

Asociación Argentina de Economía Agraria

EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE COSECHA DE POROTO EN LA PROVINCIA DE SALTA (ARGENTINA)

Octubre 2014

AUTORES

Carla De Simone ¹

Raúl J. Rosa ²

Laura Draghi ³

¹ Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
Calle 60 y 119. La Plata (CP 1900). Provincia de Buenos Aires.
Te: +54-221-423 6758 Int. 415.
e-mail: carladesim@gmail.com

² Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
Calle 60 y 119. La Plata (CP 1900). Provincia de Buenos Aires.
Te: +54-221-423 6758 Int. 415.
e-mail: rjr@agro.unlp.edu.ar

³ Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
Calle 60 y 119. La Plata (CP 1900). Provincia de Buenos Aires.
Te: +54-221-423 6758 Int. 405.
e-mail: ldraghi@agro.unlp.edu.ar

Eficiencia de los sistemas de cosecha de poroto en la provincia de Salta (Argentina)

Resumen

En este trabajo se desarrolló un modelo matemático que permitirá a los productores agropecuarios identificar las variables relevantes para seleccionar el sistema de cosecha más eficiente. El costo anual de cosecha, se desagrega para el análisis en cuatro rubros: de propiedad, operacionales, de oportunidad por la demora en la cosecha y los especiales que surgen de la implementación de sistemas de cosecha alternativos. Se utiliza la metodología ASABE con las adaptaciones propias.

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.

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).

Summary

In this paper a mathematical model was developed to let farmers to identify the main variables in order to select the most efficient harvesting system. The annual cost of harvest, is 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. ASABE's methodology is used with our own adjustments. 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. 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).

PALABRAS CLAVE

Maquinaria agrícola, costos, eficiencia.

KEYWORDS

Agricultural machinery, costs, efficiency.

CLASIFICACIÓN TEMÁTICA ORIENTATIVA.

Modelos organizacionales de la producción

Eficiencia de los sistemas de cosecha de poroto en la provincia de Salta (Argentina)

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a datos oficiales (MAGYP, 2013a), la producción de los diecinueve principales cultivos agrícolas 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.

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 (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).

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 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.

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 (De Simone & Godoy; 2006a)

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

- ✓ ¿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?

De acuerdo a lo expuesto, se presentan los siguientes objetivos:

1. 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.
2. 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.

Con la concreción de los objetivos señalados, se intentó responder a algunas de las preguntas formuladas. Esto, a su vez, nos permitirá poner a prueba la siguiente hipótesis:

- ✓ 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.

Los resultados presentados en este trabajo son parte de mi tesis doctoral “Capacidad de Trabajo y Momento de Reemplazo de los Equipos de Cosecha en la Provincia de Salta” defendida en abril de 2014.

MARCO TEÓRICO

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).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para comparar la eficiencia de los sistemas de cosecha directa y convencional atribuibles 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. La interpretación de este indicador es que cuanto mayor sea, más eficiente es el sistema. Se utiliza la metodología ASABE (2011a) con las adaptaciones de De Simone (2014) clasificándose los costos en: los de propiedad, los operacionales y los específicos de cada 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 De Simone (2014). 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 2013 a 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.

Para simplificar el análisis de algunos resultados se utilizó el caso de una unidad de producción tipo para el objeto de estudio de la zona norte de la Provincia de Salta, 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.

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.

Costos específicos de los sistemas de cosecha

En el caso de la cosecha mecánica directa, 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. El precio del herbicida y el costo de fumigada se relevaron de la Revista Márgenes Agropecuarios (2011).

En el caso de la 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 nacionales (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.

RESULTADOS

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 De Simone (2014).

Para obtener el Valor del Producto Neto Cosechado, se detrajeron de los ingresos totales (IT) los costos de cosecha, que presentan distintos niveles de pérdidas, 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, los costos de oportunidad por la demora en la cosecha se supusieron nulos.

Cosecha directa

(1)

Donde:

VNCP₁: Valor Neto del Producto Cosechado del sistema de cosecha directa

IT: Ingresos totales

PC₁: Valor de las pérdidas normales del sistema de cosecha

CT₀: Costos de propiedad

C_G: Costos de combustible

C_{R&M}: Costos de reparación y mantenimiento

GE₁: Gastos especiales del sistema de cosecha directa

Cosecha convencional

(2)

Donde:

VNCP₂: Valor Neto del Producto Cosechado del sistema de cosecha directa

PC₂: Valor de las pérdidas normales del sistema de cosecha

GE₂: Gastos especiales del sistema de cosecha directa

En el Anexo I se presentan el detalle de las ecuaciones (1) y (2) con las formas funcionales asumidas y el respectivo desarrollo de los subíndices de los cultivos involucrados y la Tabla N°1 se muestran los valores que toman los diferentes parámetros y variables del modelo.

