trabajo para determinar la potencia óptima de la flota de cosechadoras de una empresa agropecuaria, estos autores asumen que las pérdidas de cosecha se comportan como una función cuadrática.

Philips & O'Callaghan (1974), Sørensen (2003) y Edwards & Boehlje (1980) descartan la importancia de las pérdidas por la cosecha anticipada y se concentran en la demora. Los dos primeros suponen que las pérdidas aumentan a una tasa constante a medida que aumentan los días de desviación con respecto al período óptimo de inicio de la cosecha (ver figura 2).

Figura 2, aquí

Además de la divergencia de criterios en cuanto a la forma en que se comportan los costos de demora, también hay diferencias en las metodologías utilizadas para estimarlas. Mientras que algunos autores enuncian la forma de los costos *ad hoc* (Huan-Wen & Hunt, 1985), otros prefieren estimarla. Van Elderen (1978, 1980) utiliza datos climáticos e históricos para estimar una función probabilística de los costos de demora en la cosecha. Philips & O'Callaghan (1974), en un trabajo sobre la cosecha de cereales en varias localidades del Reino Unido, demuestran que los costos de demora son significativos y que, en este caso, pueden justificar la conveniencia de equipos cosechadores mayores a los sugeridos en un análisis convencional. Posteriormente, Audsley (1984) y de Toro & Hansson (2003) agregan como variables de decisión los tipos de suelo.

Edwards & Boehlje (1980), emplean funciones cuadráticas derivadas de resultados experimentales en varias localizaciones del estado de Iowa en los Estados Unidos para estimar la reducción del rendimiento como una función de la fecha de siembra. También emplean funciones similares para los costos de demora en la cosecha de soja y de maíz. Sørensen (2003) llega a conclusiones similares en un estudio para diferentes localizaciones en Dinamarca.

Un enfoque interesante es el de Chancellor & Cervinka (1974), quienes suponen un período óptimo de cosecha que, para el arroz en California, dura aproximadamente doce días en los cuales el rendimiento del cultivo es máximo y va decreciendo, tanto antes como después del mismo, a una tasa constante.

Según ASABE (2011b) los costos de demora anuales de una operación pueden estimarse por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{K_a \times A^2 \times Y \times V}{Z \times G \times C_i \times pwd} \quad (2)$$

Donde:

W: costo por demora anual (U\$S)

K_a : Coeficiente obtenido de ASABE (2011b).

Y : Rendimiento del cultivo (t/ha)

V : Precio del cultivo (U\$S/t)

Z: 4 si la operación puede ser balanceada en ambos sentidos alrededor del punto óptimo: 2 si la operación empieza o termina en un punto óptimo.

G: horas esperadas de trabajo por día (h)

pwd: probabilidad de un día apto para trabajar (número entre 0 y 1)

El coeficiente de demora K, es un factor que permite computar los costos de demora, suponiendo que estos son lineales en el tiempo. El mismo está expresado en forma decimal del máximo valor del cultivo por unidad / por área / por día, antes o después del momento óptimo. Estos coeficientes pueden ser calculados midiendo cómo varían los rendimientos de un cultivo al cambiar el tiempo en que se realizan las distintas labores agrícolas (ASABE, 2011a).

2.5. La selección de la capacidad de trabajo de los equipos

Van Elderen (1978) distingue tres técnicas para resolver los problemas de planificación de las operaciones agrícolas en una empresa agropecuaria.

1- Programación Dinámica: los estados de desarrollo del sistema en el tiempo se trabajan en intervalos fijos y el número de escenarios posibles en cada estado son limitados considerando alguna cantidad discreta de materiales. La influencia estocástica del clima en un intervalo no está dada en la secuencia real de factibilidad, sino que se reduce a un número estocástico de horas trabajables (por ejemplo: la probabilidad de cero, uno, ...siete días trabajables en una semana). Aunque las soluciones obtenidas son más precisas, la complejidad de las estimaciones es muy grande. Hay pocos trabajos con esta metodología, entre ellos, puede citarse el caso de Audsley (1984) que estudia una unidad de producción tipo de 200 ha de trigo (en Reino Unido) y estudia el costo de siembra para maquinarias con diferentes características de compactación de los suelos.

2- Programación Lineal: las variables de decisión en cada intervalo considerado son combinaciones cuya aplicación está limitada a un número fijo de horas trabajables por cada material procesado. Con esta atractiva técnica se obtiene una solución óptima y es muy usada para planear el sistema de cultivo, pero ha sido menos utilizada para la ejecución de un plan de operaciones. Van Elderen (1978 y 1980). Este tipo de modelización es poco frecuente en la selección de la capacidad de trabajo de la maquinaria agrícola, pero sí son recurrentes, en cambio, los modelos de programación no lineal como los de ASABE (2011a y b), Huan-Wen & Hunt (1985), Søggaard & Sørensen (2004).

3-Simulación con una estrategia heurística: permite usar datos meteorológicos históricos y atributos de los materiales. El estado del sistema en cada escenario no debe ser un número limitado de cantidades discretas y la longitud de los intervalos puede no depender del proceso en sí mismo. El elemento débil de este enfoque es la estrategia. Si sólo se tiene una combinación posible, la estrategia simplemente prescribe usar

dicha combinación, si durante el período de trabajo el material a ser procesado está disponible y tiene atributos aceptables. En el caso de que algunas combinaciones sean posibles, la estrategia selecciona una para cada momento de decisión evaluando el estado actual del sistema y su desarrollo esperado. Otros trabajos en la misma línea son los de: Burrows & Siemens (1974), Philips & O'Callaghan (1974), Van Elderen (1978 y 1980), Edwards & Boehlje (1980), Sørensen (2003), de Toro & Hansson (2004), de Toro (2004) y Borges *et al.* (2006), entre otros.

La idea básica de la urgencia desarrollada por Van Elderen (1980) es que el valor perdido, si la operación es demorada por algún tiempo, se corresponde con la situación decidida por el productor, quien sólo puede decidir acerca de la flota de equipos o retrasar la operación. La urgencia en procesar el material está dada por la función de costos por demora.

Borges *et al.* (2006) desarrollaron un programa informático para el dimensionamiento de cosechadoras teniendo en cuenta la puntualidad de la cosecha de soja en la región de Ponta Grossa, en Brasil. Utiliza la variable ingreso neto y compara las pérdidas por demora en la cosecha de diferentes cultivares de soja, encontrando diferencias significativas entre los mismos.

De Toro & Hansson (2003) establecieron que la capacidad de trabajo de los equipos debería ser lo suficientemente grande para completar las operaciones a tiempo, no sólo bajo "condiciones climáticas normales" sino también en campañas difíciles, sin incurrir en costos excesivos.

El tamaño óptimo de la maquinaria está estrechamente relacionado con las pérdidas por demora. Debido a la variabilidad climática, las pérdidas por demora varían entre campañas, por lo que su estimación resulta difícil a largo plazo. Por su parte, Edwards & Boehlje (1980) destacan que equipos más potentes y con mayor capacidad ayudan a reducir los costos laborales y proporcionan mejores rendimientos en los cultivos, ya que permiten que se siembre y coseche en los períodos óptimos. No obstante, estas ventajas tienen como contrapartida una mayor depreciación y otros costos fijos.

2.6. La selección del sistema de cosecha

En los primeros años de la agricultura, el grano se cortaba, enlazaba y trasladaba a una unidad de trilla estacionaria donde éste y la paja eran separados. Ambos productos se utilizaban, ya sea para la venta o ya sea como alimento o cama para el ganado en la propia finca. Sin embargo, como la agricultura mixta se volvió menos común, la paja se volvió más difícil de eliminar o de manejar de otra manera (PAMI, 1998).

La elección de la tecnología de cosecha más eficiente es un punto poco estudiado y, en general, se circunscribe a la sustitución de la mano de obra por máquinas. Los cambios tecnológicos y económicos que impone la agricultura moderna hacen necesario realizar estudios que comparen sistemas de producción que son tecnológicamente alternativos. El incremento en el área sembrada con soja (independientemente de sus efectos sociales y ambientales) puede generar cambios en los sistemas de producción que no han sido del todo cuantificados desde el punto de vista de la eficiencia económica.

Respecto a la selección del sistema de cosecha, Khambalkar *et al.* (2010) y Karale *et al.* (2008) comparan el sistema tradicional con el sistema mecanizado de producción de algodón, soja, sorgo y trigo en la India en términos de consumo energético y costos de producción.

Ambos trabajos se basan en comparar implementos tirados por un buey (tradicional) y por un tractor (mecanizado) desde el punto de vista energético y desde el de los costos. Las estimaciones económicas de la energía necesaria para el sistema tradicional y para el mecanizado se evaluaron mediante el costo real generado en los diferentes parámetros. Del costo de la mano de obra, de los bueyes y del combustible necesario se tomaron los valores reales de las distintas operaciones (Khambalkar *et al.*; 2010 y Karale *et al.*; 2008).

Otro autor que realiza comparaciones, pero de la tecnología de siembra, es Audsley (1984), quien estudia, mediante la técnica de programación dinámica, una unidad de producción tipo y el costo de siembra para una maquinaria con diferentes características de

compactación de los suelos, teniendo en cuenta también la incertidumbre climática y los costos por demora en la siembra.

Søgaard & Sørensen (2004) postulan que la introducción de variables de valores enteros supondría una transformación del modelo de programación no lineal a un modelo de programación lineal entera mixta, que es mucho más difícil de resolver. Sin embargo, una extensión del modelo de capacidades de selección de la máquina haría posible, entre otras cosas, elegir correctamente entre alternativas para una misma operación (por ejemplo, siembra convencional versus siembra directa).

El Instituto de Mecanización de la Agricultura de Praderas de Canadá (PAMI) propone usar, para evaluar la eficiencia de los distintos sistemas de cosecha, el Valor Neto del Producto Cosechado (VNCP), restando del total de los costos directos anuales el valor de los productos obtenidos. El VNCP proporciona una medida de la eficiencia general de cada sistema: cuanto más alto sea el VNCP, el más eficiente será el sistema (PAMI, 1998).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de este trabajo provienen de numerosos relevamientos realizados en el marco del trabajo de la autora como consultora en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y como referente en el Proyecto de Eficiencia de Cosecha, Postcosecha de Granos y Forrajes y Valor Agregado en Origen, entre agosto de 2004 y noviembre de 2008. También se utilizan datos del Censo Nacional Agropecuario de 2002, del Servicio Meteorológico Nacional y de revistas especializadas del sector.

Para caracterizar la oferta de los equipos de cosecha en la Argentina y los sistemas de cosecha factibles en la zona de estudio, se recopiló información de revistas especializadas, manuales técnicos y por correspondencia y entrevistas a los siguientes informantes calificados.

- ✓ **Técnicos de INTA:** Dr. Mario De Simone; Ing. Agr. Adriana Godoy e Ing. Agr. Susana García Medina (investigadores EEA INTA Cerrillos); Mario Bragachini y José Peireti (investigadores EEA INTA Manfredi); Ing. Agr. Federico Mónico (extensionista AER INTA J. V. González); Ing. Agr. Alejandro Sentana (extensionista AER INTA Metán); Ing. Agr. Sergio Georgini (extensionista AER INTA San Pedro); Ing. Agr. Juan Regazzoni (extensionista AER INTA Perico); Ing. Agr. Daniel Tubello (especialista en economía EEA INTA Cerrillos); Prof. Ignacio Nieva (especialista en agroclimas EEA INTA Cerrillos).
- ✓ **Productores:** Ing. Agr. Alejandro Herzberg (Zona Las Lajitas); Ing. Agr. Eduardo Jimenez y Héctor Jure (San Pedro); Marco Ríos y Patricio Palacios (Metán- Rosario de la Frontera); Lindor Castro, Miguel Torino y Juan Kutulas (Embarcación-Pichanal); Santos Ulivelarrea (MSU). Exportadores: Miguel Mendez y Carlos Wetzler. Contratista: Guillermo Scaraffia.
- ✓ **Investigadores:** Carlos Reboratti (UBA) y MAGYP: Ruy Vidal, Daniel Sfasciotti, Patricio Calonge, Miguel Condepratt.
- ✓ **Fabricantes y concesionarios de maquinaria agrícola:** Javier Ayerza (Challenger); Luis Compañs; Martin Riesco; Guillermo Roemer (Agco, New Holland y Case); Damian Fiorito, Fernando Puello y Reynaldo Postachini (Claas); Victor Gussani y Norberto Paschetta (Bernardín);

Alberto Souto; Montanari Pedro y Oscar Meri (John Deere); Abel Gomez (Colombo Industries); Mario Coronel (Don Roque); Alberto Gaviglio (Akron), Sebastián Pedersen (Organización Pitarch).

3.1. Observaciones censales y unidades de producción tipo

Para caracterizar el universo estudiado en esta tesis se utilizaron los micro datos del Censo Nacional Agropecuario 2002⁵, filtrándose aquellas explotaciones con una superficie implantada con cultivos agrícolas superior a las 250 ha. Este supuesto fue tomado *ad hoc* y corresponde a una simplificación sugerida por los agentes de extensión consultados, quienes argumentaron que las mejoras en la actividad de cosecha para productores de menor escala no estaban en un lugar preponderante en la agenda de los mismos. Las preocupaciones en los estratos inferiores tienen que ver con: la tenencia de la tierra, el acceso al agua, el acceso al financiamiento, etc.

Sólo cuarenta y siete explotaciones superaron este límite pero, sin embargo, la superficie total de las mismas alcanza 291790 ha: más de la mitad de la superficie total de los departamentos estudiados. Analizando estas cuarenta y siete explotaciones, se detectó que explican el 86% de la superficie implantada con cultivos agrícolas. Respecto de las actividades realizadas se observa que el 47% son explotaciones agrícolas, el 30% son ganaderas y el 23% restante son mixtas.

Los resultados de los modelos propuestos en esta tesis se testearon con veinte observaciones censales correspondientes a explotaciones de los departamentos de San Martín y Orán, con una superficie agrícola superior a las 250 ha que realizan principalmente actividades agrícolas⁶. Cabe destacar que no se tuvieron en cuenta dos observaciones por considerarse casos extremos, debido a que la superficie total de las mismas se aleja del promedio.

Para simplificar el análisis de algunos resultados se utilizó el caso

⁵Se solicitó al INDEC un proceso especial de varios campos de los microdatos censales. En el anexo II se muestra el diseño de registro de la información solicitada.

⁶ Destinen el 75% o un porcentaje mayor de la superficie de la explotación a la implantación de cultivos agrícolas.

de una unidad de producción tipo para el objeto de estudio de la zona norte, que cultiva una superficie anual de 1.500 ha distribuidas de la siguiente manera: 1.100 ha de poroto blanco y 400 ha de soja.

El rendimiento potencial medio en diez años para el poroto se encuentra entre los 1700 kg/ha y para la soja alrededor de los 2700 kg/ha. También se evaluó cómo se modifican los resultados en caso de que la variedad de poroto producido sea negro.

Tanto para analizar el comportamiento de la capacidad de trabajo óptima en función de las variables descriptivas del modelo, como para el área implantada total, así como también para la destinada a cada uno de los cultivos y el ingreso obtenido en cada actividad, se utilizaron las observaciones censales.

Para analizar el comportamiento de variables que tienen un comportamiento aleatorio, como ser rendimientos y precios de los productos, y de las cuales no se cuenta con información censal a nivel micro, se utilizó, para simplificar, el caso de la unidad de producción tipo para el objeto de estudio.

3.2. Del relevamiento de la oferta de máquinas

Para determinar la oferta de máquinas en el país se utilizó el relevamiento realizado por De Simone *et al.*; (2006a). En el trabajo citado, se analizan los modelos de cosechadoras de granos disponibles en el país, clasificados en función de su capacidad de trabajo en ha/hora.

Se tomaron datos de veintisiete modelos de cosechadoras ofrecidas en el mercado argentino y se clasificaron según su capacidad de trabajo en seistipos diferentes. El trabajo de De Simone *et al.* (2006a) incluye una clase más de cosechadoras de arrastre o monovalentes que en esta tesis se descartan por estar sub-dimensionadas al tipo de empresa estudiada. Los resultados se exponen en el Anexo I.

Respecto de los equipos complementarios necesarios según la capacidad de trabajo de las cosechadoras, se determinó lo expuesto en la tabla 4.

Tabla 4, aquí

Las variables relevadas fueron las siguientes:

- ✓ Marca y Modelo
- ✓ Trilla
 - Flujo: Radial o Axial
 - Cilindro/Rotor: Diámetro y ancho (en mm)
 - Superficie del cóncavo (en m²)
- ✓ Separación y Limpieza
 - Superficie de separación (en m²)
 - Superficie de limpieza (en m²)
- ✓ Manejo del Cereal
 - Tasa de Descarga (en L/s)
 - Tolla (en L)
- ✓ Motor
 - Potencia kW (y HP)
- ✓ Relación trilla/potencia
 - Superficie del Rotor (m²)
 - cm² del rotor/kW
- ✓ Capacidad y consumo
 - Capacidad de Trabajo (ha/hora, cultivo de soja con un rendimiento de 3000 kg/ha)
 - Consumo de Gas oil (L/h)
- ✓ Datos Económicos
 - Valor U\$S sin IVA
- ✓ Fabricante

La capacidad de trabajo de la cosechadora se calculó para el cultivo de la soja (con un rendimiento de 3000 kg/ha) asumiendo una velocidad de avance de 7 km/hora, y se hizo extensivo para el del poroto en cosecha

directa (con un rendimiento de 1600 kg/ha). Este límite superior de velocidad es impuesto por la capacidad de corte de los sistemas convencionales, mientras que el límite inferior depende del rendimiento del cultivo. En el caso del poroto en la cosecha convencional, se asumió que la capacidad de trabajo es un 30% superior, según la propuesta de De Simone *et al.* (2006a).

Se consideraron tres tipos de equipos modalmente utilizados en la cosecha: la cosechadora, la tolva autodescargable y el tractor.

El tonelaje de las tolvas autodescargables, en aquellos casos en que se utilizan, se calculó asumiendo que se emplea el 75% de la capacidad de la tolva de la cosechadora, y la potencia de los tractores que las llevan se detallan a continuación, siguiendo la misma metodología que en De Simone *et al.* (2006a).

Para actualizar los valores de las cosechadoras se utilizaron las revistas especializadas *Márgenes Agropecuarios* (2011) y *Marca Líquida* (2013) y los valores faltantes se estimaron asumiendo una variación promedio similar al de su clase.

Estos datos técnicos y económicos se utilizan para la estimación de los distintos rubros de costos para cada modelo de cosechadora, según se detalla en los siguientes apartados. A continuación, se utiliza la estadística descriptiva y se realiza un análisis de regresión lineal para analizar cómo se comportan los diferentes componentes del costo al incrementarse la capacidad de trabajo de los equipos. Esto permite buscar la forma funcional que mejor se adapte a la especificidad del mercado local.

3.3. De la estructura de costos

Se trabajó con valores expresados en dólares estadounidenses sin Impuesto al Valor Agregado (IVA). En los casos en los que los valores originales estén expresados en pesos, se convirtieron al tipo de cambio oficial promedio del año 2011 (\$1/ U\$S 4,13) (MECON; 2013).

3.3.1. Costos de propiedad anuales

Las cosechadoras y las tolvas autodescargables, en cuanto a los costos de propiedad anuales, sólo difieren en el valor de recupero y, dado que el valor de la última es muy pequeño en relación a la cosechadora, se estimaron en un solo término para simplificar. Entonces para ambos equipos asumimos que en la ecuación (1):

- ✓ El valor residual, S_v , es un parámetro con un valor que oscila entre 30%-40% (10%-20% para las tolvas autodescargables), aunque se podría argumentar que una mayor intensidad del uso anual de la cosechadora llevaría a un menor valor de recupero (Frank; 1997). Asumiremos que es del 30%.
- ✓ El factor K_2 es cero, ya que se trata de costos indirectos y no relevantes para la decisión a analizar.
- ✓ La vida útil de ambos equipos, según ASABE (2011a), es aproximadamente 3000 h y con un uso promedio asumimos que la vida útil alcanza 10 años.
- ✓ Tasa de interés: dado que se trata de capital de explotación fijo inanimado, podemos asumir un 8% anual (González & Pagliettini, 2001).

El costo fijo del tractor equipo se tomó como un costo indirecto, ya que, independientemente de que el productor realice la cosecha con una maquinaria propia o contratada, el tractor es un equipo indispensable en la producción agropecuaria a mediana escala (sus costos operativos sí fueron tenidos en cuenta).

Los coeficientes b_i de la ecuación (6) se estimaron realizando un análisis de regresión lineal en base a los datos relevados de precios de cosechadoras y equipos complementarios, definidos en la sección anterior como variable dependiente y la capacidad de trabajo, a la que se definió como variable independiente.

3.3.2. Costos operativos anuales

3.3.2.1. Combustibles

Los consumos específicos de combustible de la cosechadora y del tractor fueron obtenidos de De Simone *et al.* (2006a). En el trabajo citado, se supone que se utiliza el 65% de la potencia máxima de la cosechadora.

También se realizó un análisis de regresión lineal en base a los datos relevados de consumo de combustibles de cosechadoras y equipos complementarios (variable dependiente) y la capacidad de trabajo (variable independiente), y se analizó la limitación del modelo; se ha utilizado para esto el precio del gasoil sin IVA según la revista especializada Márgenes Agropecuarios (2011).

3.3.2.2. Reparaciones y mantenimiento

Si bien ASABE (2011a) no considera que los gastos de reparaciones y mantenimiento sean un factor relevante para la selección de la capacidad de trabajo de una cosechadora, postula que la misma alcanza el 40% del precio de la cosechadora en toda su vida útil. Dado que ésta ronda las 3000 horas, según la fuente que se refiere, de la división de ambos parámetros puede estimarse el coeficiente que relaciona el costo de reparación y mantenimiento por hora con el valor de la cosechadora.

Agregando los costos de reparaciones y mantenimiento del tractor⁷ según la misma fuente, se obtuvo el parámetro e_1 de la ecuación (8).

También se realizó un análisis de regresión lineal en base a los datos relevados de costos de reparaciones y mantenimiento de cosechadoras y equipos complementarios y la capacidad de trabajo, y se analizó la limitación del modelo.

Para el análisis de datos se utilizó el programa informático Microsoft® Office Excel® 2007 SP2 MSO. Específicamente en el caso del análisis de regresión lineal simple, dicho programa utiliza el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

⁷ Para ello se asume una vida útil de 16000 h y gastos de reparaciones y mantenimiento en toda su vida útil del 80% de su valor a nuevo (ASABE; 2011a).

3.3.2.3. Confiabilidad de los equipos

Se obtuvieron algunos datos sobre la evolución de los costos de reparaciones y mantenimiento de los equipos a medida que se incrementa la vida útil de las cosechadoras. Reynaldo Postacchini, vicepresidente de la filial de CLAAS en Argentina, nos brindó datos sobre la facturación de los servicios de postventa a ocho productores. No obstante, dado que se solicitó el anonimato de la fuente, no se pudo determinar la causa de la gran variabilidad en los datos. Además, se advirtió que los mismos no incluían los gastos de reparaciones y mantenimiento realizados por el propietario con otros proveedores de servicio técnico. Se consultaron otras empresas, pero no se obtuvo respuesta.

3.3.2.4. Mano de obra

El costo de mano de obra se estimó partiendo del sueldo del conductor tractorista vigente según la Resolución CNTA: 71/2011. A este valor se adicionaron los costos de aguinaldo, vacaciones, ART, contribuciones patronales, obra social y aportes a la UATRE.

Para la estimación del premio por productividad de la mano de obra (número entre 0 y 1) se consultaron informantes calificados.

Por su parte, los precios de los productos fueron relevados de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2013). En el caso del poroto se toman los precios orientativos puestos sobre vagón/camión en Buenos Aires, embolsado, pago contado. En el caso de la soja se toma el precio disponible en Rosario y, cuando el mismo no se encuentre disponible, el FAS teórico que publica el Área de Mercados Agroalimentarios del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2013c).

Para llegar al precio que efectivamente recibe el productor, se asume que los gastos de comercialización alcanzan el 3% del ingreso bruto y se deduce un flete promedio de 1500 km según la tarifa establecida por la Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas (MAGYP; 2013d). En el anexo VI se muestran las series utilizadas.

Por último, para el área y rendimiento de los diferentes cultivos, se hace referencia a los supuestos sobre la caracterización de la unidad de producción tipo para el objeto de estudio.

3.3.3. *Costos por demora en la cosecha*

Los costos por la demora en la cosecha son muy sensibles a las condiciones climáticas de cada región y muy difíciles de medir ya que varían de año a año. En el caso del poroto, no hay estudios que estimen estos costos debido a que se trata de un mercado muy pequeño y un producto diferenciado, del cual la Argentina es uno de los principales países productores y exportadores.

