

¿Pulverizadora autopropulsada o de arrastre?: una decisión basada en costos

Reception of originals: 11/14/2023
Release for publication: 07/12/2024

Adolfo Von Brand

Máster en Agronegocios por la Facultad de Ingeniería Agronómica-Universidad Nacional del Este-Paraguay

Institución: Facultad de Ingeniería Agronómica-Universidad Nacional del Este-Paraguay

Dirección: Ruta 7 Km 17,5 Minga Guazu-Alto Paraná-Paraguay

E-mail: von.brand.avb85@gmail.com

Victor Enciso

(Autor para correspondencia)

Dr. en Biociencias y Ciencias Agroalimentarias por la Universidad de Córdoba-España

Institución: Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Asunción

Dirección: Ruta Mcal. Estigarribia Km 10,5-Campus UNA-San Lorenzo-Central-Paraguay

E-mail: venciso@agr.una.py

Resumen

A pesar de la importancia de la agricultura en la economía paraguaya, y del peso relativo de las labores de las maquinarias (siembra, pulverización y cosecha) en el costo de los cultivos en Paraguay, las investigaciones de acceso público en el tema maquinarias agrícolas son escasas en el país. Existe un vacío documental respecto al tema. En base a esto la presente investigación se propuso focalizar su investigación en maquinarias agrícolas, y más específicamente en pulverizadoras. Es así como el objetivo general se acordó en determinar la conveniencia económica entre la pulverizadora autopropulsada y la de tiro o arrastre según la realidad de una Región específica del Paraguay, a saber, los Distritos de Tomás Romero Pereira (26°31'49"S 55°15'36"O) y San Rafael del Paraná (26°39'S 54°56'O) en Paraguay. Más específicamente, se comparó el costo operativo de cada una de las dos pulverizadoras, y analizó la viabilidad financiera de la inversión en cada una de ellas. El periodo de la investigación fue desde el 1 de agosto 2021 al 31 de julio 2022. Los costos fueron medidos en dólares de EEUU, debido a que la agricultura mecanizada en el Paraguay se maneja mayoritariamente en esta moneda. La conversión fue 6.896 Guaraní igual a 1 USD, igual al promedio agosto 2021 a julio 2022. La investigación, que combinó la investigación exploratoria y descriptiva, tuvo tres fases: (i) consulta de fuentes secundarias, (ii) consultas con fuentes primarias, (iii) cálculos de gabinete. Se concluyó que la pulverizadora de arrastre resultó más conveniente en términos de costo operativo. En el cálculo de la viabilidad financiera, la inversión con capital propio en la de arrastre fue más conveniente.

Palabras-clave: Pulverizadora, costos, Paraguay

1. Introducción

La estructura del costo de producción de un cultivo se subdivide en insumos técnicos e insumos físicos. En algunos casos, se agrega un tercer componente relacionado a costos administrativos, para remunerar el tiempo que demanda del productor la tarea de **Custos e @gronegocio on line** - v. 19, n. 4, Oct/Dec - 2023. www.custoseagronegocioonline.com.br ISSN 1808-2882

gerenciamiento. Dentro de insumos técnicos se incluyen, entre otros, fertilizantes, defensivos agrícolas, coadyuvantes, mientras que los más frecuentes entre los insumos físicos son labores con maquinarias y labores manuales. El peso relativo de los insumos físicos y más específicamente el de labores de maquinarias en el costo de los cultivos en la denominada agricultura empresarial en Paraguay, es muy variable. De acuerdo con el MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA-MAG (2018), las labores con maquinarias e implementos, representaron el 31% de los costos directos del cultivo de soja en Paraguay durante la zafra 2017/2018. Correspondieron 16 puntos porcentuales a la pulverización, 9 puntos a la cosecha, y 6 puntos a la siembra. En trigo, la misma institución estimó que, en la zafra 2018/2019, el 37% de los costos correspondió a las labores con maquinarias, en el cual 22 puntos fueron de pulverización, 11 puntos de cosecha y 4 puntos de siembra (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA -MAG, 2019). En un trabajo más reciente, Enciso (2022) estimó que en la zafra 2022/2023, el 21% de los costos de una hectárea de soja, correspondieron a insumos físicos. Más específicamente, y de acuerdo con la misma fuente, el costo y el número de operaciones estimadas para la citada zafra fue: una operación de siembra a USD/ha 40,00, cinco operaciones de pulverización a USD/ha 8,0 y una operación de cosecha a USD/ha 70. Con estos datos y asumiendo una superficie de siembra de soja igual a 3.687.091 hectáreas (INSTITUTO NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA-INBIO, 2023) el valor bruto de los insumos físicos en el año agrícola indicado fue de USD 553.063.650 de los cuales el 27% correspondió a siembra y pulverización cada una, en tanto que el 47% restante a la cosecha.