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 2.

Tabla N°2: 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

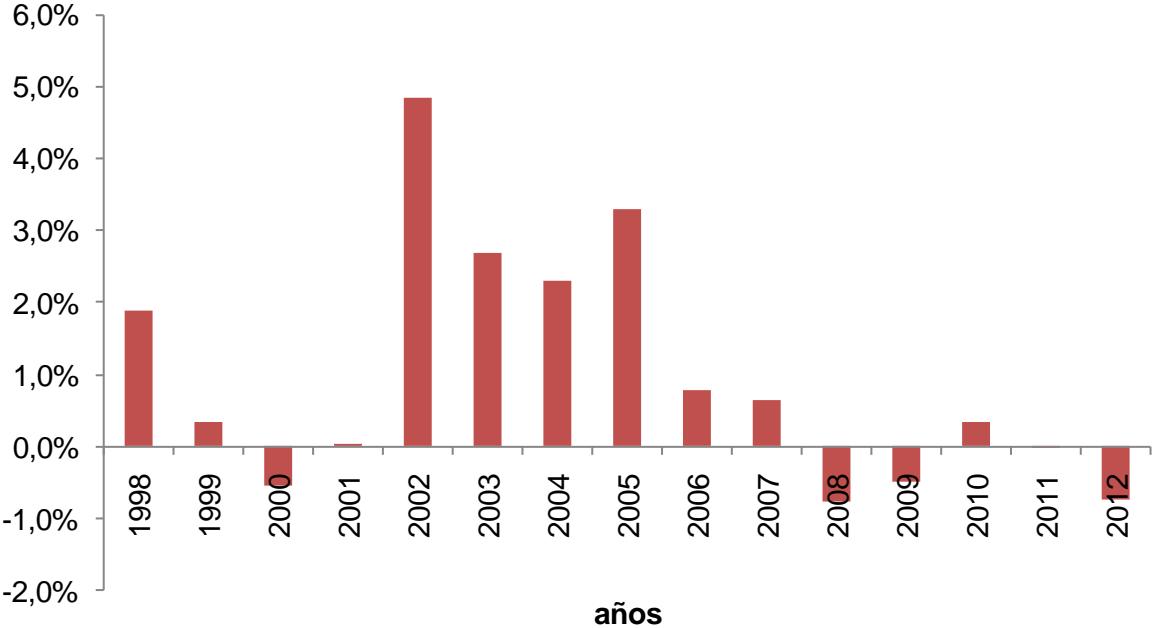
Como resultado podemos destacar que las distribuciones del Valor Neto del Producto Cosechado son virtualmente idénticas para ambos sistemas de cosecha y que, por lo tanto, las ventajas que tiene en términos de costos la cosecha directa, respecto de los menores costos especiales, se compensan con la menor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

Si tenemos en cuenta las indivisibilidades de este problema de decisión y el productor se guía por los óptimos, 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 1. Cabe destacar que en cuatro de los últimos cinco años, el sistema de cosecha convencional se ha mostrado más eficiente.

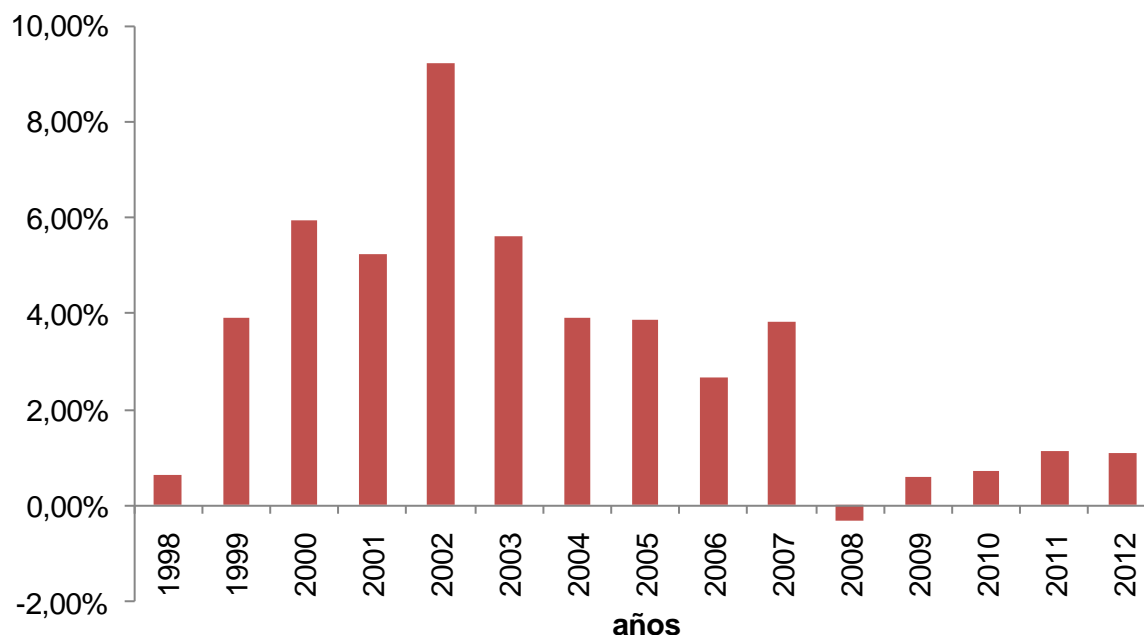
En el caso del poroto negro, la cosecha directa arroja un mayor VNCP en catorce de quince años analizados y dichas diferencias no alcanzan más del 10%, como puede observarse en la figura 2.