3.3.3.1. *Parámetro Z*

Se entrevistó a informantes calificados sobre cómo se comportaría el rendimiento potencial de los cultivos ante adelantos y demoras en la cosecha de la ecuación (2).

3.3.3.2. *Coeficiente K_3*

Se entrevistó a informantes calificados sobre cómo se comportaría el rendimiento potencial de los cultivos ante demoras en la cosecha de la zona y a partir de las mismas se infirieron los valores en los coeficientes K_3 de la ecuación (2).

3.3.3.3. *Cantidad de horas de trabajo por día*

Cabe destacar que la jornada de trabajo para las cosechadoras equipadas con flujo axial es levemente superior a las de flujo radial. Se asumirá que las primeras trabajan en promedio nueve horas diarias y las convencionales ocho horas (De Simone *et al.* 2006a)

3.3.3.4. *Probabilidad de días aptos para la cosecha*

Según Witney (1996), la cosecha de granos usualmente se detiene ante una lluvia significativa, a la cual define como aquella de más de 1,27 mm. El problema es que este límite implicaría la posibilidad de cosechar bajo la lluvia, por lo que es importante corregir el criterio respecto a

largos períodos de humedad. En vez de periodos libres de lluvia, la cosecha de granos puede comenzar sólo en aquellos días donde el monto descontado de precipitaciones anteriores es menor a 1,27 mm. El monto descontado es la lluvia acumulada en las últimas 24 hs más el 20% del monto descontado del día anterior. Es decir que es una suma geométrica decreciente de las precipitaciones pasadas, donde a cada día se le da un 20% del peso a lo ocurrido el día anterior.

Para estimar la probabilidad de días aptos para la cosecha (pwd) de la ecuación (2) se utilizaron datos de precipitaciones diarias desde 1970 a 2001 de la estación meteorológica N° 10339 del Servicio Meteorológico Nacional (2004) ubicada en la localidad de Orán (Salta).

3.3.4. Costos específicos de los sistemas de cosecha

3.3.4.1. Cosecha mecánica directa

Para valorar los parámetros de la ecuación (14) se asume que la probabilidad de aplicación es del 80% y que el herbicida a utilizar es glifosato al 48% con una dosis de dos litros por hectárea (Sfasciotti, 2012). El precio del herbicida y el costo de fumigada se relevaron de la Revista *Márgenes Agropecuarios* (2011).

3.3.4.2. Cosecha convencional

Para realizar las operaciones de arrancado, engavillado y acordonado en forma mecanizada y sin demora se asume la utilización de cuatro arrancadoras de varias marcas nacionales⁸ (capacidad de trabajo de 1 ha/h) y tres rastrillos de descarga lateral Colombo Transfer LineDoble Master II (capacidad de trabajo de 2,2 ha/h). Dichos equipos se utilizarán enganchados a siete tractores de 65 CV.

Para estimar los costos de propiedad de arrancado, engavillado y acordonado se utilizó la ecuación (1) y se asumió lo siguiente:

- ✓ La arrancadora y el rastrillo de descarga lateral se estimaron según valores proporcionados por informantes calificados (De Simone, M.;

⁸Bernotto, Marinozzi, etc.

2006) y el tractor se estimó según su valor de mercado (Márgenes Agropecuarios, 2011).

- ✓ S_v del 30% para el tractor y del 10% para los otros equipos.
- ✓ El factor K_2 es cero, ya que se trata de costos indirectos y no relevantes para la decisión a analizar.
- ✓ La vida útil de la arrancadora y el rastrillo de descarga lateral se consultaron con informantes calificados (De Simone, M.; 2006) y se estableció en 10 años. En el caso del tractor, según ASABE (2011a) es aproximadamente 16000 h.
- ✓ Tasa de interés: dado que se trata de capital de explotación fijo inanimado podemos asumir un 8% anual (González & Pagliettini, 2001).
- ✓ Para estimar los costos operativos se asumió lo siguiente:
 - ✓ Los consumos de combustibles de los tractores se estimaron según valores proporcionados por informantes calificados (De Simone, M.; 2006) en 10 L/hora, para el tractor que acciona la arrancadora, y en 11 L/hora, para el tractor que hace lo propio con el rastrillo de descarga lateral. Por su parte, el precio del combustible se valoró según su valor de mercado (Márgenes Agropecuarios, 2011).
 - ✓ Los costos de reparaciones y mantenimiento de la arrancadora y el rastrillo de descarga lateral se estimaron según valores proporcionados por informantes calificados (De Simone, M.; 2006). En el caso del tractor, se utilizó el coeficiente de 0,0007 de su valor a nuevo, tomando de ASABE (2011b).
 - ✓ El costo de mano de obra se estimó partiendo del sueldo del conductor tractorista vigente según la Resolución CNTA: 71/2011. A este valor se adicionaron los costos de aguinaldo, vacaciones, ART, contribuciones patronales, obra social y aportes a la UATRE.

Cabe destacar que en el caso de los tractores se asume un uso anual promedio de 1667 horas por año⁹, de manera de no sobrecargar a la

⁹Las horas de uso dependen fuertemente del sistema predominante. Un contratista en Argentina utiliza el tractor 5 mil horas al año. Un productor eficiente también. Se tomó esta cifra como una media entre un contratista muy eficiente y un productor muy capitalizado en máquinas.

cosecha del poroto con gastos que corresponden a otras actividades. Respecto a los otros dos implementos, se asume que sólo se utilizan en la cosecha del poroto.

3.4. Selección de la Capacidad de Trabajo

Con los supuestos detallados en las secciones 2 y 3 de este capítulo se construyó una función de Costo Total de Cosecha en relación a la capacidad de trabajo y se resolvió como un problema de programación no lineal. En la función de costos se incluyeron los de propiedad, los operativos, los específicos de cada sistema y los de oportunidad por la demora en la cosecha.

A pesar de la complejidad que la función a optimizar sea de tipo no lineal, la existencia de una sola variable de decisión hace que la solución del problema sea bastante simple. En este caso, la condición de primer orden será que la derivada de la función objetivo de costos totales de cosecha respecto de la capacidad de trabajo sea igual a cero (Leithold; L. 1998a).

Como condición de segundo orden (necesaria y suficiente) se requiere que la derivada segunda de la función objetivo de costos totales de cosecha respecto de la capacidad de trabajo sea mayor a cero. En el caso de dos o más variables aquélla sólo sería una condición necesaria y debería agregarse como condición suficiente que la matriz Hessiana de las derivadas parciales fuese definida positiva (Leithold; L. 1998b).

Luego se estudió la sensibilidad de la capacidad óptima a las variables aleatorias del modelo que son los precios y rendimientos de los cultivos. Para ello se utilizó información oficial (MAGYP 2013a y b), se analizó su distribución estadística y se construyeron intervalos de confianza para la capacidad de trabajo óptima.

También se simuló las capacidades óptimas para veinte observaciones censales (ver Anexo II) de la zona con diferentes superficies y distribuciones de cultivos y se estimó una matriz de correlación lineal para analizar la sensibilidad a las variables descriptivas del modelo.

3.5. Selección del Sistema de Cosecha

Para comparar la eficiencia de los sistemas de cosecha directa y convencional útiles al cultivo del poroto se utilizó el Valor del Producto Neto Cosechado (PAMI; 1998) por hectárea, que incluye los ingresos obtenidos en promedio según cada sistema, detrayéndole los costos directos respectivos (los de propiedad, los operativos, los específicos de cada sistema). La interpretación de este indicador es que cuanto mayor sea, más eficiente es el sistema.

Para aislar los efectos de un incorrecto dimensionamiento de los equipos, se toman las capacidades de trabajo óptimas promedio obtenidas según se describió en el punto 3.4. Dado este supuesto, en esta primera fase del análisis no se tienen en cuenta los costos de oportunidad por la demora en la cosecha.

Luego se estudió la sensibilidad de la eficiencia de los sistemas de cosecha a las variables aleatorias del modelo, que son los precios y rendimientos de los cultivos. Para ello se utilizó información oficial (MAGYP 2013a y b), se analizó su distribución estadística y se construyeron intervalos de confianza para la capacidad de trabajo óptima. Seguidamente, se analizó la sensibilidad de la solución respecto a variaciones en los costos específicos de cada sistema y se estimó el punto de indiferencia en relación al precio del poroto, que iguala en términos de eficiencia a ambos sistemas de cosecha. Dado que la ecuación a resolver es compleja y no se pudo despejar por las metodologías habituales, se resolvió por iteraciones (ver Anexo IX).

Por último, se levantó el supuesto acerca del dimensionamiento óptimo de los equipos y se analizó cómo varía el Valor del Producto Neto Cosechado al modificarse la capacidad de trabajo, incluyéndose los costos de oportunidad por la demora en la cosecha. Dicho análisis se llevó a cabo para la unidad de producción tipo en el año 2011.

3.6. Programa Informático

El modelo matemático se plasmó en un programa informático que se desenvuelve en el entorno Windows, desarrollado en el lenguaje

VisualBasic.Net versión 9.0. Para esto se utilizó una base de datos Microsoft Access 2007.

4. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN

4.1. El modelo

4.1.1. Costos de propiedad

Analizando los valores de las cosechadoras y los equipos complementarios del Anexo I, se observa que la función que mejor se ajusta es una de tipo cuadrática (figura 3). La intuición detrás de esta curvatura es que el precio aumenta en un porcentaje mayor al aumento en la capacidad de trabajo, lo cual puede estar indicando que el productor posee otros beneficios incorporados en la maquinaria de mayor tamaño, como ser un mayor confort para el operador o el agregado de instrumentos de agricultura de precisión, etc.

Figura 3, aquí

No obstante, se utiliza una aproximación lineal para simplificar los cálculos, ya que el grado de ajuste obtenido en términos del coeficiente de determinación es muy bueno (superior al 70%). Esta forma de los costos de propiedad se encuentra en línea con lo que propone ASABE (2011b) y también Huan-Wen & Hunt (1985):

$$P_0 = a_1 + a_2 \times C_i \quad (3)$$

P_0 : función que relaciona el precio de la maquinaria con la capacidad de trabajo.

a_1 y a_2 : parámetros

Las estadísticas de la regresión y el análisis de varianza se presentan en el Anexo III.

Partiendo de la ecuación (1) de costos porcentuales anuales de propiedad de ASABE (2011b) y multiplicándola por la ecuación (3), la función de costos totales anuales de propiedad quedaría:

$$CT_0 = C_0 \times (a_1 + a_2 \times C_i) \quad (4)$$

aplicando propiedad distributiva:

$$CT_0 = (C_0 \times a_1) + (C_0 \times a_2 \times C_i) \quad (5)$$

Dado que las únicas que se comportan como variables son la capacidad de trabajo y el área a cosechar anualmente, podemos reescribir la ecuación (5) de la siguiente manera:

$$CT_0 = b_1 + b_2 \times C_i \quad (6)$$

Donde:

$$b_1 = C_0 \times a_1$$

$$b_2 = C_0 \times a_2$$

Con estos valores los parámetros b_i de la ecuación (6) toman los siguientes valores:

$$b_1: 15.176,77$$

$$b_2: 4.953,70$$

La definición en esta tesis es abarcadora de la de Søggaard & Sørensen (2004), ya que se estima la capacidad de trabajo para un rendimiento potencial dado, teniendo en cuenta la tasa de alimentación y la capacidad de trabajo efectiva que propone ASABE (2011 b).

4.1.2. Costos operativos

4.1.2.1. Combustibles

Si bien la metodología de ASABE (2011b) no considera que el rubro de gastos en combustibles sea relevante para la selección de la capacidad de trabajo de la cosechadora, el análisis de datos empíricos sugiere dos segmentos de análisis.

Analizando la relación entre la capacidad de trabajo de los distintos modelos de cosechadoras y el consumo de gasoil (tanto de la cosechadora como del tractor que la acompaña tirando la tolva auto-descargable), se observa que la misma se ajusta mejor a una función de tipo potencial, es decir que, al aumentar la capacidad de trabajo de una cosechadora, el consumo de gasoil decrece a una tasa

creciente. No obstante, por cuestiones de simplicidad, se podría ajustar a una función lineal (figura 4).

Figura 4, aquí

El modelo propuesto tiene buen ajuste ya que de acuerdo al coeficiente de determinación, el 87% de la variabilidad del consumo de combustibles de la cosechadora y equipos complementarios son explicados por variaciones en la capacidad de trabajo. Por otra parte, el valor de F de 162,91 hace que la probabilidad de que la hipótesis nula de que el coeficiente de correlación R sea igual a cero, es prácticamente nula.

En cuanto a los parámetros estimados, cabe destacar se obtuvieron los resultados esperados intuitivamente, en cuanto a signo y valor y que ambos son estadísticamente significativos. La ordenada al origen alcanzó unos 24 litros de combustible por hectárea, lo cual en el rango analizado muestra una pendiente decreciente de aproximadamente 2 litros por hectárea al incrementar la capacidad de trabajo de los equipos en 1 ha/h.

El detalle de las estadísticas de la regresión y el análisis de varianza se exponen en el Anexo IV.

Cabe destacar que para capacidades de trabajo que se logran con una flota de cosechadoras superior a una, el consumo de combustible se aplanan y muestra un comportamiento constante en relación a la superficie tal como propone ASABE (2011b).

Por lo tanto, la función que mejor explica el consumo de combustibles en relación a la capacidad de trabajo es una función definida por tramos:

$$C_{C1} = (c_1 + c_2 \times C_i) \times A \times p_C; C_i \leq 8 \quad (7)$$

$$C_{C2} = c_3 \times A \times p_C; C_i > 8 \quad (7')$$

Donde:

C_{c1} : Primer tramo de la función de gastos anuales en combustible (en U\$S).

C_{c2} : Segundo tramo de la función de gastos anuales en combustible (en U\$S).

c_1 : ordenada al origen de la función que relaciona el consumo de combustibles con la capacidad de trabajo (=24,00)

c_2 : pendiente de la función que relaciona el consumo de combustibles con la capacidad de trabajo (= -2,07)

c_3 : consumo promedio por hectárea de la flota de cosechadoras

A: Área cosechada anual

P_c : precio del combustible (en U\$S/litro)

Para el precio del gasoil, se considera con su valor en el año 2011, según la Revista Márgenes Agropecuarios (2011):

P_c : = 1,07 U\$S/l sin IVA

4.1.2.2. Reparaciones y mantenimiento

La metodología de ASABE (2011b) tampoco considera que el rubro de gastos en mantenimiento y reparaciones sea relevante para la selección de la capacidad de trabajo de la cosechadora, ya que los mismos dependen de la superficie a cosechar aunque, también en este caso, nuevamente el análisis de datos empíricos sugiere dos segmentos de análisis.

Tomando los parámetros de ASABE (2011a), para estimar los costos de reparación y mantenimiento relacionándolos con la capacidad de trabajo de las cosechadoras, se observa una relación de tipo cuadrática, no obstante, la dispersión es tan grande que el

ajuste de la recta apenas explica poco más del 30%-40% de la variabilidad (ver figura 5).

Figura 5, aquí

El modelo propuesto tiene buen ajuste ya que de acuerdo al coeficiente de determinación el 67% de la variabilidad de los gastos de mantenimiento y reparaciones de la cosechadora y equipos complementarios son explicados por variaciones en la capacidad de trabajo. Por otra parte, el valor de F de 50, 89 hace que la probabilidad de que la hipótesis nula de que el coeficiente de correlación R sea igual a cero, es prácticamente nula.

En cuanto a los parámetros estimados, cabe destacar se obtuvieron los resultados esperados intuitivamente, en cuanto a signo y valor y que ambos son estadísticamente significativos. La ordenada al origen alcanzó unos 16 U\$/ha, lo cual en el rango analizado muestra una pendiente decreciente de aproximadamente 1,24 U\$/ha al incrementar la capacidad de trabajo de los equipos en 1 ha/h. El detalle de las estadísticas de la regresión y el análisis de varianza se exponen en el Anexo V.

En parte, este resultado está influido porque las cosechadoras más pequeñas son en su mayoría con cilindro de tipo radial y de precio de compra menor y, al tener un menor costo de R&M y aumentar la capacidad de trabajo, disminuye el costo medio. En cambio, las cosechadoras de mayor tamaño son en su mayoría con cilindro axial y su precio de compra mayor, lo cual, sumado a un mayor costo medio de R&M, explica la fase creciente de la curva.

Sin embargo, para capacidades de trabajo óptimas que resultan en una flota de cosechadoras superior a una, el gasto en reparaciones y mantenimiento tendría un comportamiento constante en relación a la superficie, tal como propone ASABE (2011b).

Por lo tanto, la función que mejor explica el gasto de reparaciones y mantenimiento en relación a la capacidad de trabajo es una función definida por tramos:

$$C_{R\&M1} = (e_1 + e_2 \times C_i) \times A ; C_i \leq 8 \quad (8)$$

$$C_{R\&M2} = e_3 \times A ; C_i > 8 \quad (8')$$

Donde:

$C_{R\&M1}$: Primer tramo de la función de gastos anuales en reparaciones y mantenimiento (en U\$S).

$C_{R\&M2}$: Segundo tramo de la función de gastos anuales en reparaciones y mantenimiento (en U\$S).

e_1 : ordenada al origen de la función que relaciona los gastos de reparaciones y mantenimiento con la capacidad de trabajo (=16,25)

e_2 : pendiente de la función que relaciona los gastos de reparaciones y mantenimiento con la capacidad de trabajo (=-1,24)

e_3 : gastos de reparaciones y mantenimiento promedio por hectárea de la flota de cosechadoras.

El primer segmento del análisis, considerando que los gastos de combustibles y los de reparaciones y mantenimiento deben ser considerados al seleccionar la capacidad de trabajo de los equipos, está en línea con las propuestas de Sørensen (2003), Søggaard & Sørensen (2004) y Van Elderen (1978 y 1980).

Cabe destacar que el segundo segmento del análisis también se encuentra en línea con lo asumido por Huan-Wen & Hunt (1985), quienes señalan que los costos de reparaciones, mantenimiento, y combustible se asumen proporcionales a la superficie trabajada y no una función de la capacidad de trabajo. También advierten que los costos de lubricantes se consideran desdeñables. Otros trabajos que pueden ubicarse en esta línea, por desatender los gastos en combustibles y reparaciones y mantenimiento en la selección de la capacidad de trabajo, son: Burrows & Siemens (1974), Philips & O'Callaghan (1974), Edwards & Boehlje (1980), de Toro & Hansson (2004), de Toro (2004) y Borges *et al.* (2006).

Por último, dado que no se consiguieron datos confiables y suficientes sobre la confiabilidad de los equipos y la evolución de los costos de reparaciones y mantenimiento a medida que aumenta la

vida útil de los equipos, no se pudieron obtener resultados sobre el momento óptimo de reemplazo de los equipos.

4.1.2.3. Mano de obra

El costo de la mano de obra varía según la localización geográfica. Para los propietarios operadores, el costo de la mano de obra debe determinarse a partir de los usos alternativos del tiempo. Para operadores contratados, una tasa horaria constante es apropiada. En ningún caso el cargo será inferior a un trabajo típico de la localidad (ASABE; 2011b).

Respecto de la mano de obra, lo típico para la zona de estudio es que si la cosecha se realiza con maquinaria propia, se haga con la dotación de personal estable de la empresa: en general no se contrata personal especializado para la tarea (Sentana; 2006).

También es usual el pago de un premio por cosecha en función del ingreso total por hectárea del productor, ya que esta actividad les insume a los empleados un tiempo y esfuerzo superior al promedio del resto del año (Sfasciotti; 2012).

En este escenario, podemos considerar el costo de mano de obra fuera de la cosecha del poroto y otros granos como un costo indirecto. Por tanto, el costo de la mano de obra puede expresarse como sigue:

$$C_{MO} = (S_a \times A) + \sum_{i=1}^n (A_i \times Y_i \times V_i) \times p_{MO} \quad (9)$$

Donde:

A_i : Área del cultivo i

Y_i : Rendimiento del cultivo i

V_i : Precio del cultivo i

p_{MO} : Premio de la mano de obra por productividad (decimal).

S_a : Salario por hectárea (U\$S/ha)

Informantes calificados sugieren que el premio de la mano de obra por su productividad ronda alrededor del 10-12% para el maquinista y 6-8% para el tractorista, de manera que el premio por productividad, aunque es muy variable, podría ser de entre un 1,5% - 2% del ingreso total (Sfasciotti, 2012).

En el Anexo VI se detallan los valores que toma la variable V_i en promedio para el período 1998-2012.

Este enfoque es considerablemente diferente al de Huan-Wen & Hunt (1985), quienes consideran una función de costos de la mano de obra con quiebres en los puntos en que es necesario agregar un trabajador, y un segmento decreciente en la capacidad de trabajo hasta que se agrega el siguiente trabajador. Por su parte, Van Elderen (1978 y 1980) considera que un incremento en la capacidad de trabajo hace necesario el desembolso de mayores costos por horas extras.

La diferencia se explica porqué estos autores (Huan-Wen & Hunt; 1985 y Van Elderen; 1978 y 1980) buscan encontrar la flota óptima para realizar todas las operaciones agrícolas, mientras que en esta tesis se busca encontrar la capacidad de cosecha óptima de los equipos, para lo cual se clasifican los costos en directos e indirectos para la decisión.

En el enfoque de Phillips y O`Callaghan (1974) y Van Elderen (1978 y 1980), las labores agrícolas se ven afectadas por menos días laborables, dado que los fines de semana no se consideran laborables. En ambos casos, la jornada laboral está limitada en su extensión y las horas extra de los trabajadores son consideradas importantes para los costos agrícolas. En nuestro país no se acostumbra pagar horas extra, sino participar a la mano de obra de los ingresos de manera de asegurar una mayor productividad.

4.1.3. Costos por demora en la cosecha

Para estimar los costos por demora en la cosecha se asumió que los mismos tienen un comportamiento lineal en relación a los

días de demora en la cosecha. La ecuación (2) de ASABE (2011b) que podría escribirse de la siguiente manera:

$$W = \frac{d_j \times A^2 \times Y \times V}{C_i} \quad (10)$$

Donde:

$$d_j = \frac{K_a}{Z \times G \times p w d} \quad (11)$$

Analizando la ecuación (2), observamos que el término: $\frac{A}{Z \times G \times C_i \times p w d}$ está estimando días en los cuales se realiza la operación, mientras que el término: $A \times Y \times V$ se refiere al ingreso total de la empresa, y el coeficiente se refiere a cuanto se elevan las pérdidas por demora como porcentaje del ingreso total.

En el caso de la cosecha del poroto en la zona de estudio, se tomó en la ecuación (2) un $Z=2$, dado q la fecha de cosecha está limitada por la fecha de la primera helada media. En cambio, para la cosecha de soja, el mismo podría ser igual a 4, dado que la operación puede ser balanceada en ambos sentidos alrededor del punto óptimo (De Simone M. & García Medina S.; INTA; 2006).

Se consultó a informantes calificados (De Simone M.& García Medina S.; INTA; 2006) sobre cómo se comportaría el rendimiento potencial de los cultivos ante demoras en la cosecha en la zona y, de dichas entrevistas, se infirieron los siguientes valores en los coeficientes K_a . En la tabla5 se comparan los valores obtenidos con los de ASABE (2011a).

Tabla 5, aquí

En la tabla 6 se presentan la probabilidad de días aptos para la cosecha y otras estadísticas.

Tabla 6, aquí

Resumiendo, los parámetros d_j que se aplican en los modelos se exponen en la tabla 7.

Tabla 7, aquí

4.1.4. Costos específicos de los sistemas de cosecha

A la metodología tradicional de ASABE (2011a y b) y PAMI (1998), que ha sido aplicada con leves modificaciones, es necesario agregarle dos términos específicos que reflejen las particularidades de la cosecha del poroto: por un lado, el diferencial de rendimientos existente entre los sistemas de cosecha alternativos y, por otro lado, la diferencia en la forma de la función de costos directos.

4.1.4.1. Pérdidas según sistema de cosecha

Los diferentes sistemas de cosecha tienen asociadas diferentes pérdidas para el cultivo del poroto. Las mismas dependen de una correcta regulación de los equipos de cosecha y de respetar las velocidades de avance e índices de alimentación de la cosechadora. El INTA ha definido los niveles tolerables de pérdidas de los distintos cultivos y sistemas de cosecha de la zona en diversos artículos de difusión.