A pesar de la importancia de la agricultura en la economía paraguaya (BANCO MUNDIAL, 2017), y de lo indicado respecto al peso relativo de los insumos físicos en el costo de los cultivos agrícolas, las investigaciones, de acceso público, para diferenciarlo de la literatura gris, en el tema maquinarias agrícolas son escasas en el Paraguay. Una búsqueda de “maquinarias agrícolas Paraguay” en los buscadores de Scielo y Dialnet dio como resultado un único trabajo titulado “Poder de mercado no setor de máquinas e insumos agrícolas no Paraguai. Periodo 2012-2018” (Dos Santos, Wellington Luciano, & Wesz Junior, Valdemar João, 2021). Este trabajo analizó el grado de concentración de maquinaria agrícola, semillas, agroquímicos y fertilizantes en el mercado de soja en Paraguay entre 2012 y 2018. Todo lo expuesto hasta ahora llevó a los autores de este trabajo a focalizar la investigación en maquinarias agrícolas y dentro de ellas en las pulverizadoras. Se optó por esta debido a que es la que mayor número de operaciones realiza por zafra.

Una vez tomada la decisión sobre el objeto de investigación se buscó que el trabajo respondiera a una demanda de los agricultores. Para ello, se contactó con agricultores de los Distritos de Tomás Romero Pereira (26°31'49"S 55°15'36"O) y San Rafael del Paraná (26°39'S 54°56'O), ambos de Departamento Itapúa – Paraguay. Se seleccionaron estas localidades debido a que existía una afinidad entre los autores y los agricultores, lo cual facilitó la obtención y el intercambio de información entre las partes. Sobre la dificultad para obtener información de parte de los agricultores en Paraguay, (Enciso, Cabello, Benitez Moran, & Salas Mayeregger, 2019 pp6) señalan que una de las dificultades y limitaciones en su investigación fue que "...el agricultor se rehúsa (y con todo derecho) a proporcionar informaciones económicas y financieras de su finca...", lo cual ocasiona que "...al procesar los datos obtenidos en terreno vías encuestas y cuestionarios, suelen surgir incongruencias que hasta llegan a invalidar parcialmente o en casos extremos toda la información recolectada". Como estrategia, sostiene la misma fuente, se recurrió "... al estudio de caso como método o técnica de investigación, con la limitante de que los resultados no pueden ser utilizadas para comparaciones ni inferencias".

Se llevó a cabo una reunión con los citados agricultores en la cual también participaron prestadores de servicios de mecanización, vendedores y otros actores relacionados al sector de maquinarias agrícolas. El evento ayudó a comprender y dimensionar el funcionamiento y la dinámica del sector maquinarias agrícolas en la región. Además, fue útil para analizar la metodología de costo operativo a ser aplicada y acordar con los participantes algunos coeficientes, tales como consumo de combustible, tiempo efectivo de trabajo, entre otros. En la reunión igualmente se acordó centrar la investigación en estimar cuál de las dos pulverizadoras disponibles en el mercado (de arrastre o de tiro y la autopropulsada) es la más conveniente en términos de costos para la región. Así se fortaleció la decisión de los investigadores de centrar la investigación en la pulverizadora agrícola. Otro producto del encuentro fue un consenso sobre la superficie agrícola promedio en la región, secuencia de cultivos, número y precio de mercado de las labores agrícolas, entre otros.