Figura N° 1: 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° 2: Diferencias porcentuales del valor del producto neto cosechado entre el sistema de cosecha convencional y mecánica directa para el poroto negro



Fuente: Elaboración propia

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 (1) y (2) de manera que se encuentre el valor del producto de indiferencia, se obtiene que este puede expresarse por la ecuación (3):

$$\text{-----} \quad (3)$$

El problema que se plantea para valorizar la ecuación (3) 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 (3) por sus valores según las ecuaciones (1'') y (2''), 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 (3) incrementando, según el intervalo deseado (en este caso, se uso 0,01), el valor de V1 para obtener el resultado en valor absoluto más cercano a cero.

Con los parámetros del caso de estudio, expuestos en la tabla 1, 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:

- ✓ 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 (pH) 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 Acordonado (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 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 observadas en las figuras 1 y 2.

Con esto se ratifica la hipótesis planteada, ya que si bien los demás parámetros de la ecuación (3) 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.

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 (4) (ASABE; 2011b), que describe los costos por demora en la cosecha en función de la capacidad de trabajo, de las ecuaciones (1) y (2) de Valor Neto del Producto Cosechado para el sistema de cosecha directa y convencional respectivamente.

$$\text{————— (4)}$$

Donde:

W: costo por demora anual (U\$)

: Coeficiente obtenido de ASABE (2011b).

: Rendimiento del cultivo (t/ha)

: Precio del cultivo (U\$/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.

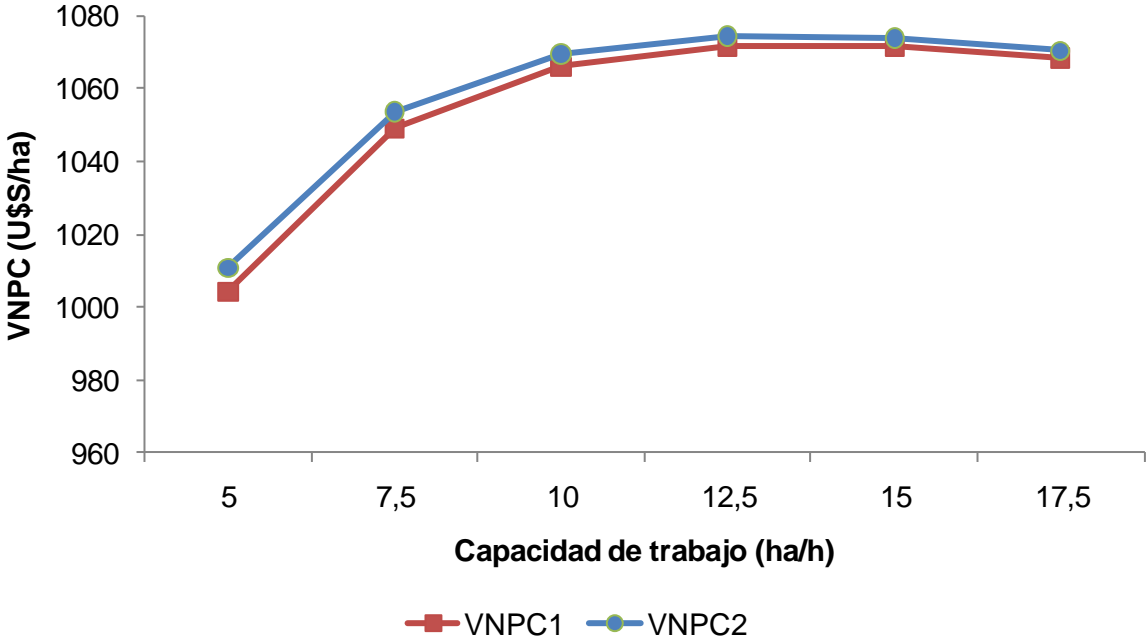
G: horas esperadas de trabajo por día (h)

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

Los resultados obtenidos para la unidad de producción tipo en el año 2011 se exponen en las figuras 3 y 4. 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%.