La ecuación resume lo expuesto:

$$PC_k = A_1 \times P_{1K} \times V_1 \quad (12)$$

Donde:

PC_k : Pérdidas de cosecha (U\$S/año)

P_{1K} : Nivel de pérdidas tolerable para el cultivo de poroto y el sistema de cosecha k (t/ha)

A_1 : Área Cosechada con Poroto (ha/año)

V_1 : Precio del Poroto (U\$S/t)

Se asume que las pérdidas son constantes durante el período óptimo de cosecha alcanzando 100 kg/ha en soja (con un rendimiento

de 2.700 kg/ha) y 56 kg/ha en poroto con cosecha convencional y 112 kg/ha con cosecha directa (en ambos casos con un rendimiento de 1600 kg/ha) (De Simone *et al.*; 2006a). Dichos valores están bastante por encima de los valores de tolerancia establecidos por PAMI (1980), pero corresponden ya que están avalados por ensayos realizados por el INTA en el área de estudio.

4.1.4.2. Costos específicos de los sistemas de cosecha de poroto

4.1.4.3. Cosecha mecánica directa

Es necesario agregar el costo de aplicación de un desecante químico.

$$GE_1 = A_1 \times [(d_H \times P_H \times p) + CF] \quad (13)$$

Donde:

d_H : Dosis del herbicida, litros/ha

P_H : Precio del herbicida, U\$S/litro.

p : probabilidad de uso del herbicida (decimal)

CF : Costo de fumigada, U\$S/ha.

El costo específico por hectárea del Sistema de Cosecha Directa del Poroto se desglosa en la tabla 8.

Tabla 8, aquí

4.1.4.4. Cosecha convencional

Dada la escala de producción, se asume que el productor realiza las operaciones de arrancado, engavillado y acordonado en forma mecanizada. Por otra parte, se asume que posee una dotación de maquinaria para realizar estas tres labores sin demora, para lo cual se agrega un valor constante por hectárea que exprese los costos de propiedad y operativos de estos equipos y los respectivos tractores que les dan propulsión. No se agrega el componente de demora porque se asume que son nulos en las etapas iniciales de la cosecha.

$$GE_2 = A_1 \times CAEA \quad (14)$$

Donde:

CAEA : Costo de arrancado, engavillado y acordonado, U\$/ha.

En la tabla 9, se detalla la dotación de maquinaria del productor que debería realizar la cosecha del poroto mediante el sistema convencional y los costos de propiedad derivados.

Tabla 9, aquí

En la tabla 10 se da cuenta de los costos operativos específicos y totales que debería afrontar el productor de realizar la cosecha del poroto mediante el sistema convencional. Cabe destacar que con la última columna podrá completarse la ecuación (14).

Tabla 10, aquí

Cuando se analizan los costos específicos del sistema de cosecha convencional (ecuación 14), no se agrega el componente de demora porque se asume que es nulo en las etapas iniciales. No obstante, el levantamiento de este supuesto podría dar origen a una nueva línea de investigación para posteriores trabajos.

4.2. La Selección de la Capacidad de Trabajo

Una vez definidas las formas funcionales que relacionan las diferentes variables del modelo y estimados empíricamente los diferentes parámetros en la sección anterior, se procedió a realizar la optimización minimizando los costos totales para obtener la capacidad de trabajo óptima. Esta función contiene los cuatro rubros de costos descritos: de propiedad, operativos, de oportunidad por demora en la cosecha y específicos por sistema de cosecha.

4.2.1. Cosecha mecánica directa

Sumando las ecuaciones (12), (6), (7'), (8'), (9), (10), y (13) y teniendo en cuenta las particularidades del caso estudiado, la selección de la capacidad de trabajo óptima con el sistema de

cosecha directa se obtendrá minimizando la siguiente función objetivo:

$$\text{Min } CC = PC_1 + CT_0 + C_G + C_{RAM} + C_{MO} + W + GE_1 \quad (15)$$

Reemplazando en la ecuación (15) las respectivas ecuaciones, obtenemos:

Min

$$CC = A_1 \times P_{11} \times V_1 + [b_1 + b_2 \times C_i] + [A \times P_G \times c_3] + [e_3 \times A] + (S_a \times A) + \sum_1^n [(A_j \times Y_j \times V_j) \times p_{MO}] + \sum_1^n \quad (15')$$

Desarrollando los subíndices, obtenemos:

Min

$$CC = A_1 \times P_{11} \times V_1 + [b_1 + b_2 \times C_i] + [A \times P_G \times c_3] + [e_3 \times A] + (S_a \times A) + [(A_1 \times Y_1 \times V_1) \times p_{MO}] + [(A_2 \times Y_2 \times V_2) \times p_{MO}] \quad (15'')$$

Sujeto a:

$$C_i \geq 0$$

$$A > 0; A_j \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^2 A_j = A$$

Donde:

j=1: Poroto

j=2: Soja

k=1: Cosecha directa

k=2: Cosecha convencional

El primer término de la ecuación corresponde a la pérdida inherente al sistema de cosecha; el segundo término corresponde a los costos de propiedad; los siguientes cinco términos son los costos operativos: gastos en combustible, gastos en reparaciones y mantenimiento, y mano de obra (una parte fija y dos términos de

premio de la mano de obra en función de los valores del poroto y la soja cosechada); el noveno y el décimo término son los costos de oportunidad por la demora en la cosecha para la soja y el poroto, respectivamente. Por último, el undécimo término corresponde a los costos específicos del sistema de cosecha directa.

Es necesario destacar que al obtener la condición de primer orden muchos de los términos de las ecuaciones (15') (y (18'')) del apartado siguiente) desaparecen porque en el caso particular de aplicación no dependen de la capacidad de trabajo. No obstante, el desarrollo del modelo completo se encuentra contemplado en el programa informático cuyas especificaciones se encuentran en el punto 4.4. En este entorno se tienen en cuenta las funciones definidas en dos tramos para los combustibles y para las reparaciones y mantenimiento y se aplican según el caso de estudio.

La condición de primer orden es:

$$\frac{\partial CC}{\partial C_i} = b_2 - \frac{d_{11} \times A_1^2 \times Y_1 \times V_1}{C_i^2} - \frac{d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{C_i^2} = 0$$

Distribuyendo términos

$$\frac{-d_{11} \times A_1^2 \times Y_1 \times V_1 - d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{C_i^2} = -b_2$$

Despejando, se obtiene el valor de C_i que verifica que la condición de primer orden se cumpla es:

$$C_{i1}^* = \sqrt{\frac{d_{11} \times A_1^2 \times Y_1 \times V_1 + d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{b_2}} \quad (16)$$

Dado que una raíz cuadrada tiene dos soluciones, una positiva y una negativa, para el problema analizado sólo es válida la primera, ya que la capacidad de trabajo óptima es un valor mayor o igual a cero.

La condición de segundo orden para un mínimo es:

$$\frac{\partial^2 CC}{\partial C_i} = \frac{d_{11} \times A_1^2 \times Y_1 \times V_1}{C_i^3} + \frac{d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{C_i^3} > 0 \quad (17)$$

Dado que todos los valores son positivos, podemos concluir que se cumple la condición.

4.2.2. Cosecha convencional

Sumando las ecuaciones (12), (6), (7'), (8'), (9), (10) y (14) y teniendo en cuenta las particularidades del caso estudiado, la selección de la capacidad de trabajo óptima con el sistema de cosecha directa se obtendrá minimizando la siguiente función objetivo:

$$\text{Min } CC = PC_1 + CT_0 + C_G + C_{RAM} + C_{MO} + W + GE_2 \quad (18)$$

Reemplazando en la ecuación (18) las respectivas ecuaciones, obtenemos:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \\ CC = & A_1 \times P_{12} \times V_1 + [b_1 + b_2 \times C_i] + [A \times P_G \times c_3] + [e_3 \times A] + (S_a \times A) + \sum_1^n [(A_j \times Y_j \times V_j) \times p_{MO}] + \sum_1^n \end{aligned} \quad (18')$$

Desarrollando los subíndices, obtenemos:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \\ CC = & A_1 \times P_{12} \times V_1 + [b_1 + b_2 \times C_i] + [A \times P_G \times c_3] + [e_3 \times A] + (S_a \times A) + [(A_1 \times Y_1 \times V_1) \times p_{MO}] + [(A_2 \times Y_2 \times V_2) \times p_{MO}] \end{aligned} \quad (18'')$$

Sujeto a:

$$C_i \geq 0$$

$$A > 0; A_j \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^2 A_j = A$$

Donde:

j=1: Poroto

j=2: Soja

k=1: Cosecha directa

k=2: Cosecha convencional

Al igual que en el apartado anterior, el primer término de la ecuación corresponde a la pérdida inherente al sistema de cosecha, el segundo término a los costos de propiedad, los siguientes cinco términos son los costos operativos: gastos en combustible, gastos en reparaciones y mantenimiento, y mano de obra (una parte fija y dos términos de premio de la mano de obra en función de los valores del poroto y la soja cosechada), el noveno y el décimo término son los costos de oportunidad por la demora en la cosecha para la soja y el poroto, respectivamente. Por último, el undécimo término corresponde a los costos específicos del sistema de cosecha convencional.

La condición de primer orden es:

$$\frac{\partial CC}{\partial C_i} = b_2 - \frac{d_{12} \times A_1^2 \times Y_1 \times V_1}{C_i \times 1,3} - \frac{d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{C_i^2} = 0$$

Distribuyendo términos:

$$- \times \frac{d_{12} \times A_1^2 \times Y_1 \times \frac{V_1}{1,3} - d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{C_i^2} = -b_2$$

$$C_{i2}^* = \sqrt{\frac{d_{12} \times A_1^2 \times Y_1 \times \frac{V_1}{1,3} + d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{b_2}} \quad (19)$$

Condición de segundo orden para un mínimo:

$$\frac{\partial^2 CC}{\partial C_i} = \frac{d_{12} \times A_1^2 \times Y_1 \times V_1}{C_i^3 \times 1,3} + \frac{d_2 \times A_2^2 \times Y_2 \times V_2}{C_i^3} > 0 \quad (20)$$

Dado que todos los valores son positivos, podemos concluir en que se cumple la condición.

Otra posible aplicación de este modelo consiste en la selección de los cultivos y la superficie destinada a los mismos con una capacidad de trabajo dada, obteniendo la combinación de cultivos que minimicen los costos por demora.

Resumiendo, en la tabla 11 se muestran los valores que toman los diferentes parámetros y variables para completar las ecuaciones (16) y (19) de capacidad de trabajo óptimo para los sistemas de cosecha directa y convencional, respectivamente.

Tabla 11, aquí

Como puede verse en las condiciones de primer orden expuestas en las ecuaciones (16) y (19) y en la sección 4.1.3, no sólo el costo por demora en la cosecha puede estimarse a través de un modelo empírico, sino que es el componente más importante en la solución, verificándose el cumplimiento de la primera hipótesis de trabajo planteada.

4.2.3. Sensibilidad de la capacidad de trabajo óptima a las variables aleatorias del modelo

Se estimó la capacidad de trabajo óptima con los valores del año 2011, tanto en cosecha directa como convencional para la unidad de producción tipo descrita en el punto 3.1. También se estimó para dos variedades de porotos. Se complementaron estos resultados con la realización de estimaciones con los valores reales de precios y rendimientos para 15 años comprendidos en el período 1998-2012 y se estudió su distribución. Dichos resultados se muestran en la tabla 12.

Tabla 12, aquí

Se observa que el ajuste del modelo planteado es bueno, ya que las soluciones para los valores asumidos en el caso propuesto se muestran coherentes en relación a lo que se esperaría intuitivamente.

Como principales resultados puede destacarse, en primer lugar, que la capacidad de trabajo necesaria cuando se utiliza el poroto alubia es superior que en el caso del poroto negro. Esto se debe a su mayor valor de mercado, lo cual influye en los costos por demora y, en segundo lugar, que la capacidad de trabajo óptima para la cosecha directa es superior a la del sistema convencional, lo cual se debe, en

parte, a que la capacidad de trabajo se establece en términos del cultivo de la soja, no siendo así en el caso del poroto, donde la capacidad de trabajo en cosecha convencional es un 30% superior a la observada en la cosecha directa. Como tercer resultado de importancia, se destaca que la variabilidad anual de la capacidad de trabajo es relativamente pequeña y que, por este motivo, los intervalos de confianza son acotados. De esta manera los resultados son muy similares a los obtenidos por Sørensen (2003), quien destacó que una reducción en el valor de los productos en un 30% reduce la capacidad óptima en un 15%. En este modelo se obtiene una reducción de la capacidad óptima del 16,3%, que es bastante cercano.

Dado que la capacidad de trabajo es una variable de tipo discreta y que lo ideal se lograría con una sola máquina, se analizan los costos de propiedad y de demora para las combinaciones posibles para el año 2011 de manera que se obtengan los valores que alimenten las funciones de Valor Neto del Producto Cosechado, a fin de analizar la conveniencia de cada sistema de cosecha.

En las figuras 6 a 9, se observan los costos de propiedad y de demora para diferentes capacidades de trabajo, sistemas de cosecha y variedades de poroto. Como puede verse, la capacidad de trabajo óptima, en casi todos los casos, se logra con dos cosechadoras que tengan una capacidad de trabajo de 8 ha/h. En el caso del poroto negro, en la cosecha convencional, con una capacidad de trabajo total de 15 ha/h, se consigue mediante una cosechadora con una capacidad de trabajo de 8 ha/h y otra de 7 ha/h.

Figuras 6 a 9, aquí

4.2.4. Sensibilidad de la capacidad de trabajo óptima a las variables descriptivas del modelo

También se testearon los modelos propuestos con las veinte observaciones censales descritas en el punto 1.3. Como primera conclusión, se distingue que la capacidad de trabajo óptima para un

mismo productor es en promedio un 8% inferior si utiliza el sistema de cosecha convencional en lugar del sistema de cosecha directa.

También se analizó como se varía la capacidad de trabajo óptima en función de las siguientes variables:

- ✓ Superficie Total
- ✓ Superficie de cada cultivo
- ✓ Ingreso Total
- ✓ Ingreso por cada cultivo
- ✓ Cantidad de cultivos cosechados
- ✓ Índice de concentración¹⁰ de la superficie de los distintos cultivos
- ✓ Índice de concentración de los ingresos por los distintos cultivos

Se estimaron dos matrices de correlación de manera que se puedan estudiar las relaciones entre estas variables y la capacidad de trabajo óptima de ambos sistemas de cosecha: las mismas se exponen en el ANEXO VII, para cosecha directa, y en el ANEXO VIII, para cosecha convencional.

En el caso del sistema de cosecha directa, la variable a la que ésta mostró una mayor sensibilidad es el ingreso total, alcanzando una correlación del 98% que indica que, vía costos por demora, esta variable posee una alta influencia sobre la capacidad de trabajo óptima. Le sigue en importancia la superficie total con una correlación positiva del 85%.

Analizando tanto la superficie como el ingreso por cultivo, se percibe que la mayor correlación se da con el cultivo del poroto, ya que es el que mayor ingreso por hectárea produce en la zona estudiada y, cuanto mayor sea la participación del poroto blanco y otros porotos que poseen un mayor valor, mayor es la capacidad de trabajo óptima.

¹⁰ Se utilizó el Índice de Herfindahl e Hirschman (IHH)

La cantidad de cultivos implantados, si se toma el número de cultivos en valor absoluto la correlación tiene el signo negativo que sería lo esperable, pero su valor es bastante bajo. Analizando como variables alternativas los índices de concentración tanto de la superficie como del ingreso de los cultivos, se observa una correlación más elevada aunque poco significativa, superando apenas el 20%.

4.2.5. Discusión de los resultados con los obtenidos por otros autores

Philips & O'Callaghan (1974) destacan que los costos por demora son el componente principal del costo total y que, dada la magnitud de estas pérdidas, equipos de gran tamaño pueden justificarse económicamente para cosechar relativamente pequeñas superficies de cereales. De acuerdo a lo analizado hasta aquí, podemos confirmar que estos resultados avalan los de los autores para el poroto y otros granos.

Huan-Wen & Hunt (1985) destacan que el área anual de operación y el tamaño máximo de maquinaria disponible son las variables más significativas para la determinación de las flotas óptimas. Ambas conclusiones pueden avalarse en este trabajo, ya que el área es la segunda variable más significativa para determinar la capacidad de trabajo óptima y, claramente, en relación a los resultados obtenidos vinculados a los costos de combustibles y reparaciones y mantenimiento, el tamaño máximo de la maquinaria determina dos segmentos de análisis diferentes.

Los resultados obtenidos están en línea con los encontrados por Edwards & Boehlje (1980), quienes destacaron que el área cultivada y la disponibilidad de trabajadores tienen el mayor efecto en el tamaño del grupo de maquinaria de mínimo costo, pero difieren considerablemente respecto a que el ingreso bruto esperado, la combinación de cultivos y la latitud tienen un menor efecto. También contradicen los resultados de Sørensen (2003) en cuanto a que los costos de cosecha se reducirían en un 19- 57% si, por ejemplo, una determinada área se cultiva con seis cultivos con diferentes fechas

de maduración en lugar de un solo cultivo. La influencia de la cantidad de cultivos es marginal. Además, contrastan con los resultados obtenidos por Søggaard & Sørensen (2004), quienes destacan que el sistema óptimo de una maquinaria agrícola está estrechamente vinculado con el plan de cultivos. Si el plan cambia significativamente, entonces el procedimiento de optimización se debe repetir bajo las nuevas condiciones.

Respecto a la matriz de correlación de las variables descriptivas con la capacidad de trabajo óptima para el sistema de cosecha convencional, se observan los mismos resultados que en el sistema de cosecha directa, pero con un menor valor absoluto de los coeficientes, dado que la capacidad de trabajo para la superficie es un 30% en el caso del poroto.

Se puede concluir entonces en que se rechaza parcialmente la segunda hipótesis, ya que se observa una fuerte correlación entre la capacidad de trabajo óptima y la superficie trabajada, particularmente la superficie del poroto. No obstante, la variable cantidad de cultivos parece tener una relevancia menor.

4.3. La Selección del sistema de cosecha

Para seleccionar el sistema de cosecha más eficiente se utilizó el Valor Neto del Producto Cosechado (VNCP) del PAMI (1998). Para comparar los sistemas se estimaron los costos directos totales según las ecuaciones (15') y (18') para los valores de C_i obtenidos.

Para obtener el Valor del Producto Neto Cosechado, se detrajeron de los ingresos totales (IT) los costos de cosecha de las ecuaciones (15) y (18), para los sistemas de cosecha directa y convencional respectivamente. Dado que se asumió, en primera instancia, que la capacidad de trabajo seleccionada es la óptima, la ecuación (10) se igualó a cero.

4.3.1. Cosecha directa

$$VNCP_1 = IT - PC_1 - CT_0 - C_G - C_{R\&M} - C_{MO} - GE_1 \quad (21)$$

Reemplazando en la ecuación (21) las respectivas ecuaciones y desarrollando los subíndices, obtenemos:

$$\text{VNCP}_1 = (A_1 \times Y_1 \times V_1) + (A_2 \times Y_2 \times V_2) - A_1 \times P_{11} \times V_1 - [b_1 + b_2 \times C_{i1}^*] - [A \times P_G \times c_3] - [e_3 \times A] - C \quad (21')$$

4.3.2. Cosecha convencional

$$\text{VNCP}_2 = IT - PC_1 - CT_0 - C_G - C_{R\&M} - C_{MO} - GE_2 \quad (22)$$

Reemplazando en la ecuación (22) las respectivas ecuaciones y desarrollando los subíndices, obtenemos:

$$\text{VNCP}_2 = (A_1 \times Y_1 \times V_1) + (A_2 \times Y_2 \times V_2) - A_1 \times P_{12} \times V_1 - [b_1 + b_2 \times C_{i2}^*] - [A \times P_G \times c_3] - [e_3 \times A] - C \quad (22')$$

Resumiendo, en las tablas 11 y 13 se muestran los valores que toman los diferentes parámetros y variables para completar las ecuaciones (21') y (22') de Valor Neto del Producto Cosechado para los sistemas de cosecha directa y convencional respectivamente.

Tabla 13, aquí

4.3.3. Comparación de sistemas de cosecha y su sensibilidad a las variables aleatorias del modelo

Utilizando el valor de la capacidad de trabajo óptima estimada en el apartado anterior, se evaluó el Valor Neto del Producto Cosechado para el año 2011, tanto para la cosecha directa como para la convencional; también se consideró para dos variedades de poroto, el negro y el alubia. Se complementaron estos resultados con la realización de estimaciones para los valores reales de precios y rendimientos para los quince años comprendidos en el período 1998-2012, suponiendo que el productor eligió la capacidad óptima promedio, y se estudió su distribución. Dichos resultados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14, aquí

Como resultado podemos destacar que las distribuciones del Valor Neto del Producto Cosechado son virtualmente idénticas para ambos sistemas de cosecha y que, por lo tanto, las ventajas que tiene en términos de costos la cosecha directa, respecto de los menores costos especiales, se compensan con la menor capacidad de cosecha óptima requerida por el sistema de cosecha convencional y sus menores pérdidas de rendimiento.

Sí se observan importantes diferencias en este indicador al tomar diferentes variedades de poroto. Esto se debe, principalmente, a que los distintos valores unitarios de las variedades tienen un efecto importante en el Valor del Producto Neto Cosechado. Por lo tanto, nos encontramos ante los primeros indicios que respaldan la tercera hipótesis.

Si tenemos en cuenta las indivisibilidades de este problema de decisión y el productor se guía por los óptimos obtenidos en las figuras 6 a 9, se observan leves diferencias.

En el caso del poroto alubia, la cosecha directa arroja un mayor VNCP en diez de quince años analizados y dichas diferencias no alcanzan más del 5%, como puede observarse en la figura 10. Cabe destacar que en cuatro de los últimos cinco años, el sistema de cosecha convencional se ha mostrado más eficiente.

En el caso del poroto negro, la cosecha directa arroja un mayor VNCP en catorce de quince años analizados y dichas diferencias no alcanzan más del 10%, como puede observarse en la figura 11.

Figuras 10 y 11, aquí

4.3.4. Comparación de sistemas de cosecha y precio del producto de indiferencia

Por otra parte, podemos destacar que el precio del producto parece ser el factor determinante en la decisión del sistema de cosecha. Si se igualan las ecuaciones (21) y (22) de manera que se

encuentre el valor del producto de indiferencia, se obtiene que este puede expresarse por la ecuación (23):

$$V_i^* = \frac{b_2 \times \frac{C_{i1}^* - C_{i2}^*}{A_1} + (d_H \times p_H \times p) + CF - CAEA}{P_{12} - P_{11}} \quad (23)$$

El problema que se plantea para valorizar la ecuación (23) con los parámetros del modelo es que las capacidades de trabajo óptimas para ambos sistemas de cosecha son una función del precio del cultivo del poroto. Entonces se deben reemplazar las capacidades de trabajo de la ecuación (23) por sus valores según las ecuaciones (16) y (19), haciendo difícil de despejar algebraicamente el precio del poroto. Para ello se utiliza un programa en el lenguaje VisualBasic.Net que, en función de los parámetros del modelo, resuelve por iteración la ecuación (23) incrementando, según el intervalo deseado (en este caso, se usó 0,01¹¹), el valor de V_1 para obtener el resultado en valor absoluto más cercano a cero. En el Anexo IX se presenta una impresión de pantalla del programa.

Con los parámetros del caso de estudio, expuestos en las tablas 11 y 13, el valor de indiferencia para el precio del poroto alcanza un precio de 680,20 U\$/t. En este caso particular, se podría concluir que hasta el valor de indiferencia, el sistema de cosecha directa se muestra más eficiente, mientras que, para valores superiores a éste, los mayores costos por diferenciales de pérdidas ya no se compensan con el ahorro de costos especiales y tienen un peso tan considerable que hacen más eficiente el sistema de cosecha convencional.

El programa se diseñó con gran flexibilidad de manera que se pueda observar cómo se modifica el valor de indiferencia en las principales variables económicas del modelo. Cabe destacar que este valor se mostró poco sensible a variaciones en el área del poroto y de otras plantaciones, así como también a los rendimientos de los cultivos. Respecto de los costos especiales el comportamiento fue disímil:

¹¹ Dado que se trata de un precio lo cual en general se expresa con 2 decimales.

- ✓ Un cambio del 1% en el costo de fumigada (CF) por ha, mostró una variación del 0,15% en el mismo sentido del precio de indiferencia del poroto;
- ✓ Un cambio del 1% en el precio del herbicida por litro (p_H) por ha, mostró una variación del 0,41% en el mismo sentido del precio de indiferencia del poroto;
- ✓ Un cambio del 1% en el costo de Arrancado, Engavillado y Acoronado (CAEA) por ha, mostró una variación del 1,56% en sentido opuesto del precio de indiferencia del poroto;
- ✓ El diferencial de costos de propiedad por las diferencias en la capacidad de trabajo óptima entre los sistemas de cosecha ($b_2 \times \frac{C_{i1}^* - C_{i2}^*}{A_1}$) tiene escasa importancia sobre el precio de indiferencia del poroto. Eliminando este término de la ecuación el valor de indiferencia alcanza 700,71 U\$/t.

Contemplando la evolución de los precios al productor de las diferentes variedades de poroto, se observa que en el caso del poroto alubia es frecuente que los valores de mercado superen el valor de indiferencia, mientras que en el caso del poroto negro no sucede así. De allí la diferencia en las soluciones.

Con esto se ratifica la tercera hipótesis planteada, ya que si bien los demás parámetros de la ecuación (23) inciden en la eficiencia de los sistemas de cosecha, el único cuyos valores razonables llega a hacer indiferentes ambos sistemas es el precio del poroto.

Teniendo en cuenta estos resultados, en la versión final del programa *Asesor de cosechas* solo se permite resolver por iteración el valor de indiferencia del poroto.

4.3.5. *Influencia de los costos de oportunidad por la demora en la cosecha en la elección del sistema de cosecha*

Hasta aquí se asumió que el productor seleccionó la capacidad de trabajo óptima, para hacer hincapié en estudiar la eficiencia de los diferentes sistemas de cosecha y, por lo tanto, los costos por demora en la cosecha resultaron nulos o insignificantes.

No obstante, puede que en la realidad este no sea el caso. Por tal motivo, parece interesante observar cómo se comporta el Valor del Producto Neto Cosechado si el productor no selecciona la capacidad de trabajo óptima, ubicándose en valores tanto por encima como por debajo de la misma. Para esto se incorpora restando la ecuación (2), que describe los costos por demora en la cosecha en función de la capacidad de trabajo, de las ecuaciones (21) y (22) de Valor Neto del Producto Cosechado para el sistema de cosecha directa y convencional respectivamente.

Los resultados obtenidos para la unidad de producción tipo en el año 2011 se exponen en las figuras 12 y 13. El aspecto más destacable es que, mientras que en el caso del poroto alubia el sistema de cosecha convencional arroja un mayor Valor del Producto Neto Cosechado, la diferencia con respecto al mismo indicador de la cosecha directa es inferior al 1%. En el caso del poroto negro, la conclusión es la inversa. No sólo el sistema de cosecha directa aparece como el más eficiente sino que, además, esa diferencia es altamente significativa en términos del Valor del Producto Neto Cosechado situándose en 17-18%.

Estas diferencias se deben a que el menor valor en el caso del poroto negro ocasiona menos pérdidas por demora y esto es más que compensado por los menores costos por hectárea asociados al sistema de cosecha directa. Por el contrario, el alto valor del poroto alubia hace que las pérdidas por la demora en la cosecha sean casi equivalentes al mayor costo por hectárea haciendo necesario incurrir en el sistema de cosecha convencional.

Figuras 12 y 13, aquí

Es necesario destacar que, de reducirse considerablemente los precios del poroto alubia, las conclusiones respecto de la

conveniencia en términos de eficiencia del sistema de cosecha podrían invertirse y asemejarse a las del poroto negro.

Por último, cabe destacar que la brecha en términos porcentuales en ambos casos, poroto alubia y negro, se acorta levemente al reducirse el sub-dimensionamiento de los equipos de cosecha.

Es importante aclarar que, en este apartado, se asume que la demora en el caso del sistema de cosecha convencional se da en la etapa de recolección y trilla y no en las etapas precedentes de arrancado, acordonado y engavillado, y que la capacidad de trabajo en éstas está debidamente optimizada. Sería interesante en futuros trabajos levantar este supuesto, para lo cual aún no hay suficientes trabajos de campo.

4.3.6. Discusión de los resultados con los obtenidos por otros autores

Al no encontrarse antecedentes de comparación de sistemas de cosecha para porotos, los resultados obtenidos en esta tesis se comparan con los obtenidos por el PAMI (1998) para seis sistemas de cosecha de trigo del tipo duro rojo primavera.

Para comparar los resultados de PAMI (1998) con los obtenidos por el modelo fue necesario hacer algunas conversiones. En primer lugar se dividió el Producto Neto Cosechado por la cantidad de hectáreas (405 ha en el caso de PAMI y 1100 ha en la presente tesis), ya que la superficie considerada era diferente. Seguidamente, fue necesario convertir los dólares canadienses a dólares estadounidenses para tomar la misma unidad monetaria. Por último, para comparar los resultados de dos momentos del tiempo tan alejados, se estimaron los valores corrientes de 1998 a valores constantes de 2011, según el Índice de Precios Mayoristas de los Estados Unidos (MECON, 2013).

Tabla 15, aquí

Como principal conclusión de la comparación de los sistemas analizados (ver tabla 15), se observa que en el caso del poroto negro los valores netos cosechados obtenidos se encuentran muy cercanos a los valores obtenidos por PAMI (1998). En cambio en el caso del poroto alubia, al tratarse de un producto de un alto valor, las diferencias son considerables.

No se encontraron trabajos previos respecto a la influencia del valor del producto ni al efecto en la demora en la labor relacionada con la selección del sistema de cosecha, por lo cual los resultados obtenidos pueden considerarse como aportes innovadores.

4.4. Programa informático asesor de cosecha

Como complemento a los resultados obtenidos, se plasmó el modelo en el programa informático *Asesor de cosecha* para poder generalizar los resultados a diferentes regiones, combinaciones de cultivos y tecnologías de cosecha. Con el mismo, un productor agropecuario podrá ingresar los datos de su explotación y estimar la capacidad óptima de los equipos de cosecha, así como también el valor del poroto que hace indiferentes los sistemas de cosecha estudiados. En el Anexo XI se incluye un manual de usuario y se acompaña la versión impresa de esta tesis con un CD-ROM con una copia del programa en su versión Demo.

4.5. Principales resultados

No se encontraron datos suficientes para falsar la primera hipótesis, sin embargo, existen datos suficientes para verificarla.

Respecto de la segunda hipótesis, entiendo que se tienen datos suficientes para mostrar qué parte de ella es falsa, por lo tanto se da por falsa a la misma.

No se encontraron datos suficientes para falsar la tercera hipótesis, pero existen datos suficientes para verificarla.

Respecto a la forma de las funciones de los componentes del rubro de costos operativos, se observaron dos tramos diferentes. El

primero se da cuando la capacidad de trabajo óptima puede alcanzarse con una sola cosechadora: en este caso, se visualizó una tendencia decreciente en los gastos en combustibles y en reparaciones y mantenimiento por hectárea al incrementarse la capacidad de trabajo; dicha relación es estadísticamente significativa. El segundo tramo aparece cuando, para alcanzar la capacidad de trabajo óptima, son necesarias dos o más cosechadoras: en este caso, incrementar la capacidad no redundará en menores gastos en combustibles y en reparaciones y mantenimiento por hectárea, por lo tanto, en este tramo ambas funciones tienen una correlación directa con la superficie cosechada.

El modelo para estimar la capacidad de trabajo óptima tuvo un buen comportamiento, aportando soluciones coherentes. Éstas se mostraron relativamente estables para la unidad de producción típica analizada, aun tomando diferentes combinaciones de precios y rendimientos históricos.

Los sistemas de cosecha analizados para el poroto alubia son en promedio indiferentes respecto de su eficiencia económica. Sólo si los precios del poroto se alejan mucho del valor crítico se observa una mayor conveniencia del sistema de cosecha convencional. La demora en la cosecha por una capacidad de trabajo inferior a la óptima no muestra demasiada influencia.

En el caso del poroto negro, de un precio inferior, se observa una mayor eficiencia del sistema de cosecha mecánica directa. Raramente, los valores de esta variedad de poroto superan el valor crítico estimado. Esta conclusión gana fuerza si, además, el productor tiene una capacidad de trabajo inferior a la óptima.

Se generalizan los resultados obtenidos en esta tesis en el programa informático *asesor de cosecha*, el cual abre numerosas posibilidades para futuros trabajos en el ramo.

5. CONCLUSIONES

1. Los costos de oportunidad por la demora en la cosecha son el componente más trascendente en la selección de la capacidad de trabajo.
2. La capacidad de trabajo óptima es sensible a la superficie trabajada anualmente y a la destinada al cultivo del poroto por ser éste el de mayor valor. Sin embargo, la cantidad de cultivos realizados no tiene correlación.
3. La variable crítica para seleccionar el sistema de cosecha que maximiza el Valor Neto del Producto Cosechado (VNPC) es el precio del poroto. Para precios altos es más eficiente la cosecha convencional y para precios bajos la cosecha mecánica directa.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ASABE. American Society of Agricultural Engineers and Biological Standard.** 2011a. Agricultural Machinery Management D 497.7. Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan. Marzo 2011.
- ASABE. American Society of Agricultural Engineers and Biological Standard.** 2011b. Agricultural Machinery Management EP 496.3. Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan. Febrero 2011.
- ASABE. American Society of Agricultural Engineers and Biological Standard.** 2003. Uniform Terminology for Agricultural Machinery Management. S 495. Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan. Febrero de 2003.
- Audsley E.** 1984. Use of weather uncertainty, compactation and timeliness in the selection of optimum machinery for autumn field work – A dynamic program. Journal of Agricultural Engineering Research. 29, 141-149.
- Bisang R.** 2003. Apertura económica, innovación y estructura productiva: la aplicación de biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina. Desarrollo Económico. Vol. 43, No. 171 (Oct. - Dec., 2003), pp. 413-442
- Bolsa de Cereales.** 2013. Series Históricas de Cotizaciones de Subproductos. Disponible en: <http://www.bolcereales.com.ar/historico>
Ultimo acceso: Enero 2013.
- Borges, I. O., Maciel, A. J., & Milan, M.** 2006. Computer model to select combine harvesters considering the timeliness of soybean. Engenharia Agrícola, 26(1), pp: 131-141.
- Burrows, W., & Siemens, J.** 1974. Determination of optimum machinery for corn-soybean farms. Transactions of the ASAE 17, pp: 1130-1135.

Bragachini M.; Peiretti J. & Sánchez F. 2011. Mercado Actual y Perspectivas en Cosechadoras, Cabezales Maiceros, Girasoleros y Tractores en Argentina. Proyecto PRECOP II - Eficiencia de Cosecha de Granos - INTA EEA Manfredi. Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/maquinaria/MercadoActualYPerspectivasCosechadoras2011.asp> Último acceso: Enero 2013

Caracciolo de Basco, M., Tsakoumagkos P., Rodríguez Sánchez C., & Borro M. del C. 1981. Esquema conceptual y metodología para el estudio de tipos de establecimientos agropecuarios con énfasis en el minifundio. Documento ESR 137.

Chancellor W. & Cervinka V. 1974. Timeliness Coefficients for Rice and Factors Affecting Their Value. Transactions of the ASAE. 5 (17): pp: 841-844.

Cross T. & Perry G. 1995. Depreciation Patterns for Agricultural Machinery. American Journal of Agricultural Economics. 77, pp: 194-204.

De Simone M. 2002. Cosecha. En El cultivo del Poroto en la República Argentina. Editores: De Simone M. & F. de Calvo V. INTA. (10) pp: 217-233.

De Simone M. & Garcia Medina S.; 2006. Comunicación verbal.

De Simone M.; 2006. Comunicación verbal.

De Simone, C.; Sfasciotti, D. & Sentana, A. 2006b. Capítulo 7: Análisis técnico económico. En Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. pp: 74-92.

De Simone, M. & Godoy A. 2006a. Capítulo 2: Sistema de recolección convencional. En Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. pp: 9-21.

De Simone, M. & Godoy A. 2006b. Capítulo 3: Sistema de recolección directa. En Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. pp: 22-33.

De Simone, M.; De Simone, C. Sentana, A.; Godoy A.; Whalberg, J.; Regazzoni, J.; Monico; F. & Sfasciotti, D. 2006a. Capítulo 1: Áreas de Producción. En Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. pp: 1-8.

de Toro A. & Hansson P. 2003. Analysis of field machinery performance based on daily soil workability status using discrete event simulation or on average workday probability. Agricultural Systems. 79, pp: 109-129

de Toro A. 2004. Assessment of Field Machinery Performance in Variable Weather Conditions Using Discrete Event Simulation. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2004. Disponible en: http://pub.epsilon.slu.se/553/1/Agraria_462.pdf Último acceso: Febrero de 2014

Edwards W. & Boehlje M. 1980. Machinery Selection Considering Timeliness Losses. Transactions of the ASAE. 24 (4): pp: 810-815.

Edwards W., Ayres G. & Boehlje M., 2001. Estimating farm machinery costs. Iowa State University. University Extension. www.extension.iastate.edu/Publications/PM710.pdf Último acceso: Julio 2006.

Frank R. 1977. Costos y Administración de la Maquinaria Agrícola. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. (2-4) pp: 29-129.

Frank R. 1987. Curso de Costos y Administración del Tractor y sus Implementos. Departamento Producto. Deutz Fahr. 18 pp.

Frank, R. 1997. Introducción al cálculo de costos agropecuarios. Editorial El Ateneo. Buenos Aires. 34 pp.

González, M. & Pagliettini, L. 2001. Los costos agrarios y sus aplicaciones. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. 80 pp. Mayo de 2001. Buenos Aires.

Huan-Wen G. & Hunt D. 1985. Optimun Combine Fleet Selection with Power-Based Models. Transactions of the ASAE. 28 (2)pp: 364-368.

INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 1991. Censo Nacional Agropecuario 1988. Resultados Generales Provincia de Salta. Editorial Publicaciones INDEC.

INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2005. Censo Nacional Agropecuario 2002. Resultados Generales Provincia de Salta.

http://www.indec.gov.ar/agropecuario/ampliada_index.asp?mode=66.

Ultimo acceso: Enero de 2006

Karale, D. S., V. P. Khambalkar, S. M. Bhende, Sharddha B. Amle, & Pranali S. Wankhede. 2008. Energy economic of small farming crop production operations" World Journal of Agricultural Sciences 4 (4)pp:476-482.

Kastens T. 1997. Farm Machinery Operation Cost Calculations.

Extension Agricultural Economist Kansas State University.

<http://www.oznet.ksu.edu/library/agec2/mf2244.pdf> Ultimo acceso:

Enero de 2006.

Khambalkar, Vivek Prakash, Jyoti Pohare, Sachin Katkhede, Dipak Bunde, & Shilpa Dahatonde. 2010. Energy and economic evaluation of farm operations in crop production. Journal of Agricultural Science 2 (4) pp: 191-200.

Leithold; L. 1998a. Capítulo 3: Comportamiento de las funciones y de sus gráficas, valores extremos y aproximaciones. En El Cálculo 7ma Edición. Oxford University Press: pp: 223:241.

Leithold; L. 1998b. Capítulo 12: Cálculo diferencial de funciones de más de una variable. En El Cálculo 7ma Edición. Oxford University Press: pp: 990:1013.

López Roudergue, M. & Hetz, E. 1998. Efectos del uso anual y del método de depreciación sobre los costos fijos de operación de un tractor, sembradora cero labranza y cosechadora de granos. *Agro sur*. 26 (2): 63-69.

MECON. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.

2013. Dirección Nacional de Política Macroeconómica. Información Económica al Día. CUADRO 4.13. Cotizaciones de divisas de algunos países con respecto al dólar de Estados Unidos En:

<http://www.mecon.gov.ar/peconomica/basehome/infoeco.html> Último acceso: Febrero 2013

MAGYP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2013a.

Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Estadísticas de Agricultura. Disponible en: <http://www.siaa.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura> Ultimo acceso: Enero 2013

MAGYP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2013b.

Dirección de Mercados Agrícolas. Evolución de las Exportaciones Argentinas. Disponible en: <http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/indec/indec.php> Ultimo acceso: Enero 2013

MAGYP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2013c.

Dirección de Mercados Agrícolas. Valores de Mercado: Trigo - Maiz - Girasol - Soja - Aceite de Girasol Crudo - Aceite de Soja Crudo (FAS TEÓRICO). Series Históricas. Disponible en http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/precios_referencia/precio_ref_acum/01_valores_acum_2011.php Último acceso: Enero 2013

MAGYP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2013d.

Dirección de Mercados Agrícolas. Serie de Flete Terrestre - Camión, Nacional, Granel y Embolsado (Granos – Frutas - Hortícola), 1500 Km., Tonelaje 30 Tn, (Pesos por t), Semanal. Disponible en: <http://www.siaa.gov.ar/index.php/series-por-tema/insumos> Último acceso: Marzo de 2013.

- PAMI. Prairie Agricultural Machinery Institute.** 1980. 211 Measuring Combine Capacity. PAMI Gleanings. Impreso en: 1980. ISSN 0704-3457, Miscellaneous. 2 pp.
- PAMI. Prairie Agricultural Machinery Institute.** 1998. 739 Modeling and Comparing Whole Crop Harvesting Systems. Research Update 739. Impreso en: Dec, 1998. ISSN 1188-4770, Group 4(i). 8 pp.
- Philips P. & O'Callaghan J.** 1974. Cereal Harvesting – A mathematical model. Journal of Agricultural Engineering Research. 19, 415-433.
- PRECOP. Proyecto Nacional de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos.** 2005. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos. Centro Regional Salta – Jujuy.
<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/capacitacion/200411JornadasPrecop/actsaltajujuy.doc>. Ultimo acceso: Enero de 2006.
- Reboratti, C.** 1989. La expansión. En La frontera agraria en el Umbral al Chaco: desarrollo, balance y perspectivas: Versión preliminar. Universidad de Buenos Aires. Instituto de Geografía. (5): 43-70.
- Resolución Comisión Nacional de Trabajo Agrario.** CNTA 71/2011; Boletín Oficial: 32282, 2011-11-22
- Revista Marca Líquida.** 2013. Precios del Mercado. En: <http://marcaliquida.com.ar/> Último acceso: febrero de 2013.
- Revista Márgenes Agropecuarios.** 2011. Año 27- N° 317. Noviembre de 2011.
- Rodrigues, A.; Tommasino, H.; Foladori, G & Gregorcuc, A.** 2003. ¿Es correcto pensar la sustentabilidad a nivel local? Un análisis metodológico a partir del estudio de caso en un área de protección ambiental en el litoral sur de Brasil. Theomai, num. primer semestre, 14 pp.
- Scaraffia; G.** 2006; Comunicación verbal.

Sentana A. 2006; Comunicación verbal.

Servicio Meteorológico Nacional. 2004. Serie de precipitaciones diarias 1970-2001. Estación meteorológica N° 10339. Orán. Salta.

Sfasciotti D. 2012; Comunicación verbal.

Søgaard H. & Sørensen C. 2004. A model for optimal selection of machinery sizes within the farm machinery system. Biosystems Engineering. 89 (1)pp: 13-28.

Sørensen C. 2003. Workability and Machinery Sizing for Combine Harvesting. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 03 003. Vol. V.

Van Elderen E. 1978. Scheduling farm operations. European Journal of Operational Research. (4) pp: 19-23.

Van Elderen E. 1980. Models and techniques for scheduling farm operations: a comparison. Agricultural Systems. (5) pp: 1-17.

Witney B. 1996. Choosing y using farm machines. Editorial Land Tec. Scotland. United Kingdom. 412 pp.

7. TABLAS

Tabla N°1: Superficie total de las explotaciones agropecuarias con límites definidos, por tipo de uso de la tierra, – San Martín y Orán (Salta)

Tipo de uso de la tierra	Superficie (ha)	Participación (%)
Cultivos agrícolas	113373	19,6%
Forrajeras	7385	1,3%
Bosques y/o montes implantados	1155	0,2%
Bosques y/o montes espontáneos	433288	74,8%
Pastizales Naturales	5092	0,9%
Caminos, parques y viviendas	3007	0,5%
Apta no utilizada o no apta	15662	2,7%
Superficie total de las EAP	578961	100,0%

Fuente: Elaboración propia en base a INDEC, 2005.

**Tabla N°2: Superficie ocupada por los diferentes cultivos
expresados en hectáreas – San Martín y Orán (Salta)**

Período	Poroto seco	Soja	Cártamo	Maíz	Trigo
Promedio 1970-1979	11613	1678	-	1658	-
Promedio 1980-1989	27053	5950	2533	3435	50
Promedio 1990-1999	89158	24525	7000	7222	233
Promedio 2000-2009	118200	106166	25825	3290	7.914
Campaña 2010/11	144330	161900	40200	27250	27.300
Campaña 2011/12	149910	161900	42350	31340	27.300

Fuente: MAGYP, 2013a

Tabla N°3: Caída promedio anual en el valor de un equipo (% del valor a nuevo)

Frecuencia de renovación, años	Equipos complejos con alta tasa de depreciación (Ej: cosechadoras de patatas)	Máquinas con muchas partes móviles (Ej: tractores y cosechadoras de granos)	Equipos simples con pocas partes móviles (Ej: tolvas)
1	34	26	19
2	24,5	19,5	14,5
3	20*	16,5*	12,5
4	17,5**	14,5	11,5
5	15***	13**	10,5*
6	13,5	12	9,5
7	12	11	9
8	11	10***	8,5**
9	(10)	9	8
10	(9,5)	8,5	7,5***

* Típica frecuencia de renovación con uso intensivo.

** Típica frecuencia de renovación con uso promedio.

*** Típica frecuencia de renovación con uso leve.

Fuente: Witney, 1996.

**Tabla N°4: Equipos complementarios según capacidad de trabajo
de la cosechadora**

Clase	Capacidad de trabajo (soja 3000 kg)	Equipos de cosecha complementarios
II	2 ha / hora	Tolva de 7,5 t
III	3 ha / hora	+ Tractor de 55,16 kW
IV	4 ha / hora	Tolva de 14 t
V	6 ha / hora	+ Tractor de 63,25 kW
VI	7 ha / hora	Tolva de 18 t
VII	8 ha / hora	+ Tractor de 88,26 kW

Fuente: Elaboración propia De Simone *et al.* (2006a)

Tabla N°5: Coeficiente K3 por cultivo

Cultivo	Informantes calificados (Salta, Argentina)	ASABE (EE. UU.)
Poroto Cosecha Directa	0,01040	s/d
Poroto Cosecha Convencional	0,01290	s/d
Soja	0,01290	0,005-0,010
Maíz	0,00108	0,001-0,010
Trigo	0,00118	0,007-0,008

Fuente: Elaboración propia en base a De Simone M. & García Medina S. (2006) y ASABE (2011a).

Tabla N°6: Probabilidad de días aptos para la cosecha por cultivo.

Orán (Salta)

Cultivo	Probabilidad de día apto	Desvío estándar	Intervalo de confianza 90%		Período óptimo de cosecha
Poroto	94,92%	2,86%	94,10%	95,74%	15-Jun a 15-Jul
Soja	74,79%	10,44%	71,80%	77,78%	10-Abr a 10-May
Trigo	65,86%	5,57%	64,26%	67,45%	1-30 Nov

Fuente: Elaboración propia en base a la metodología de Witney (1996) con datos del Servicio Meteorológico Nacional (2004) y De Simone M. & García Medina S. (2006).

Tabla N°7: Parámetros d_j por cultivo

	Soja	Poroto directa	Poroto convencional
K_3	0,0129	0,0104	0,0129
Z	4	2	2
G	8	8	8
pwd	0,7479	0,9492	0,9492
d_j	0,00054	0,00068	0,00085

Fuente: Elaboración propia en base Witney (1996), Servicio Meteorológico Nacional (2004), De Simone M. & García Medina S. (2006) y ASABE (2011a).

Tabla N°8: Costos específicos de la aplicación de un desecante químico en el sistema de cosecha directa

	Cantidades	Unidades
Precio	2,9	U\$S/litro
Dosis	2	litros/ha
Costo de fumigada	5,73	U\$S/ha
Probabilidad de uso	0,80	decimal
Costo	26,59	U\$S/ha

Fuente: Elaboración propia en base a Sfasciotti (2012) y Revista Márgenes Agropecuarios (2011).

Tabla N°9: Costos de propiedad específicos en el sistema de cosecha convencional

	Cantidad	Valor U\$\$/unidad	Coficiente C₀	Costos de propiedad U\$\$/ha
Arrancadora	4	10000	0,13400	4,87
Rastrillo Descarga Lateral	3	23000	0,13400	8,41
Tractor	7	33659	0,12492	1,83
Totales				15,11

Fuente: Elaboración propia en base a De Simone M. (2006); ASABE (2011a) y Revista Márgenes Agropecuarios (2011).

Tabla N° 10: Costos operativos específicos y totales en el sistema de cosecha convencional

	Costos de R&M U\$/ha	Costos de combustibles U\$/ha	Costos de mano de obra U\$/ha	COAEA U\$/ha
Arrancadora	1,36	-	-	6,24
Rastrillo Descarga Lateral	2,18	-	-	10,59
Tractor	1,71	16,05	9,28	28,88
Totales	5,26	16,05	9,28	45,71

Fuente: Elaboración propia en base a De Simone M. (2006); ASABE (2011a) y Revista Márgenes Agropecuarios (2011).