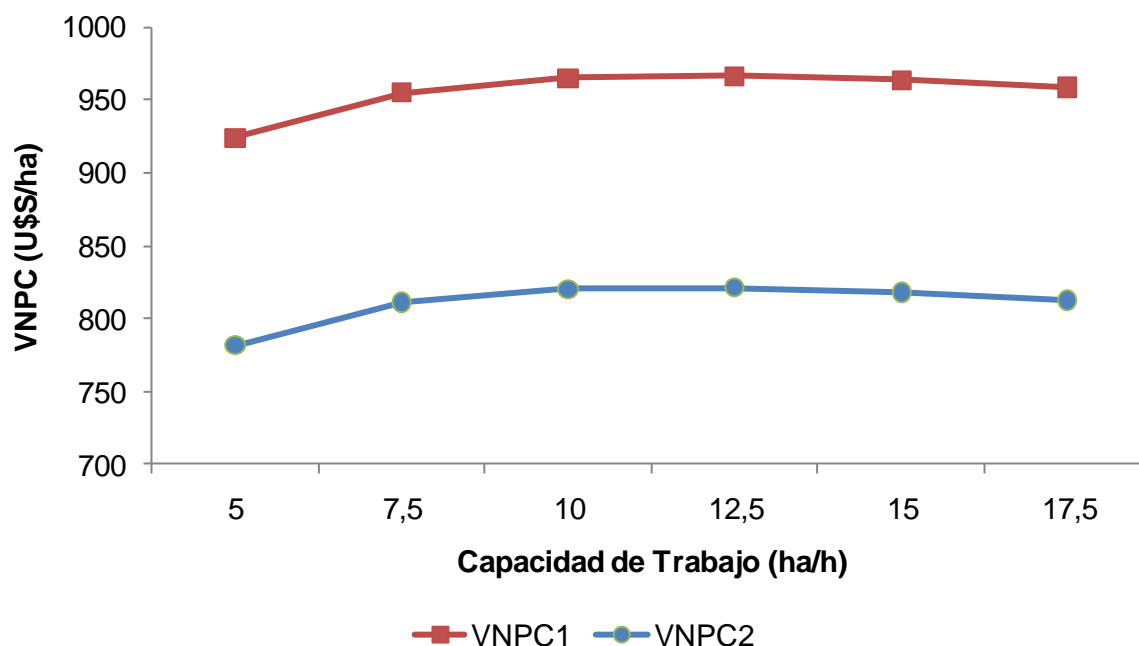
Estas diferencias se deben a que el menor valor en el caso del poroto negro ocasiona menos pérdidas por demora y esto es más que compensado por los menores costos por hectárea asociados al sistema de cosecha directa. Por el contrario, el alto valor del poroto alubia hace que las pérdidas por la demora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

Figura N° 3: 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° 4: 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

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.

DISCUSIÓN

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 N°3: Comparación de los valores obtenidos (en U\$\$/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)

Como principal conclusión de la comparación de los sistemas analizados (ver tabla 3), 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.

CONCLUSIONES

No se encuentra evidencia para refutar la hipótesis planteada. 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.

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.

Bolsa de Cereales. 2013. Series Históricas de Cotizaciones de Subproductos. Disponible en: <http://www.bolcereales.com.ar/historico> Ultimo acceso: Enero 2013.

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, 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 directal. En *Poroto. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha*. Ediciones INTA. ISSN: 1667-9199. pp: 22-33.

De Simone C., Draghi L. & Rosa R. 2013. Tamaño de los equipos de cosecha y su influencia en el costo unitario. *Revista Agronomía, Universidad de Caldas. Manizales.* Colombia 21(1): pp 63 – 80.

De Simone, C. 2014. Capacidad de trabajo y momento de reemplazo de equipos de cosecha en la provincia de Salta. Doctorado en Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina.

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

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

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.

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.

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.siiia.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.siiia.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.

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>. Último acceso: Enero de 2006.

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.

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

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.

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

ANEXO I

Reemplazando en la ecuación (1) las respectivas ecuaciones y desarrollando los subíndices, obtenemos:

(1')

Siendo C_{i1}^* la capacidad de trabajo óptima la resultante de minimizar los costos totales anuales de cosecha (De Simone; 2014):

$$\frac{\text{-----}}{\text{-----}}(1'')$$

Reemplazando en la ecuación (2) las respectivas ecuaciones y desarrollando los subíndices, obtenemos:

(2')

Siendo C_{i2}^* la capacidad de trabajo óptima la resultante de minimizar los costos totales anuales de cosecha (De Simone; 2014):

$$\frac{\text{-----}}{\text{-----}}(2'')$$

Tabla N°1: 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
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