Tabla N°11: Resumen de los principales parámetros y variables del modelo

Parámetro/ variable	Valor	Unidad de medida	Descripción
A	1500	ha	Área cosechada total por año
A ₁	1100	ha	Área cosechada de poroto por año
A ₂	400	ha	Área cosechada de soja por año
Y ₁	1,6	t/ha	Rendimiento del poroto
Y ₂	2,7	t/ha	Rendimiento de la soja
V _{1a}	707,33	U\$/t	Precio al productor del poroto alubia
V _{1n}	533,91	U\$/t	Precio al productor del poroto negro
V ₂	191,39	U\$/t	Precio al productor de la soja
b ₂	4953,70		Pendiente de la curva que relaciona la capacidad de trabajo con el precio de la cosechadora
d ₁₁	0,00068		Parámetro de pérdidas por demora para el poroto en cosecha directa
d ₁₂	0,00085		Parámetro de pérdidas por demora para el poroto en cosecha convencional
d ₂	0,00054		Parámetro de pérdidas por demora para la soja

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12: Capacidad de trabajo óptima y su distribución (en ha/h)

Sistema de cosecha - cultivos	Capacidad de trabajo media	Desvío estándar	Intervalo de confianza 90%		C_i[*] (2011)
Directa (poroto alubia - soja)	13,62	2,05	12,69	14,55	14,25
Directa (poroto negro - soja)	11,22	2,01	10,31	12,14	12,48
Convencional (poroto alubia - soja)	12,03	1,81	11,21	12,85	12,60
Convencional (poroto negro - soja)	9,17	1,78	8,36	9,97	11,06

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N°13: Resumen de los principales parámetros y variables
del modelo (Continuación)**

Parámetro/ Variable	Valor	Unidad de medida	Descripción
P ₁₁	0,112	t/ha	Nivel de pérdidas aceptable para el cultivo de poroto con el sistema de cosecha directa
P ₁₂	0,056	t/ha	Nivel de pérdidas aceptable para el cultivo de poroto con el sistema de cosecha convencional
b ₁	15176,77		Ordenada al origen de la curva que relaciona la capacidad de trabajo con el precio de la cosechadora
p _G	1,07	U\$/L	Precio del gas oil
C _G	9,93	L/ha	Consumo de gas oil
e ₁	7,85	U\$/ha	Parámetro de reparaciones y mantenimiento por hectárea
S _a	18,56	U\$/ha	Salario tractorista y maquinista
p _{MO}	0,02	decimal	Premio de la mano de obra utilizada durante el período de cosecha
d _H	2,00	L/ha	Dosis del herbicida
P _H	9,90	U\$/L	Precio del herbicida
P	0,80	decimal	Probabilidad de utilización del herbicida
CF	5,73	U\$/ha	Costo de fumigada
CAEA	60,81	U\$/ha	Costo de arrancado, engavillado y acordonado en el sistema de cosecha convencional

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°14: Valor neto del producto cosechado (en U\$S/ha) y su distribución

Sistema de cosecha - variedad	VNPC medio	Desvío estándar	Intervalo de confianza 90%		VNCP* (2011)
Directa (poroto alubia)	902,63	330,98	752,11	1053,15	1109,34
Convencional (poroto alubia)	898,40	340,00	743,79	1053,02	1109,52
Directa (poroto negro)	640,58	297,79	505,15	776,00	849,91
Convencional (poroto negro)	626,47	305,70	487,45	765,49	840,37

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°15: Comparación de los valores obtenidos (en u\$s/ha) en el modelo respecto a estudio precedente de PAMI (1998)

Sistema de cosecha	VNCP	Costos de cosecha	Ingresos totales
Hileradora automotriz	528,23	298,15	826,38
Corte Directo	569,79	236,11	805,90
Cabezal Stripper	571,60	211,41	783,02
Rastrillo	610,75	199,97	810,72
Fardo entero (re-embalado)	625,81	214,43	840,24
Fardo entero (no re-embalado)	674,60	165,64	840,24
Cosecha Directa (Poroto Alubia)	1109,34	201,31	1310,65
Cosecha Convencional (Poroto Alubia)	1109,52	201,13	1310,65
Cosecha Directa (Poroto Negro)	849,91	183,27	1033,18
Cosecha Convencional (Poroto Negro)	840,37	192,81	1033,18

Fuente: Elaboración propia en base a PAMI (1998) y MECON (2013)

8. FIGURAS

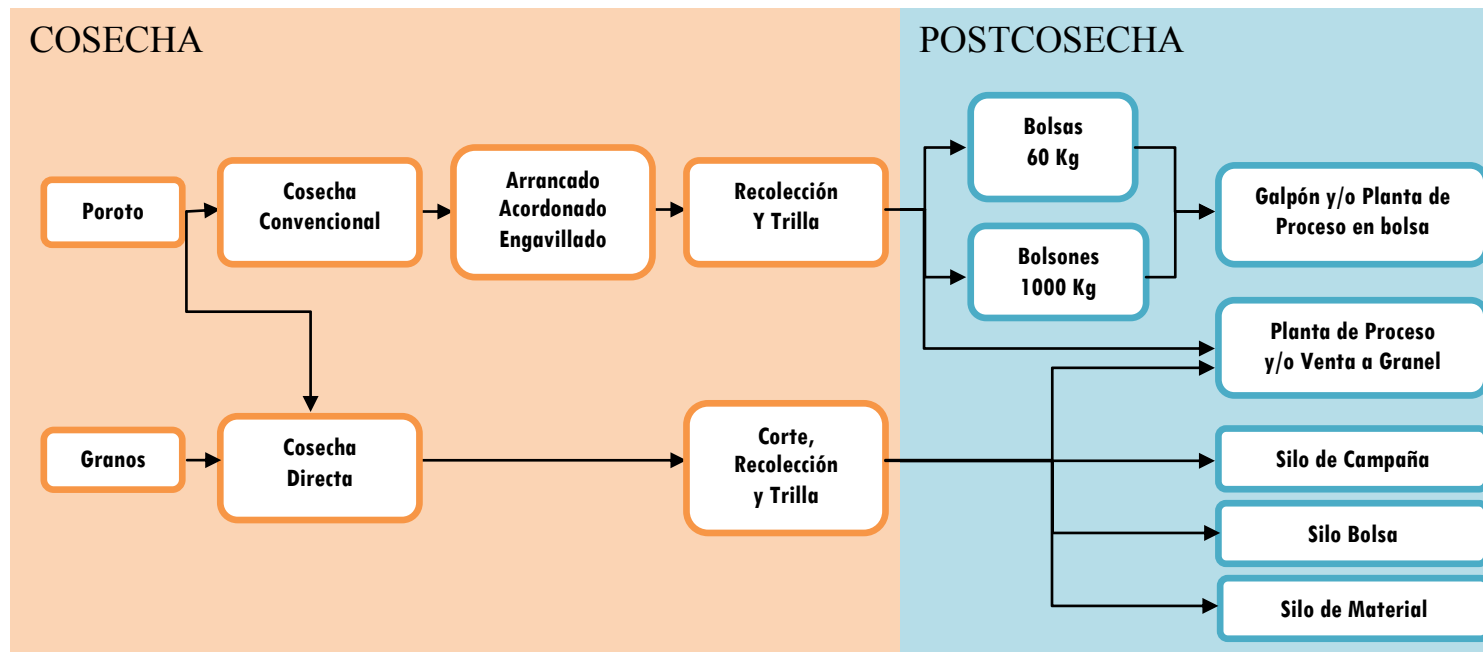


Figura N°1: Sistemas de cosecha y postcosecha de poroto

Fuente: Elaboración propia en base a De Simone & Godoy (2006 a y b)

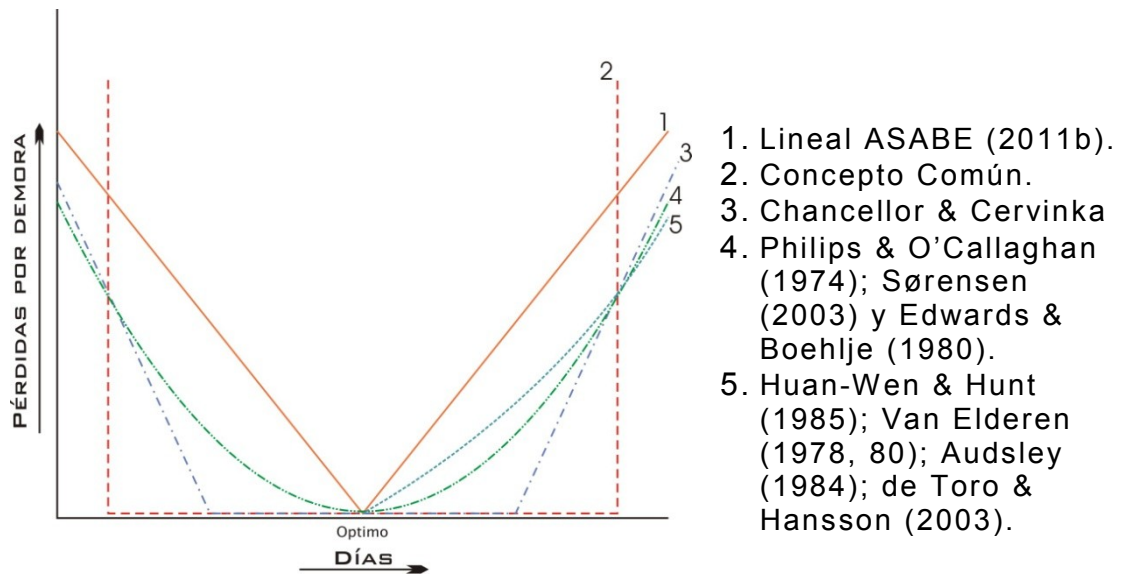


Figura N°2: Modelos de pérdidas por demora

Fuente: Elaboración propia en base a Huan-Wen & Hunt (1985)

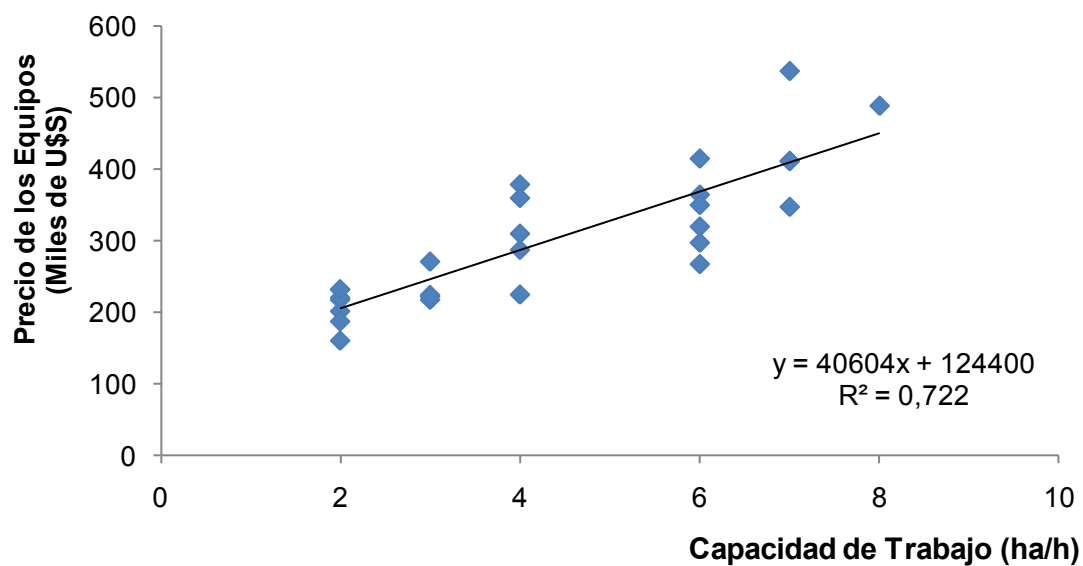


Figura N°3: Gráfico de dispersión y línea de regresión lineal del precio de las cosechadoras y equipos complementarios en relación a la capacidad de trabajo

Fuente: Elaboración propia en base a De Simone *et al.* (2006a) e Márgenes Agropecuarios (2013)

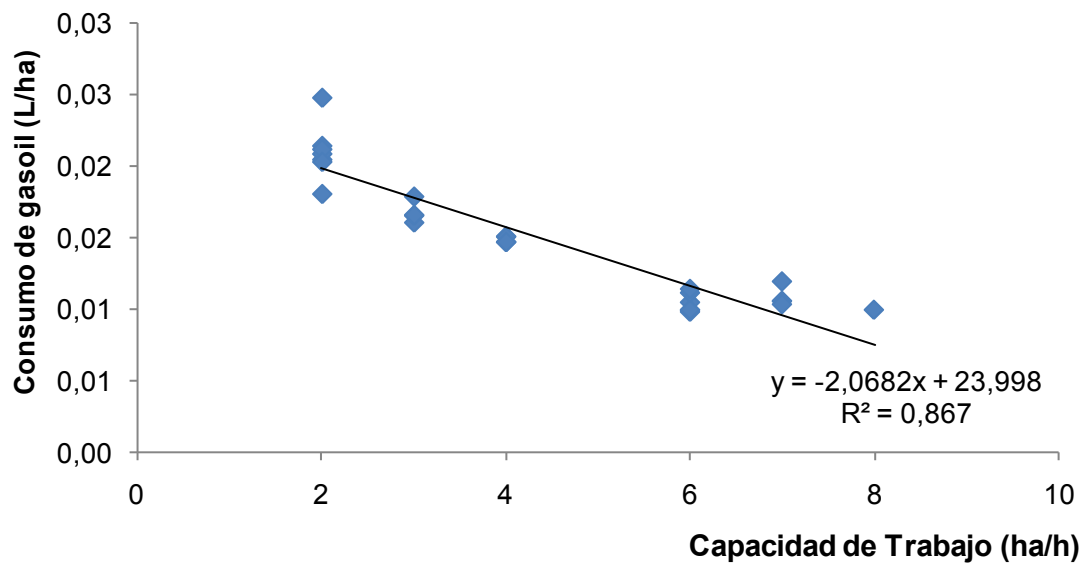


Figura N°4: Gráfico de dispersión y línea de regresión lineal del consumo de combustibles de la cosechadora y los equipos complementarios en relación a la capacidad de trabajo

Fuente: Elaboración propia en base a De Simone *et al.* (2006)

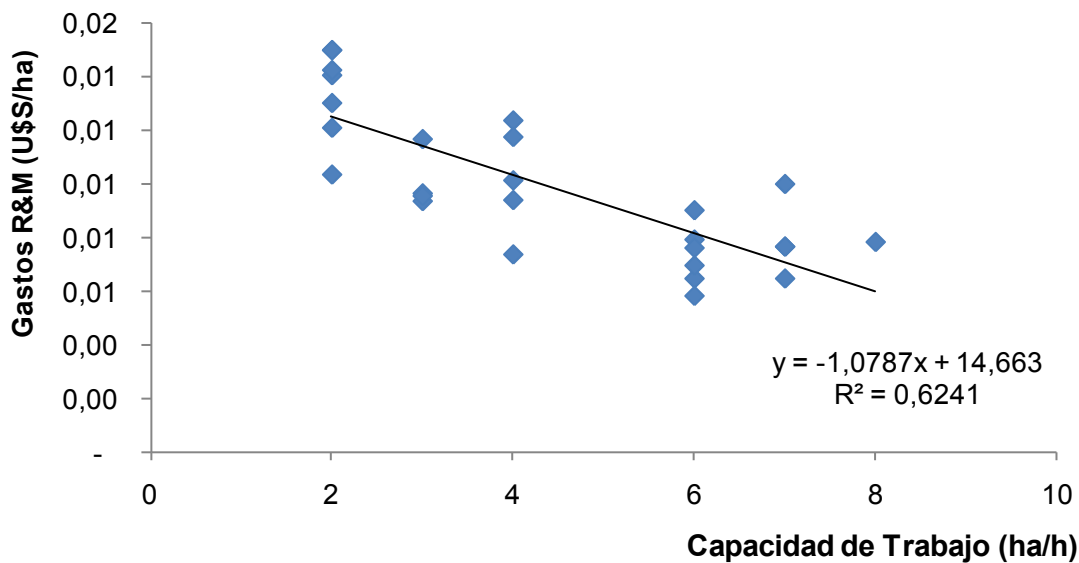


Figura N°5: Gráfico de dispersión y línea de regresión lineal de los gastos de reparación y mantenimiento de la cosechadora y los equipos complementarios en relación a la capacidad de trabajo

Fuente: Elaboración propia en base a De Simone *et al.* (2006), ASABE (2011a) y Márgenes Agropecuarios (2011)

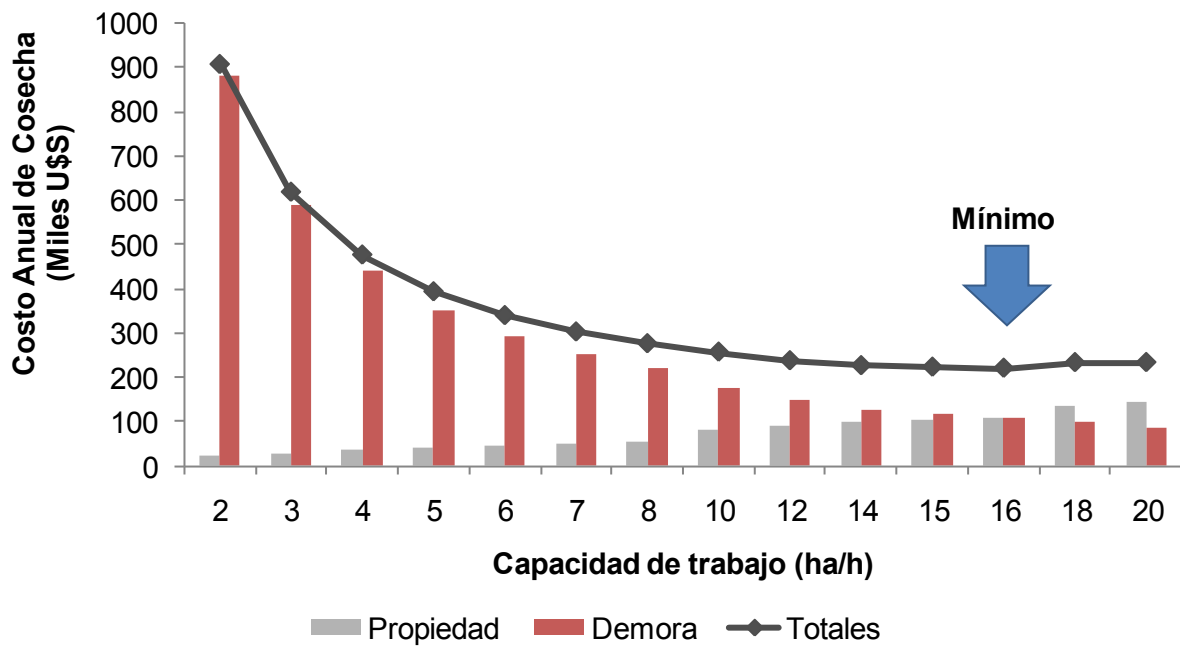


Figura N°6: Capacidad de trabajo óptima. Productor representativo. Cosecha mecánica directa. Poroto alubia y soja

Fuente: Elaboración propia

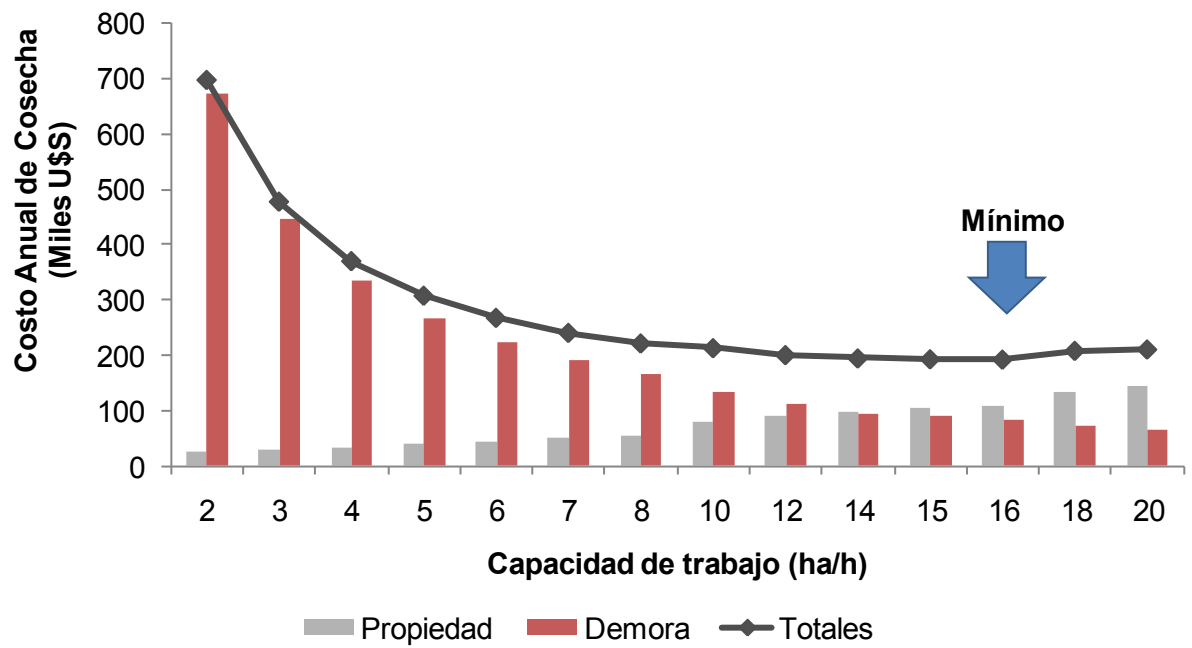


Figura N°7: Capacidad de trabajo óptima. Productor representativo. Cosecha mecánica directa. Poroto negro y soja

Fuente: Elaboración propia

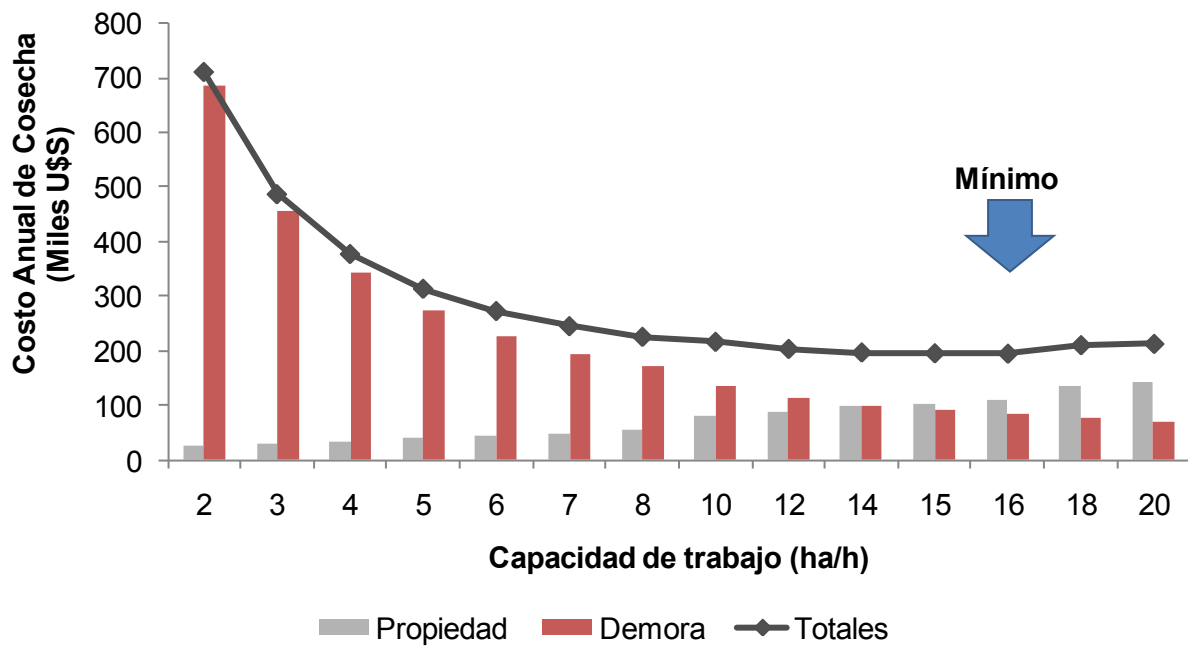


Figura N°8: Capacidad de trabajo óptima. Productor representativo. Cosecha convencional. Poroto alubia y soja

Fuente: Elaboración propia

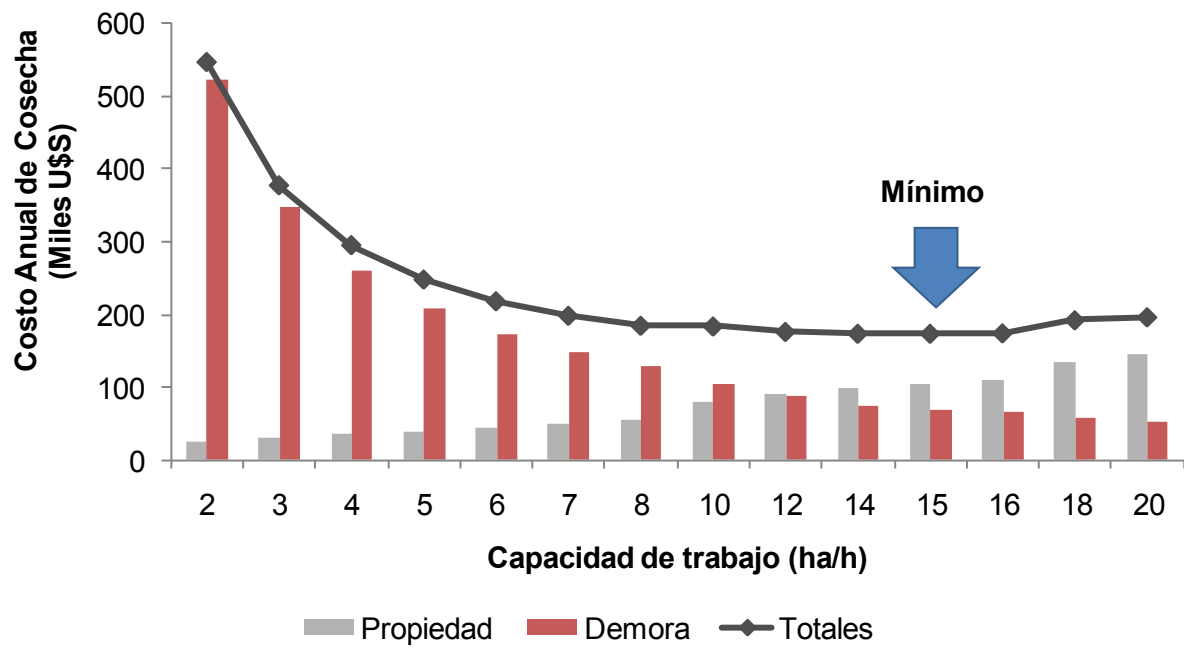


Figura N°9: Capacidad de trabajo óptima. Productor representativo. Cosecha convencional. Poroto negro y soja

Fuente: Elaboración propia

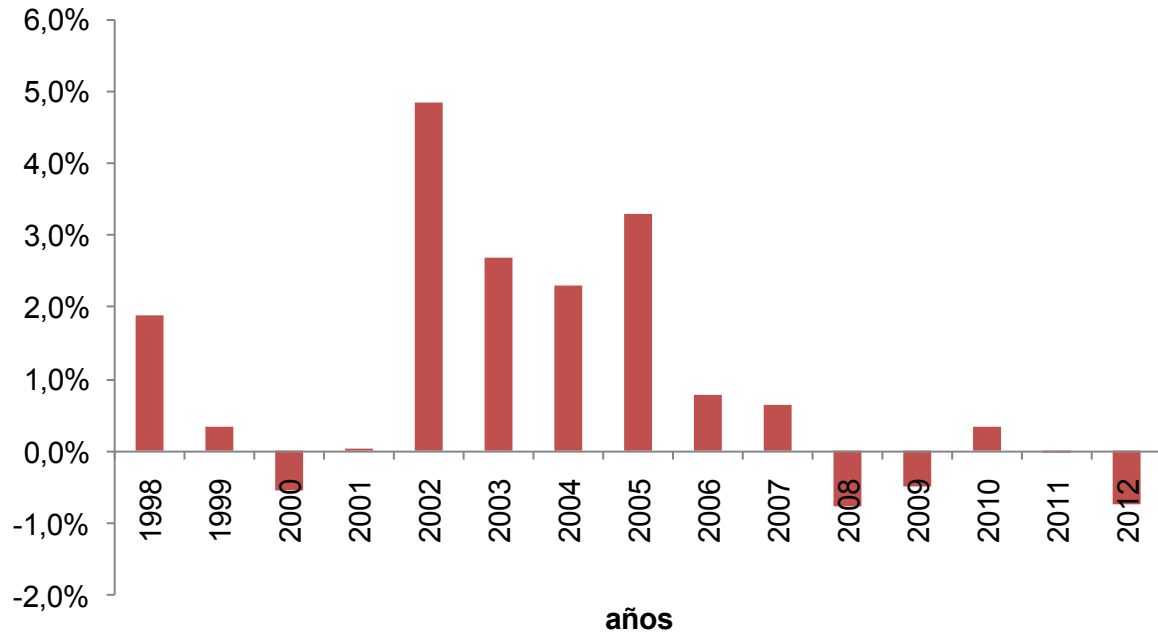


Figura N° 10: Diferencias porcentuales del valor del producto neto cosechado entre el sistema de cosecha convencional y mecánica directa para el poroto alubia

Fuente: Elaboración propia

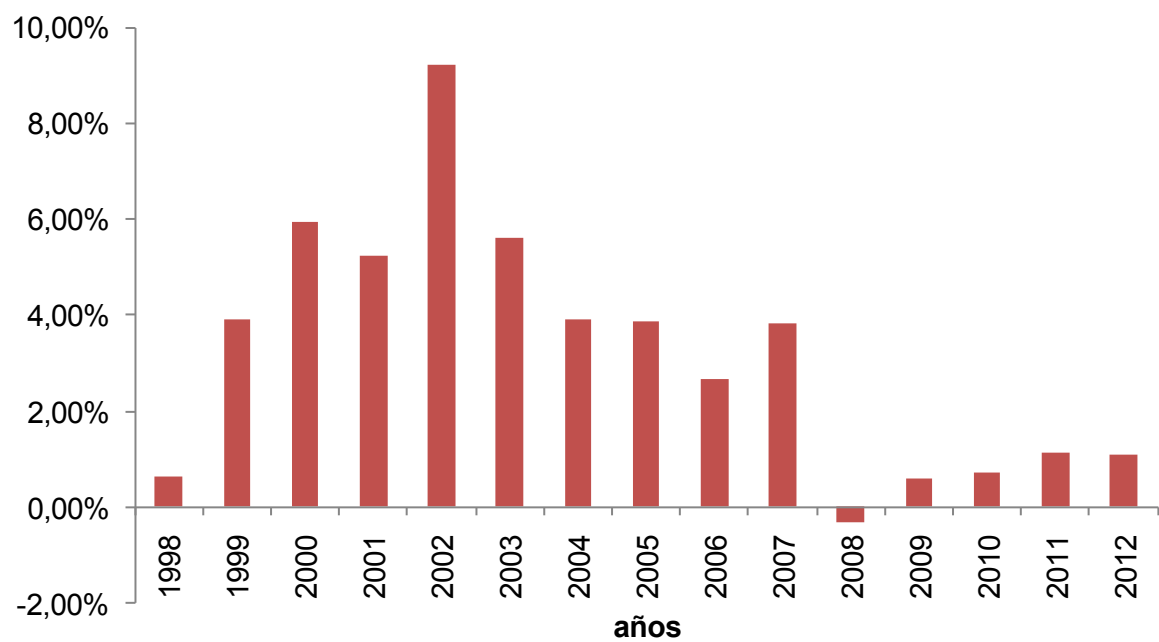


Figura N° 11: Diferencias porcentuales del valor del producto neto cosechado entre el sistema de cosecha convencional y mecánica directa para el poroto negro

Fuente: Elaboración propia

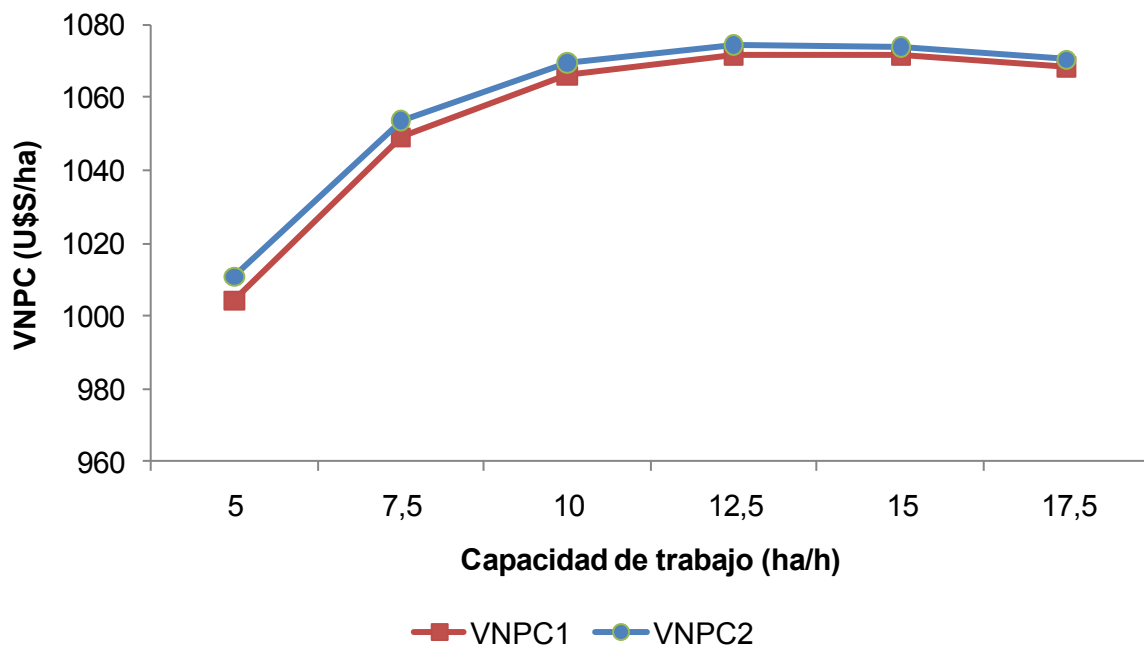


Figura N° 12: Valor del producto neto cosechado para el sistema de cosecha convencional (2) y mecánica directa (1) para el poroto alubia en función de la capacidad de trabajo

Fuente: Elaboración propia

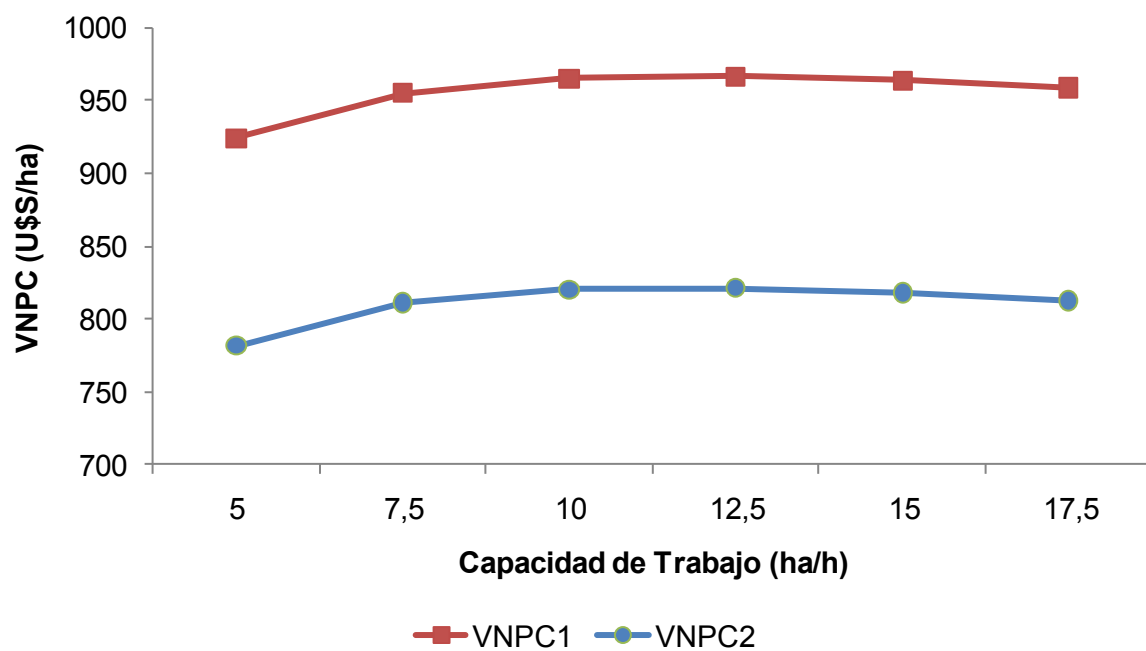


Figura N° 13: Valor del producto neto cosechado para el sistema de cosecha convencional (2) y directa (1) para el poroto negro en función de la capacidad de trabajo

Fuente: Elaboración propia

9. ANEXOS

9.1. ANEXO I: Oferta de cosechadoras en argentina

Clase II

Marca y modelo	JD 1450	AA 440	Don Roque RV 125	Bernardín M 2120
Trilla				
Flujo	radial	radial	radial	radial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	610/1300	600/1270	520/1250	560/1200
Sup. cóncavo (m ²)		0,82	0,6	
Separación y Limpieza				
Sup. separación (m ²)	5,61	5,25	4,75	4,5
Total sup. limpieza (m ²)	4,6	3,84	3,76	4,4
Manejo del Cereal				
Tasa de Descarga (L/s)				
Tolva (L)	5500	5200	5250	5000
Motor				
Potencia kW (HP)	133 (180)	142 (192)	136 (185)	139 (189)
Relación trilla/potencia				
Sup. Rotor (m ²)	2,49	2,39	2,04	2,11
cm ² del rotor/ kW	187,31	168,47	150,15	151,88
Capacidad y consumo				
ha/hora (soja 30 q)	2,0	2,0	2,0	2,0
Gas oil (L/h)	28,9	30,8	29,7	30,3
Datos Económicos				
Valor U\$S sin IVA	201800	204750	171700	216170
Fabricante	Brasil	Brasil	Nacional	Nacional
Estado	Nuevo	Nuevo	Nuevo	Nuevo

Marca y modelo	Metalfor 1360	JD 1175	JD 1165
Trilla			
Flujo	radial	radial	radial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	600/1284	610/1300	610/1040
Sup. cóncavo (m ²)	0,8		
Separación y Limpieza			
Sup. separación (m ²)	4,02	5,61	4,41
Total sup. limpieza (m ²)	4,22	4,6	3,63
Manejo del Cereal			
Tasa de Descarga (L/s)	75		
Tolva (L)	6000	4800	3900
Motor			
Potencia kW (HP)	172 (234)	133 (178)	112 (150)
Relación trilla/potencia			
Sup. Rotor (m ²)	2,42	2,49	1,99
cm ² del rotor/ kW	140,71	187,31	154,29
Capacidad y consumo			
ha/hora (soja 30 q)	2,0	2,0	2,0
Gas oil (L/h)	37,6	28,6	24,1
Datos Económicos			
Valor U\$S sin IVA	216170	185900	144942
Fabricante	Nacional	Brasil	Brasil
Estado	Nuevo	Nuevo	Nuevo

Clase III

Marca y modelo	JD 1550	AGCO Allis 550	Massey Ferguson 34	Don Roque RV 150
Trilla				
Flujo	radial	radial	radial	radial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	610/1560	600/1400	600/1400	520/1500
Sup. cóncavo (m ²)		0,88	0,88	0,72
Separación y Limpieza				
Sup. separación (m ²)	6,81	6,13	6,16	5,7
Total sup. limpieza (m ²)	5,6	4,5	4,5	4,52
Manejo del Cereal				
Tasa de Descarga (L/s)	65	84	84	78
Tolva (L)	6900	6400	6400	6250
Motor				
Potencia kW (HP)	166 (225)	190 (259)	172 (234)	173 (235)
Relación trilla/potencia				
Sup. Rotor (m ²)	2,99	2,64	2,64	2,52
cm ² del rotor/ kW	180,09	138,89	153,43	145,43
Capacidad y consumo				
ha/hora (soja 30 q)	3,0	3,0	3,0	3,0
Gas oil (L/h)	36,1	41,6	37,6	37,7
Datos Económicos				
Valor U\$S sin IVA	201800	255045	208453	206300
Fabricante	Brasil	Brasil	Brasil	Nacional
Estado	Nuevo	Nuevo	Nuevo	Nuevo

Clase IV

Marca y modelo	NH CS 660	Massey Ferguson 38	Cat 460R (Claas)
Trilla			
Flujo	rotary, radial	radial	radial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	607/1560	600/1680	610/1420
Sup. cóncavo (m ²)	1,01	1,06	1.44
Separación y Limpieza			
Sup. separación (m ²)	5,44	7,4	3
Total sup. limpieza (m ²)	4,8	5,3	4,93
Manejo del Cereal			
Tasa de Descarga (L/s)	67	84	95
Tolva (L)	9000	7900	9860
Motor			
Potencia kW (HP)	206 (280)	206 (280)	213 (290)
Relación trilla/potencia			
Sup. Rotor (m ²)	2,97	3,17	2,72
cm ² del rotor/ kW	144,40	153,73	127,76
Capacidad y consumo			
ha/hora (soja 30 q)	4,0	4,0	4,0
Gas oil (L/h)	44,9	44,9	46,5
Datos Económicos			
Valor U\$S sin IVA	207550	292330	342000
Fabricante	Brasil	Brasil	Alemania
Estado	Nuevo	Nuevo	Nuevo

Marca y modelo	AGCO Allis 660	Bernardín M 2160
Trilla		
Flujo	radial	radial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	600/1680	610/1560
Sup. cóncavo (m ²)	1,06	
Separación y Limpieza		
Sup. separación (m ²)	7,4	
Total sup. limpieza (m ²)	5,3	6
Manejo del Cereal		
Tasa de Descarga (L/s)	84	
Tolva (L)	7900	7800
Motor		
Potencia kW (HP)	213,4 (289)	206 (280)
Relación trilla/potencia		
Sup. Rotor (m ²)	3,17	2,99
cm ² del rotor/ kW	148,40	145,12
Capacidad y consumo		
ha/hora (soja 30 q)	4,0	4,0
Gas oil (L/h)	46,4	44,9
Datos Económicos		
Valor U\$S sin IVA	360889	269781
Fabricante	Brasil	Nacional
Estado	Nuevo	Nuevo

Clase V

Marca y modelo	JD 9660 STS	Case IH 2388	Challenger 660
Trilla			
Flujo	axial	axial	axial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	750/3130	762 / 2794	700/3556
Sup. cóncavo (m ²)	1,1	1.14	1,42
Separación y Limpieza			
Sup. separación (m ²)	1,54	1.7	1,45
Total sup. limpieza (m ²)	4,58	5,14	4,37
Manejo del Cereal			
Tasa de Descarga (L/s)	77,5	69,9	77,5
Tolva (L)	8800	7400	10571
Motor			
Potencia kW (HP)	225 (305)	208,8 (280)	209 (285)
Relación trilla/potencia			
Sup. Rotor (m ²)	7,37	6,69	7,82
cm ² del rotor/ kW	327,77	320,34	374,17
Capacidad y consumo			
ha/hora (soja 30 q)	6,0	6,0	6,0
Gas oil (L/h)	49,0	44,9	45,7
Datos Económicos			
Valor U\$S sin IVA	279800	250000	302208
Fabricante	USA	Brasil	USA
Estado	Nuevo	Nuevo	Nuevo

Marca y modelo	Gleaner R65	Don Roque RV 170	Cat 470R (Claas)
Trilla			
Flujo	axial	radial, rotary	radial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	635/2235	600/1700	610/1420
Sup. cóncavo (m ²)	0,55	1,1+0,76	1,44
Separación y Limpieza			
Sup. separación (m ²)	3,32	6,53	3
Total sup. limpieza (m ²)	4,92	5,24	4,93
Manejo del Cereal			
Tasa de Descarga (L/s)	84,6	75	95
Tolva (L)	10570	7050	9860
Motor			
Potencia kW (HP)	209 (285)	243 (330)	250 (340)
Relación trilla/potencia			
Sup. Rotor (m ²)	4,46	3,20	2,72
cm ² del rotor/ kW	213,33	131,86	108,85
Capacidad y consumo			
ha/hora (soja 30 q)	6,0	6,0	6,0
Gas oil (L/h)	45,7	53,0	54,6
Datos Económicos			
Valor U\$S sin IVA	346692	332349	397000
Fabricante	USA	Nacional	Alemania
Estado	Nuevo	Nuevo	Nuevo

Clase VI

Marca y modelo	JD 9760 STS	Challenger 670	Gleaner R75	Cat 480R/485R (Claas)
Trilla				
Flujo	axial	axial	axial	radial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	750/3130	700/3560	635/2235	610/1700
Sup. cóncavo (m ²)	1,1	1,42	0,55	1,73
Separación y Limpieza				
Sup. separación (m ²)	1,54	1,45	3,32	6,22
Total sup. limpieza (m ²)	4,58	5,35	4,92	6
Manejo del Cereal				
Tasa de Descarga (L/s)	77,5	77,5	84,6	95
Tolva (L)	10600	10570	11620	9860
Motor				
Potencia kW (HP)	250 (340)	250 (340)	243 (330)	295 (400)
Relación trilla/potencia				
Sup. Rotor (m ²) cm ² del rotor/ kW	7,37 295,00	7,83 313,15	4,46 183,48	3,26 110,44
Capacidad y consumo				
ha/hora (soja 30 q)	7,0	7,0	7,0	7,0
Gas oil (L/h)	54,6	54,6	53,0	64,2
Datos Económicos				
Valor U\$S sin IVA	329700	393600	393600	519000
Fabricante	USA	USA	USA	Alemania
Estado	Nuevo	Nuevo	Nuevo	Nuevo

Clase VII

Marca y modelo	JD 9860 STS
Trilla	
Flujo	axial
Cilindro/Rotor Diam.ancho (mm)	750/3130
Sup. cóncavo (m ²)	1,1
Separación y Limpieza	
Sup. separación (m ²)	1,54
Total sup. limpieza (m ²)	4,58
Manejo del Cereal	
Tasa de Descarga (L/s)	116,8
Tolva (L)	10600
Motor	
Potencia kW (HP)	276 (375)
Relación trilla/potencia	
Sup. Rotor (m ²) cm ² del rotor/ kW	7,37 267,20
Capacidad y consumo	
ha/hora (soja 30 q)	8,0
Gas oil (L/h)	60,2
Datos Económicos	
Valor U\$S sin IVA	458700
Fabricante	USA
Estado	Nuevo

9.2. ANEXO II: Pedido al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Definición de variables de selección

A) $x = c3125_1 + c3125_2 + c3145_1 + c3145_2 + c3122_1 + c3122_2 + c3251_1 + c3251_2 + c3252_1 + c3252_2 + c3253_1 + c3253_2 + c3254_1 + c3254_2 + c3259_1 + c3259_2$

B) 0101_1

C) 0101_2

Criterios de selección

A) 0101_1 = 66; y

B) 0101_2 = 007 ó 112 ó 140 ó 084 ó 056 ó 126; y

C) $x \geq 250$

Detalle de los Cuadros Solicitados

Cuadro 1: Superficie, Cantidad y Régimen de Tenencia

1000; 2000; 2001_1+2002_2; 2003_1+2004_1+2005_1+2009_1;
2003_1+2004_1+2005_1+2009_1; 2001_2+2002_2; 2001_2+2002_2;
3050; 3000.

Cuadro 2: Uso de la Tierra

3122_1; 3125_1; 3120_1; 3131_1; 3145_1; 3140_1; 3122_2; 3125_2;
3120_2; 3131_2; 3145_2; 3140_2.

Cuadro 3: Uso de la Tierra (continuación)

3251_1; 3252_1; 3253_1; 253_1; 3254_1; 3259_1; 3122_1; 3125_1;
3120_1; 3131_1; 3145_1; 3140_1; 3251_2; 3252_2; 3253_2; 3254_2;
3259_2; 3122_2; 3125_2; 3120_2; 3131_2; 3145_2; 3140_2; 3140_2.

Cuadro 4: Prácticas Culturales

4005_1; 4005_2; 4005_3; 4005_4; 4005_5; 4006_1; 4006_2; 4006_3;
4006_4; 4006_5; 4007_1; 4007_2; 4007_3; 4007_4; 4007_5; 4015_1;
4015_2; 4015_3; 4015_4; 4015_5; 4024_1; 4024_2; 4024_3; 4024_4;
4024_5; 4112; 4114; 4118; 4122; 4120; 4132; 4133; 4101; 4102;
4103; 4104; 4105.

Cuadro 5: Poscosecha

7050_1; 7050_2; 7062_1; 7062_2; 7065_1; 7065_2; 7725; 7728; 7804;
7803; 7809; 7805.

Cuadro 6: Maquinaria

7501_1; 7501_2; 7501_3; 7501_4; 7502_1; 7502_2; 7502_3; 7502_4;
7503_1; 7503_2; 7503_3; 7503_4; 7504_1; 7504_2; 7504_3; 7504_4;
7505_1; 7505_2; 7505_3; 7505_4; 7506_1; 7506_2; 7506_3; 7506_4;
7507_1; 7507_2; 7507_3; 7507_4; 7551_1; 7551_2; 7552_1; 7552_2;
7553_1; 7553_2; 7554_1; 7554_2; 7555_1; 7555_2; 7556_1; 7556_2;
7581_1; 7581_2; 7581_3; 7581_4; 7582_1; 7582_2; 7582_3; 7582_4;

7583_1; 7583_2; 7583_3; 7583_4; 7584_1; 7584_2; 7584_3; 7584_4;
7585_1; 7585_2; 7585_3; 7585_4; 7586_1.

Cuadro 7: Mano de obra

8405; 8406; 8400; 8505; 8506; 8500.

Cuadro 8: Contratismo de Maquinaria

8805_1; 8805_2; 8805_3; 8805_4; 8805_5; 8806_1; 8806_2; 8806_3;
8806_4; 8806_5.

Cuadro 9: Otros

9101; 9332_1; 9332_2; 9332_3; 9332_4; 9332_5; 9332_6; 9332_7;
9332_8; 9302_1; 9302_2; 9302_3; 9302_4; 9302_5; 9302_6; 9302_7;
9302_8.

Los códigos de las distintas preguntas de los formularios censales
pueden encontrarse on-line en www.indec.gov.ar

9.3. ANEXO III: Análisis de regresión precio de la cosechadora y equipos complementarios vs. capacidad de trabajo

RESUMEN

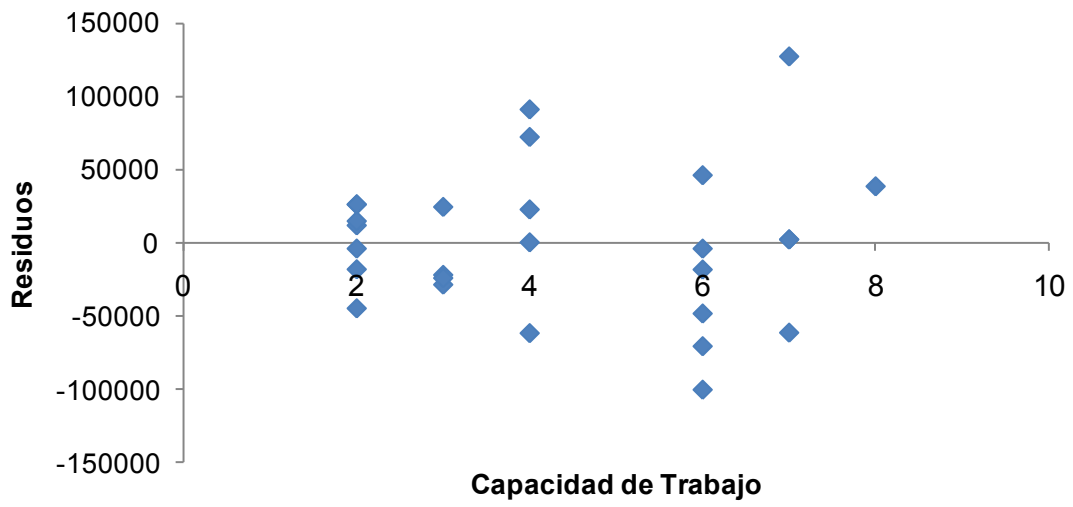
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,84972
Coefficiente de determinación R ²	0,72203
R ² ajustado	0,71091
Error típico	51458,57
Observaciones	27,00

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	171952594034	171952594034	64,94	0,00000
Residuos	25	66199608807	2647984352		
Total	26	238152202841			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	124399,79	24145,56	5,15	0,00003
Capacidad de Trabajo	40604,10	5038,76	8,06	0,00000

Capacidad de Trabajo Gráfico de los residuales



Capacidad de Trabajo Curva de regresión ajustada

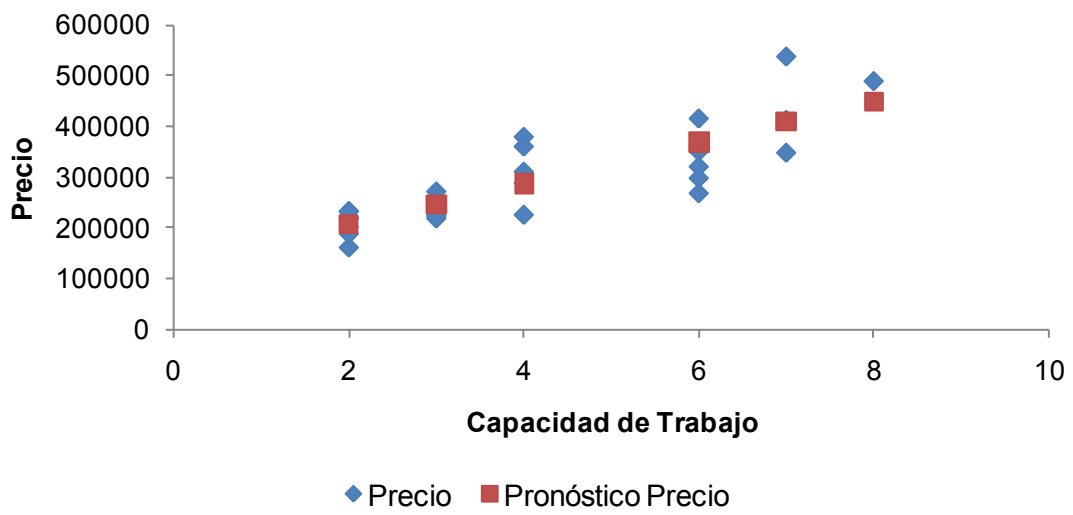
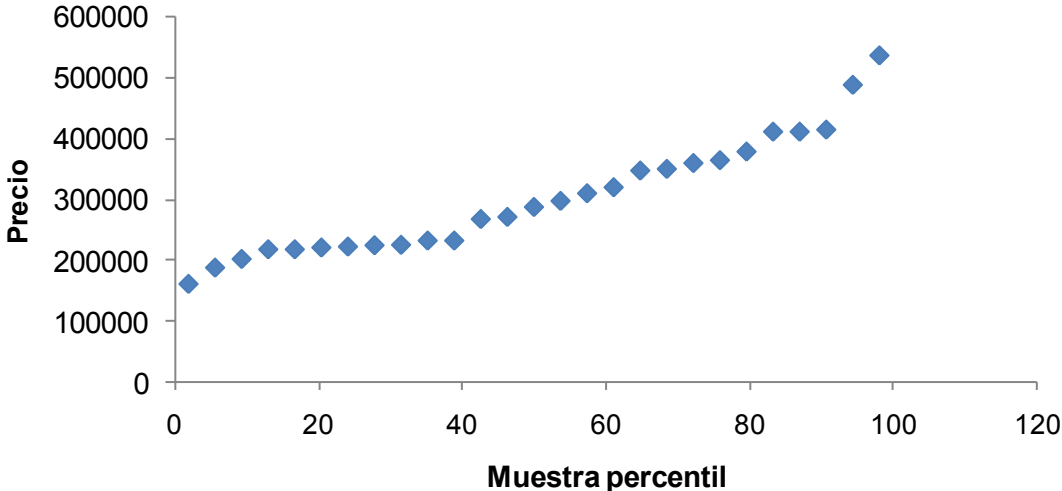


Gráfico de probabilidad normal



9.4. ANEXO IV: Análisis de regresión consumo de combustible vs. capacidad de trabajo

RESUMEN

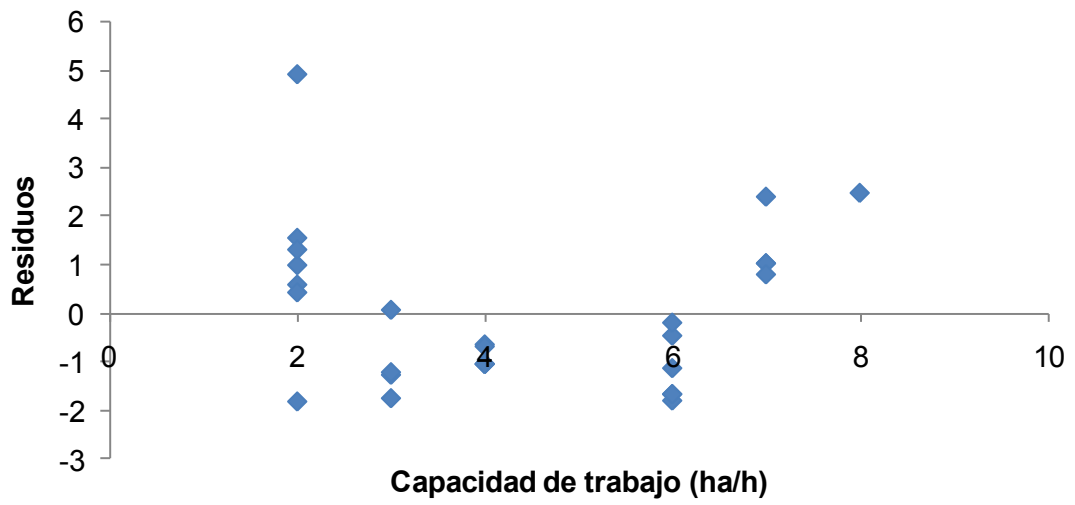
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,93111
Coeficiente de determinación R ²	0,86696
R ² ajustado	0,86164
Error típico	1,65
Observaciones	27,00

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	446,12	446,12	162,91	0,00000
Residuos	25	68,46	2,74		
Total	26	514,58			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	23,99794	0,77647	30,90636	0,00000
Capacidad de Trabajo	-2,06819	0,16204	-12,76376	0,00000

Capacidad de trabajo (ha/h) Gráfico de los residuales



Capacidad de trabajo (ha/h) Curva de regresión ajustada

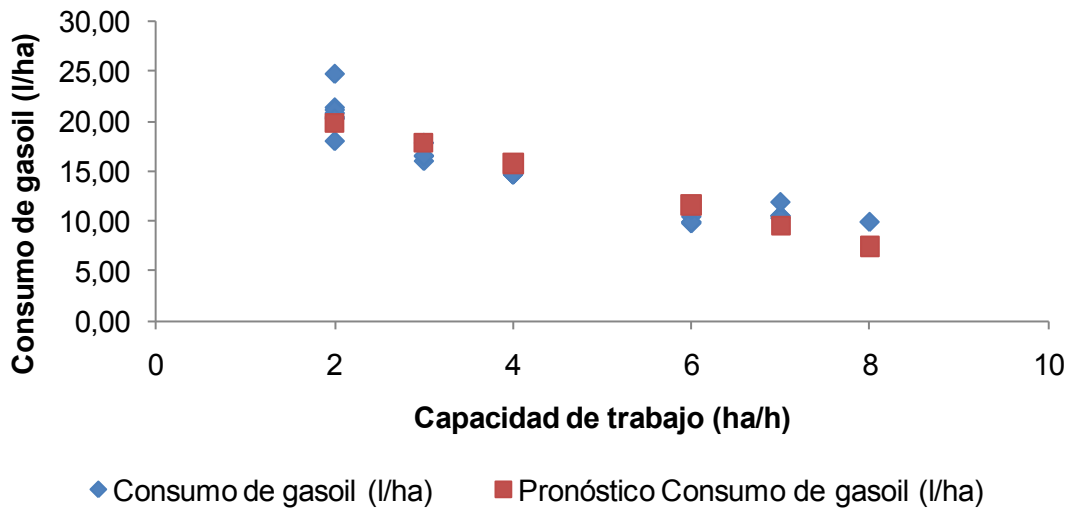
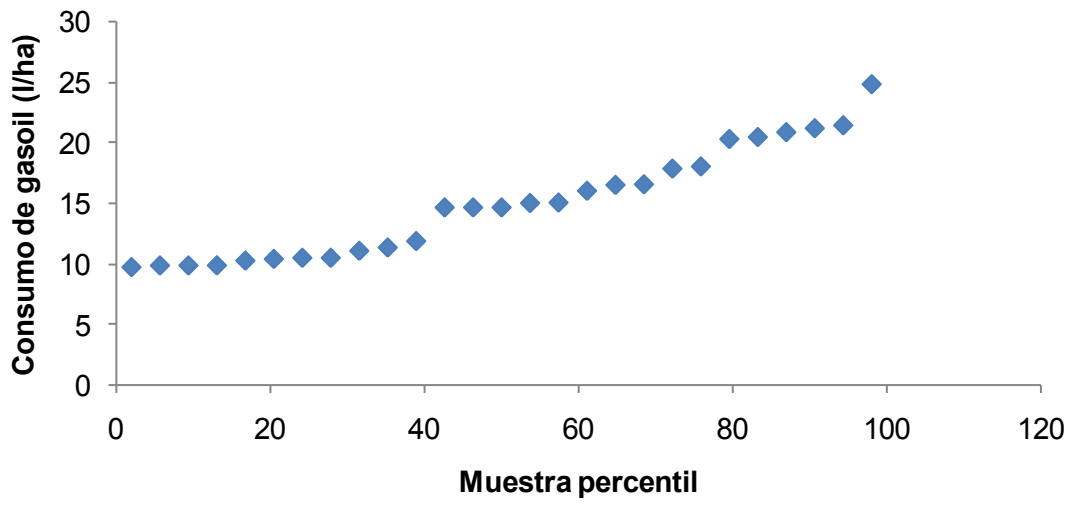


Gráfico de probabilidad normal



9.5. ANEXO V: Análisis de regresión gastos de reparación y mantenimiento vs. capacidad de trabajo

RESUMEN

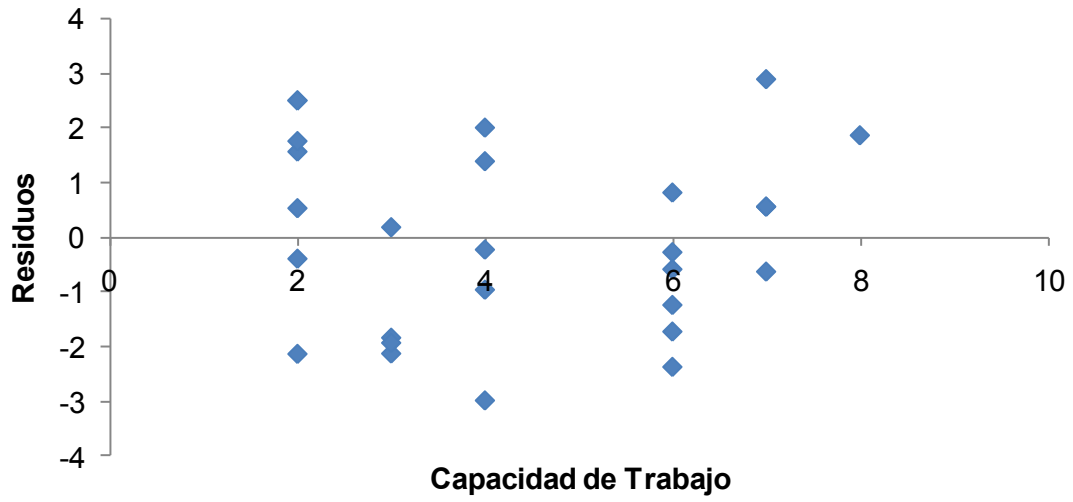
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,81889
Coefficiente de determinación R ²	0,67059
R ² ajustado	0,65741
Error típico	1,78
Observaciones	27,00

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	161,38	161,38	50,89	0,00000
Residuos	25	79,28	3,17		
Total	26	240,66			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	16,25	0,84	19,45	0,00000
Capacidad de Trabajo	-1,24	0,17	-7,13	0,00000

Capacidad de Trabajo Gráfico de los residuales



Capacidad de Trabajo Curva de regresión ajustada

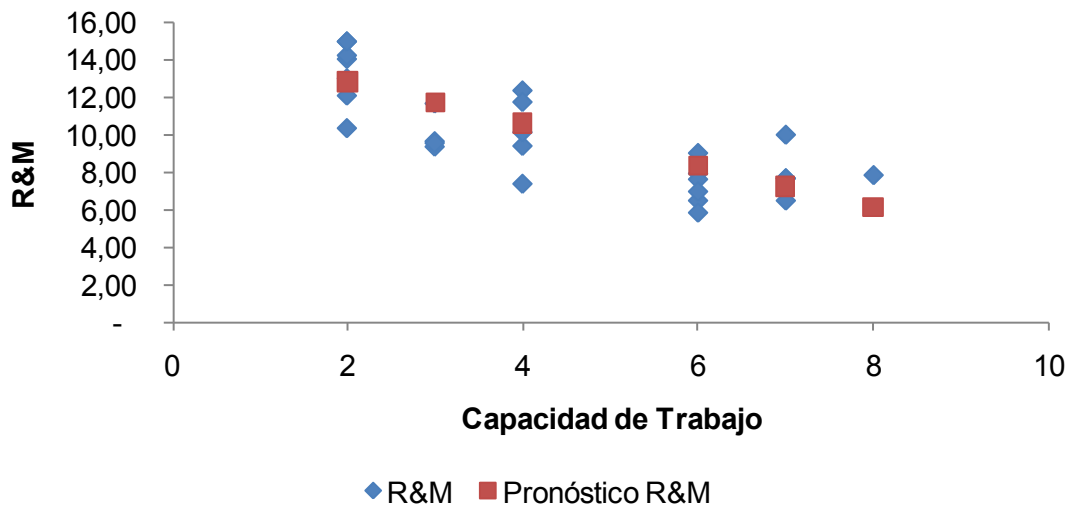
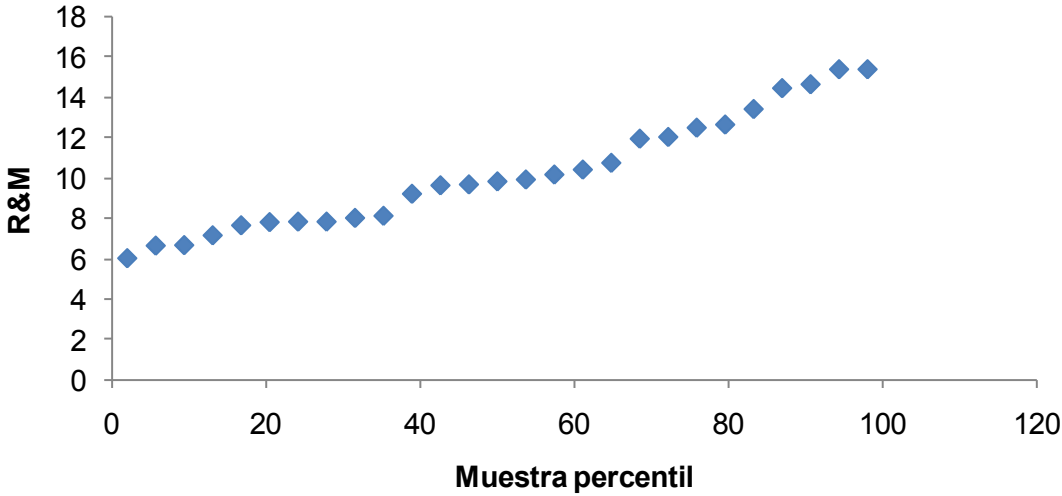


Gráfico de probabilidad normal



9.6. ANEXO VI: Series de precios utilizadas

Año	Precios mayoristas (\$/t)			Gastos de comercialización (\$/t)			Flete CATAAC 1500 km	Tipo de cambio (\$-U\$S)	Precios al productor (U\$S/t)		
	Poroto alubia	Poroto negro	Soja	Poroto alubia	Poroto negro	Soja			Poroto alubia	Poroto negro	Soja
1998	590,00	710,00	209,65	17,70	21,30	6,29	76,3	0,99	501,42	616,11	128,35
1999	730,00	450,00	166,70	21,90	13,50	5,00	60,67	1	647,23	373,03	101,03
2000	900,00	380,00	180,17	27,00	11,40	5,41	65,57	1	806,47	301,8	109,2
2001	780,00	430,00	161,05	23,40	12,90	4,83	58,61	1	699,49	358,54	97,61
2002	1320,00	1010,00	470,57	39,60	30,30	14,12	171,25	3,09	359,63	262,76	92,29
2003	1560,00	1200,00	521,13	46,80	36,00	15,63	217,39	2,95	439,11	320,98	97,69
2004	1500,00	1240,00	566,58	45,00	37,20	17,00	165,77	2,94	438,3	351,08	130,48
2005	1400,00	1330,00	495,19	42,00	39,90	14,86	169,58	2,92	407,88	383,6	106,3
2006	1980,00	1420,00	539,08	59,40	42,60	16,17	175,14	3,07	568,34	392,48	113,13
2007	2100,00	1250,00	677,55	63,00	37,50	20,33	196,08	3,12	590,15	327,44	148,02
2008	3260,00	2790,00	894,89	97,80	83,70	26,85	246,51	3,16	922,4	777,26	196,55
2009	3320,00	2580,00	964,96	99,60	77,40	28,95	232,04	3,73	800,06	608,31	188,77
2010	2840,00	2580,00	1102,55	85,20	77,40	33,08	265,37	3,91	635,85	572,55	205,52
2011	3490,00	2750,00	1293,42	104,70	82,50	38,80	478,59	4,13	703,85	530,43	187,91
2012	4580,00	3190,00	1500,74	137,40	95,70	45,02	614,1	4,47	857,97	554,88	188,4

Fuente: Elaboración propia en base a Bolsa de Cereales (2013); MAGYP (2013c), MAGYP (2013d) y MECON (2013)

9.7. ANEXO VII: Matriz de correlación capacidad de trabajo óptima para el sistema de cosecha directa en relación a las variables descriptivas

	A	A1	A2	A3	IT	IT1	IT2	IT3	cant cult.	IHH Sup.	IHH Ing.	Ci*
A	1,00000											
A1	-0,07307	1,00000										
A2	0,63078	-0,20936	1,00000									
A3	0,43360	0,05139	-0,42069	1,00000								
IT	0,84115	-0,02138	0,11913	0,84700	1,00000							
IT1	-0,07307	1,00000	-0,20936	0,05139	-0,02138	1,00000						
IT2	0,63078	-0,20936	1,00000	-0,42069	0,11913	-0,20936	1,00000					
IT3	0,39876	0,07560	-0,45468	0,99671	0,82984	0,07560	-0,45468	1,00000				
cant cult.	0,12424	0,55142	0,11048	-0,04614	0,00519	0,55142	0,11048	-0,07107	1,00000			
IHH Sup.	-0,09827	-0,47068	-0,16787	0,13552	0,07067	-0,47068	-0,16787	0,16969	-0,95720	1,00000		
IHH Ing.	-0,16273	-0,30935	-0,29359	0,19086	0,07060	-0,30935	-0,29359	0,23701	-0,86986	0,95920	1,00000	
Ci*	0,84859	-0,06063	0,18293	0,78458	0,97839	-0,06063	0,18293	0,77525	-0,12382	0,20800	0,20584	1,00000

9.8. ANEXO VIII: Matriz de correlación capacidad de trabajo óptima para el sistema de cosecha convencional en relación a las variables descriptivas

	<i>A</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>IT</i>	<i>IT1</i>	<i>IT2</i>	<i>IT3</i>	<i>cant cultivos</i>	<i>IHH Superficie</i>	<i>IHH Ingresos</i>	<i>Ci*</i>
<i>A</i>	1,00000											
<i>A1</i>	-0,07307	1,00000										
<i>A2</i>	0,63078	-0,20936	1,00000									
<i>A3</i>	0,43360	0,05139	-0,42069	1,00000								
<i>IT</i>	0,84115	-0,02138	0,11913	0,84700	1,00000							
<i>IT1</i>	-0,07307	1,00000	-0,20936	0,05139	-0,02138	1,00000						
<i>IT2</i>	0,63078	-0,20936	1,00000	-0,42069	0,11913	-0,20936	1,00000					
<i>IT3</i>	0,39876	0,07560	-0,45468	0,99671	0,82984	0,07560	-0,45468	1,00000				
<i>cant cultivos</i>	0,12424	0,55142	0,11048	-0,04614	0,00519	0,55142	0,11048	-0,07107	1,00000			
<i>IHH Superficie</i>	-0,09827	-0,47068	-0,16787	0,13552	0,07067	-0,47068	-0,16787	0,16969	-0,95720	1,00000		
<i>IHH Ingresos</i>	-0,16273	-0,30935	-0,29359	0,19086	0,07060	-0,30935	-0,29359	0,23701	-0,86986	0,95920	1,00000	
<i>Ci*</i>	0,89284	-0,08093	0,28737	0,71514	0,96337	-0,08093	0,28737	0,70310	-0,11771	0,19474	0,17856	1,00000

9.9. ANEXO IX: Interfaz del programa de iteración para hallar valores de indiferencia de las variables

Selección de Sistema de Cosecha

Selección de Sistema de Cosecha

A1	1100	<input type="radio"/>	P11	0,112		
A2	400	<input type="radio"/>	P12	0,056	Mínimo	1
V1	707,33	<input checked="" type="radio"/>	D11	0,00068	Maximo	700
V2	191,39	<input type="radio"/>	D12	0,00085	Resultado Aprox	0
Y1	1,6	<input type="radio"/>	DH	2,00	Intervalo	0,01
Y2	2,7	<input type="radio"/>	D2	0,00054		
B2	4953,70		CAEA	60,81	<input type="radio"/>	
CF	5,73	<input type="radio"/>	P	0,80		
			PH	9,9	<input type="radio"/>	

Iterar

Variable:
Valor Var:
Menor PI:

9.10. ANEXO X: Listado de variables del modelo

Parámetro/ Variable	Unidad de medida	Descripción
A	ha	Área cosechada total por año
A ₁	ha/año	Área Cosechada con Poroto
A ₂	ha	Área cosechada de soja por año
a ₁	U\$\$/ha/h	Ordenada al origen de la función que relaciona el precio de la maquinaria con la capacidad de trabajo
a ₂	U\$\$/ha/h	Pendiente de la función que relaciona el precio de la maquinaria con la capacidad de trabajo
b ₁	U\$\$/ha/h	Ordenada al origen de la curva que relaciona la capacidad de trabajo con el precio de la cosechadora teniendo en cuenta los costos porcentuales anuales de propiedad
b ₂	U\$\$/ha/h	Pendiente de la curva que relaciona la capacidad de trabajo con el precio de la cosechadora teniendo en cuenta los costos porcentuales anuales de propiedad
C ₀	decimal	Costos porcentuales anuales de propiedad. Multiplicando este valor expresado en su forma decimal (es decir, c ₀ /100) por el precio de compra de la máquina se obtiene el costo total anual de propiedad de la máquina.
CAEA	U\$\$/ha	Costo de Arrancado, Engavillado y Acordonado en el Sistema de Cosecha Convencional
cant cult.	(1-3)	Cantidad de cultivos implantados
c ₁	U\$\$/año	Primer tramo de la función de gastos anuales en combustible
c ₂	U\$\$/año	Segundo tramo de la función de gastos anuales en combustible
CF	U\$\$/ha	Costo de fumigada
C _i	ha/h	Capacidad de trabajo
C _{MO}	U\$\$/año	Costo anual de la mano de obra
C _{R&M1}	U\$\$/año	Primer tramo de la función de gastos anuales en reparaciones y mantenimiento
C _{R&M2}	U\$\$/año	Segundo tramo de la función de gastos anuales en reparaciones y mantenimiento
CT ₀	U\$\$/año	Costos totales anuales de propiedad
c ₁		Ordenada al origen de la función que relaciona el consumo de combustibles con la capacidad de trabajo

c_2		Pendiente de la función que relaciona el consumo de combustibles con la capacidad de trabajo
c_3	L/ha	Consumo promedio por hectárea de la flota de cosechadoras
d_{11}	decimal	Parámetro de pérdidas por demora para el poroto en cosecha directa
d_{12}	decimal	Parámetro de pérdidas por demora para el poroto en cosecha convencional
d_2	decimal	Parámetro de pérdidas por demora para la soja
d_H	L/ha	Dosis del herbicida
d_j	decimal	Parámetro resumen de la ecuación de costos por demora en la cosecha
e_1		Ordenada al origen de la función que relaciona los gastos de reparaciones y mantenimiento con la capacidad de trabajo
e_2		Pendiente de la función que relaciona los gastos de reparaciones y mantenimiento con la capacidad de trabajo
e_3	U\$\$/ha	Gastos de reparaciones y mantenimiento promedio por hectárea de la flota de cosechadoras
G	h/día	Horas esperadas de trabajo por día
GE_1	U\$\$/año	Gastos especiales anuales para el sistema de Cosecha Directa
GE_2	U\$\$/año	Gastos especiales anuales para el sistema de Cosecha Convencional
i	decimal	Tasa de interés anual
IT	U\$\$/año	Ingreso total del productor
IT_1	U\$\$/año	Ingreso al productor por el trigo
IT_2	U\$\$/año	Ingreso al productor por la soja
IT_3	U\$\$/año	Ingreso al productor por el poroto
IHH Sup.		Índice de concentración de la superficie de los cultivos
IHH Ing.		Índice de concentración de los ingresos por los cultivos
K_2	decimal	Factor de costos de propiedad para impuestos, albergue y seguros, normalmente se expresa como porcentaje del precio de compra, pero se expresa en forma decimal en esta ecuación
K_3	decimal	Coefficiente obtenido de ASABE (2011b).
L	años	Vida útil
p	decimal	Probabilidad de utilización del herbicida
P_0	U\$\$/ha/h	Función que relaciona el precio de la maquinaria con la capacidad de trabajo
P_{1k}	t/ha	Nivel de pérdidas tolerable para el cultivo de poroto y el sistema de cosecha k
P_{11}	t/ha	Nivel de pérdidas aceptable para el cultivo de poroto con el sistema de cosecha directa

P_{12}	t/ha	Nivel de pérdidas aceptable para el cultivo de poroto con el sistema de cosecha convencional
PC_k	U\$\$/año	Pérdidas de cosecha del sistema k
p_G	U\$\$/L	Precio del gas oil
P_H	U\$\$/L	Precio del herbicida
p_{MO}	decimal	Premio de la mano de obra utilizada durante el período de cosecha
pwd	decimal	Probabilidad de un día apto para trabajar
S_a	U\$\$/ha	Salario tractorista y maquinista
S_v	decimal	Factor de valor de recupero de la máquina al final de su vida útil (año L)
V	U\$\$/t	Precio del cultivo
V_1	U\$\$/t	Precio del Poroto
V_{1a}	U\$\$/t	Precio al productor del poroto alubia
V_{1n}	U\$\$/t	Precio al productor del poroto negro
V_2	U\$\$/t	Precio al productor de la soja
W	U\$\$/año	Costo por demora anual
Y	t/ha	Rendimiento del cultivo
Y_1	t/ha	Rendimiento del poroto
Y_2	t/ha	Rendimiento de la soja
Z		4 si la operación puede ser balanceada en ambos sentidos alrededor del punto óptimo

9.11. ANEXO XI: Manual de usuario del programa informático

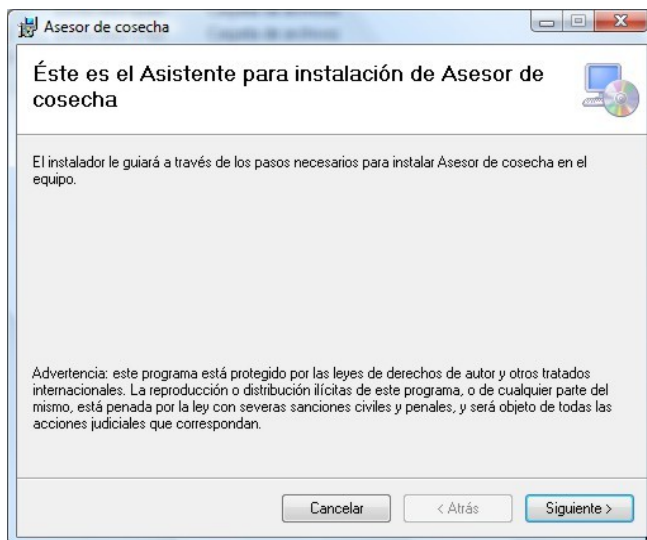
Requerimientos Técnicos

Sistema operativo Windows XP Service pack 3 en adelante.

Microsoft.Net framework 4.0 en adelante (si no lo tiene el programa lo instalará).

Instalación

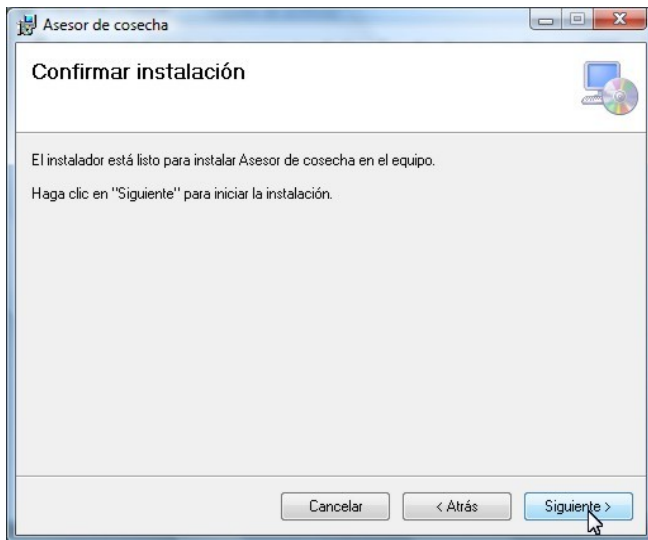
Coloque el CD y haga doble click en el icono setup.exe. Le aparecerá la siguiente ventana:



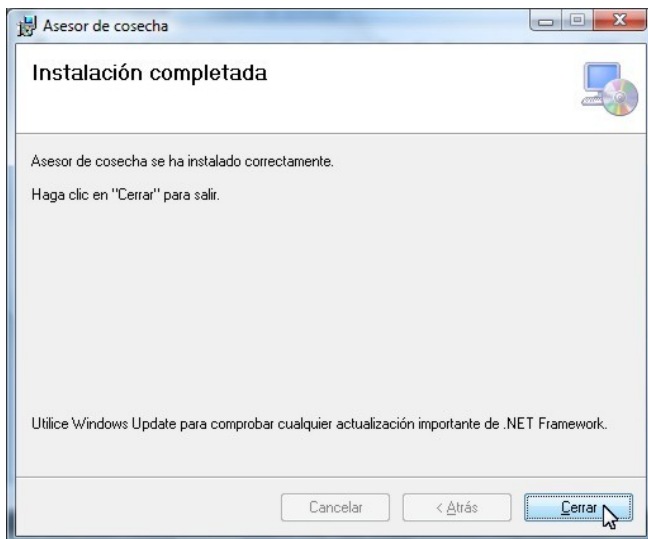
Haga click en Siguiete para seleccionar la carpeta de instalación:



Si desea puede cambiar el destino de la carpeta presionando el botón examinar (no recomendado), presionar el botón siguiente para continuar.

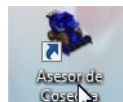


Presione el botón siguiente para confirmar la instalación. Al finalizar le aparecerá una ventana como la siguiente:

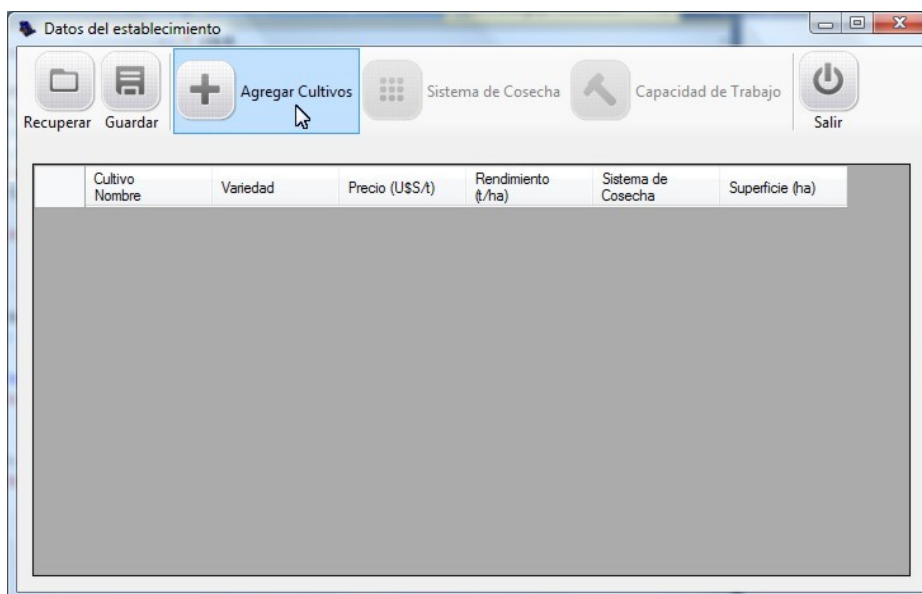


Uso del programa

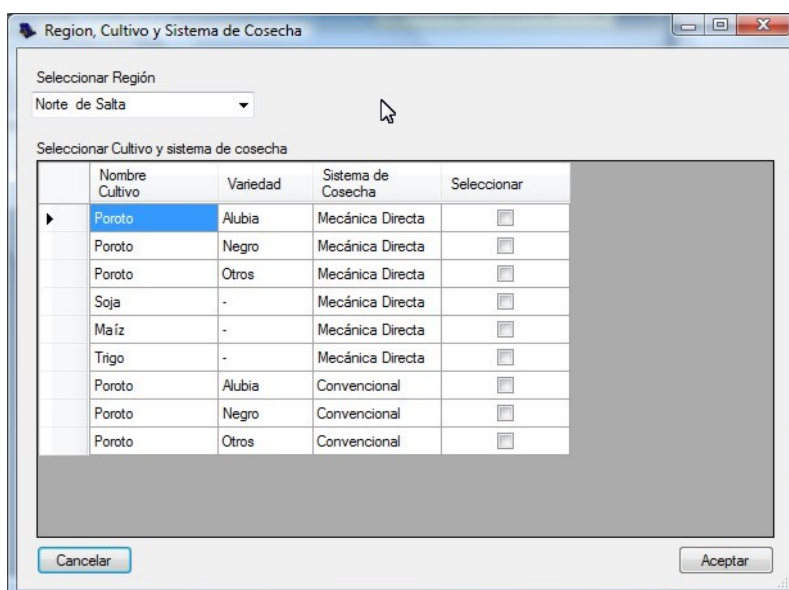
Haga doble click sobre el ícono **ASESOR DE COSECHA**, ubicado en su escritorio o en el menú inicio y ejecute el programa.



Le aparecerá una pantalla donde usted deberá cargar los datos de su establecimiento cliqueando en la barra de herramientas superior el botón **Agregar Cultivos**.

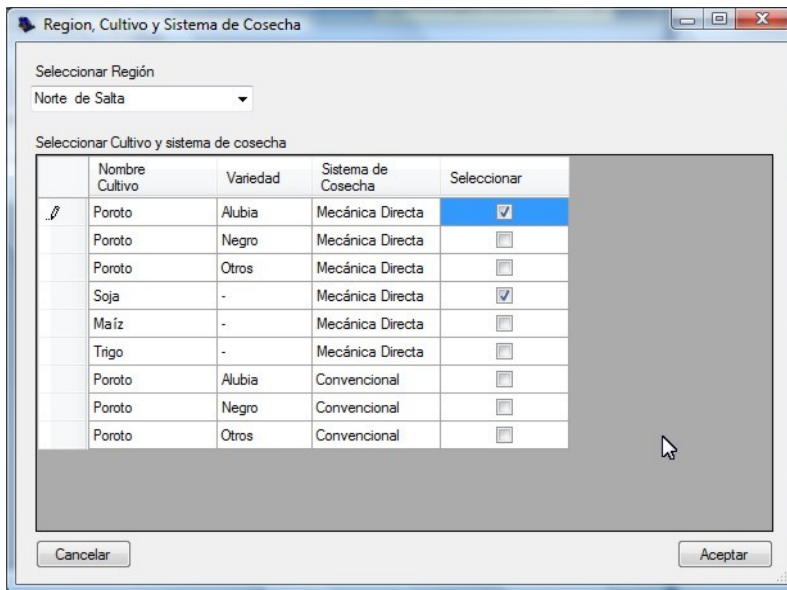


Al hacer esto le aparecerá una ventana donde usted podrá elegir la región en donde está ubicado el establecimiento, los cultivos, variedades y el sistema de cosecha posible en cada uno¹².



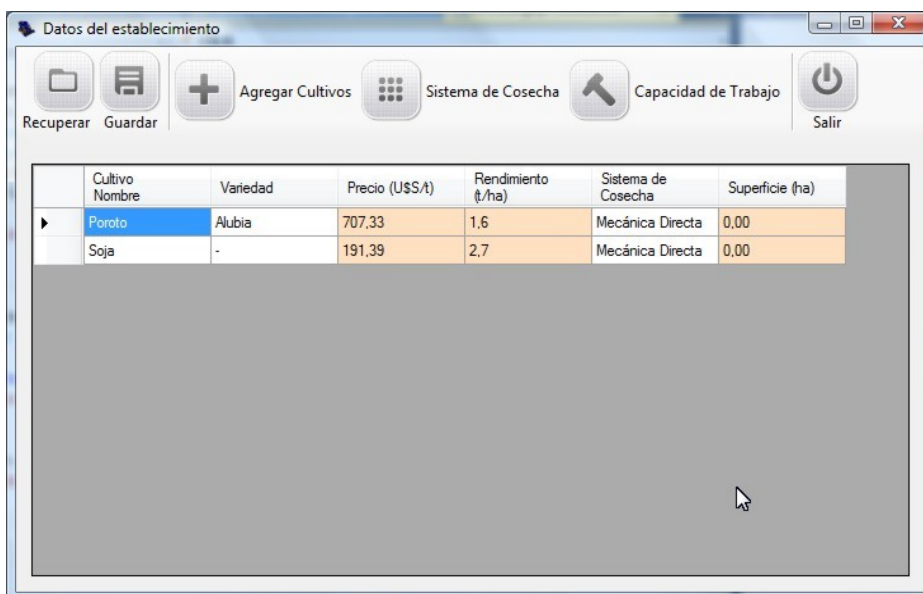
Tilde los casilleros correspondientes y presione el botón **Aceptar** en la parte inferior derecha de la ventana.

¹² Como se trata de una versión DEMO con los datos de esta tesis, solo tenemos disponible la región del Norte de Salta y los cultivos analizados. No obstante, podrían agregarse todas las regiones, cultivos y variedades y sistemas de cosecha deseados.

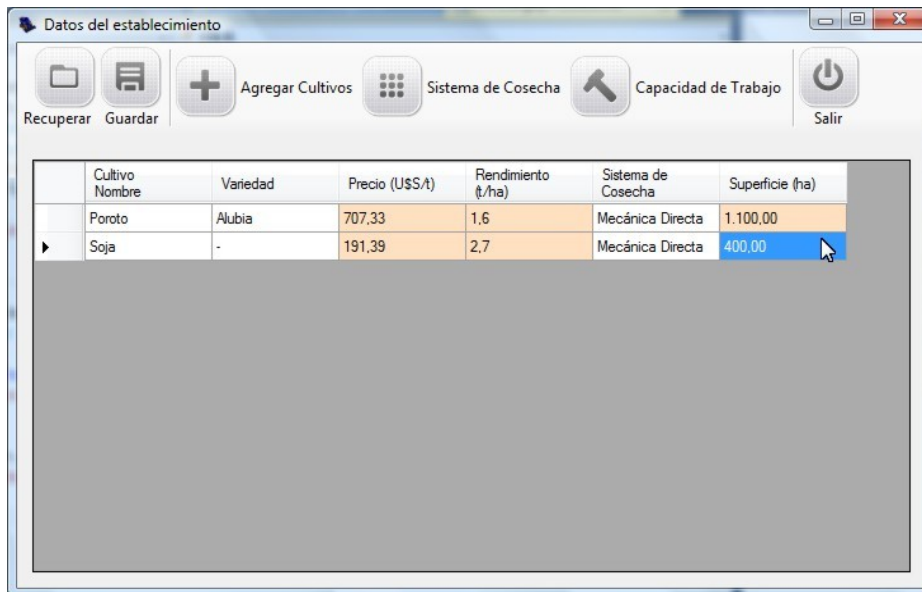


Si desea salir, presione el botón **Cancelar** en la parte inferior izquierda de la ventana o el botón rojo con una X de cerrar en la parte superior derecha de la ventana.

En la siguiente pantalla, el aplicativo muestra los cultivos, variedades y sistemas de cosecha seleccionados.



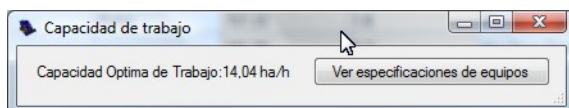
Aquí deberá completar la superficie en hectáreas de cada uno de los cultivos.



También muestra los precios y rendimientos por defecto para la región seleccionada que pueden ser editados por el usuario si difieren de las características de su establecimiento. Una vez que terminó de completar los datos del establecimiento, presione en botón **Guardar** en la parte superior izquierda de la ventana. Si quiere agregar cultivos, presione el botón **Agregar Cultivos**.

El botón **Recuperar**, le permitirá volver a los últimos datos del establecimiento que hayan sido guardados.

Si desea estimar la capacidad de trabajo óptima de los equipos de cosecha presione el botón **Capacidad de Trabajo** en la parte superior derecha de la ventana. Seguidamente, emergerá una ventana como la siguiente:



Presionando el botón Ver especificaciones de equipos se desplegará una ventana con las características técnicas de todos los equipos relevados en esta tesis, para que el productor seleccione la combinación que le resulte más atractiva.

Capacidad de trabajo

Capacidad Optima de Trabajo: 14,04 ha/h

Ver especificaciones de equipos

Oferta de cosechadoras en argentina

Clase II

Marca y modelo	JD 1450	AA 440	Don Roque R\ 125	Bernardín M 2120
----------------	---------	--------	------------------	------------------

Trilla				
Flujo	radial	radial	radial	radial
Cilindro/Rotor Diam. ancho (mm)	610/1300	600/1270	520/1250	560/1200
Sup. cóncavo (m ²)		0,82	0,6	
Separación y Limpieza				
Sup. separación (m ²)	5,61	5,25	4,75	4,5
Total sup. limpieza (m ²)	4,6	3,84	3,76	4,4
Manejo del Cereal				
Tasa de Descarga (L/s)				
Tolva (L)	5500	5200	5250	5000
Motor				

Si desea encontrar el sistema de cosecha más eficiente para el poroto presione el botón **Sistema de Cosecha** en la parte superior central de la ventana. Seguidamente, emergerá una ventana como la siguiente:

Eficiencia del Sistema de Cosecha

Cultivos con mas de un sistema de cosecha

Poroto

2 Dosis del Herbicida (L)

5,73 Costo Fumigada (US\$)

9,9 Precio del Herbicida (US\$/L)

60,81 Costo de Arrancado, engavillado y acordonado mecánico (US\$/ha)

Precio Ponderado:

Precio indiferencia:

Salir

Calcular Valor de Indiferencia

La aplicación le mostrará por defecto los valores de la dosis del herbicida, su precio y el costo de fumigada para el sistema de cosecha mecánica directa, no obstante el usuario podrá editarlos si no coinciden con los de su establecimiento. Los mismos están estimados para la utilización de glifosato al 48%, no obstante el usuario puede modificarlo por cualquier otro herbicida.

Lo mismo se aplica al costo de arrancado, engavillado y acordonado por hectárea. Por defecto el aplicativo le muestra el costo de la realización de las tres labores en forma

mecanizada, no obstante el usuario puede editarlo para estimar la conveniencia de labores manuales y semi mecanizadas.

Una vez finalizada la edición de las variables, presionar el botón **Calcular Valor de Indiferencia**. Seguidamente se abrirá una nueva ventana con el valor del poroto que hace indiferentes ambos sistemas de cosecha:

The screenshot shows a window titled "Eficiencia del Sistema de Cosecha" with a close button in the top right corner. The window contains the following elements:

- A dropdown menu labeled "Cultivos con mas de un sistema de cosecha" with "Poroto" selected.
- A text input field containing "2" labeled "Dosis del Herbicida (L)".
- A text input field containing "5.73" labeled "Costo Fumigada (U\$S)".
- A text input field containing "9.9" labeled "Precio del Herbicida (U\$S/L)".
- A text input field containing "60,81" labeled "Costo de Arrancado, engavillado y acordonado mecánico (U\$S/ha)".
- Text labels: "Precio Ponderado: 707,33" and "Precio indiferencia: 680,23".
- Two buttons at the bottom: "Salir" (grey) and "Calcular Valor de Indiferencia" (blue).