En este contexto y basado en lo expuesto, la presente investigación se propuso como objetivo general determinar la mejor opción económica entre la pulverizadora autopropulsada y la de tiro o arrastre según la realidad de una Región específica del Paraguay, a saber, los Distritos de Tomás Romero Pereira (26°31'49"S 55°15'36"O) y San Rafael del Paraná (26°39'S 54°56'O), ambos del Departamento de Itapúa. La pregunta de investigación fue ¿Cuál de las dos pulverizadoras existentes en el mercado es la mejor opción económica para la Región? Los objetivos específicos, y su respectiva pregunta de investigación fueron: (i)

Comparar el costo operativo de cada una de las dos pulverizadoras, relacionado con la pregunta de investigación “¿Cuál es el costo operativo de cada uno de los dos tipos de pulverizadoras (arrastre y autopropulsada)?”; (ii) Analizar la viabilidad financiera de la inversión en cada una de las pulverizadoras, relacionado con la pregunta de investigación “El beneficio obtenido por brindar servicios de pulverización tanto en la propia finca, como a terceros, ¿permitirá pagar los costos de un crédito bancario?”. Ver en Anexo 1 datos de las pulverizadoras y del tractor.

Esta investigación encuentra su justificativo en que los resultados responderán directamente a la demanda de los usuarios de pulverizadoras, de modo que la academia se acerca al productor con herramientas de solución a sus cuestionamientos o problemas. Igualmente, la investigación cobra relevancia ante la falta de estudios, en Paraguay que estén disponibles al público, sobre costos de maquinarias agrícolas. Es decir, la presente investigación contribuirá a reducir el vacío documental existente en temas relacionado a maquinarias agrícolas en general y a las pulverizadoras agrícolas en particular en el país. El documento se organiza de la siguiente manera. A esta introducción sigue una revisión de literatura, una descripción del mercado de maquinarias de Paraguay. Luego se presenta la metodología usada, los resultados y discusión, cerrando con las conclusiones. Finalmente se tienen los anexos y la bibliografía.

2. Revisión de literatura

Moraes, Cornago, De araujo, Esperancini, Artuniassi (2021) evaluaron la opción de inversión más económica para el conjunto de fumigaciones en una finca ubicada en el municipio de Mineiros, Goiás, Brasil, comparando dos tecnologías (fumigación terrestre y aérea) e identificando la escala de producción que hace cada una de las tecnologías más factibles. Los indicadores económicos utilizados (VAN, TIR y PRI) dieron a concluir que la inversión en fumigación aérea con la adquisición de aeronaves fue la mejor opción. Dos Santos (2019) analizó el desempeño operativo y económico de diferentes pulverizadores usadas en el control del cultivo de caña de azúcar. Para el efecto desarrolló un modelo computacional llamado “TratoCana” usando planilla electrónica y lenguaje de programación. Los resultados evidenciaron que el valor inicial y la velocidad de operación fueron los factores con mayor incidencia en los costos de los pulverizadores autopropulsados y los de arrastre. Los costos de combustible y la longitud de las hileras del cultivo fueron en las pulverizadoras aéreas.

En un estudio de caso de una granja en el centro oeste de Indiana, de 1214 hectáreas, Langemeier (2017) mostró los procedimientos y cálculos matemáticos para determinar los costos entre poseer una máquina pulverizadora propia y la contratación del servicio de terceros. Además, desarrolló la forma de calcular la superficie mínima o punto de equilibrio. Gertie (2012), analizó desde la perspectiva de un contratista rural, quien quería expandir su actividad, la rentabilidad de la adquisición de diferentes modelos de pulverizadoras autopropulsadas con distintas alternativas de financiamiento. El análisis primeramente se centró en el análisis de viabilidad comercial, técnica, organizativa-administrativa, y legal-impositiva, para luego construir un flujo de fondos con y sin financiamiento. Las alternativas de financiamiento fueron leasing y crédito prendario. El análisis partió de la situación base en la cual se poseía dos pulverizadoras, a saber, una capacidad del tanque de 2.700 litros y otra de 3.000 litros, ambas de la misma marca. Las opciones de inversión para el inversor bajo estudio fueron tres: (i) compra de una nueva pulverizadora de una marca distinta, (ii) la compra de una nueva de la misma marca, (iii) reemplazar la pulverizadora de menor capacidad. El trabajo concluyó recomendando la compra de dos nuevas máquinas mediante el sistema de leasing y la venta de la de menor capacidad de tanque.

Bongiovanni (2003), realizó un análisis económico entre la compra versus la contratación de una pulverizadora autopropulsada con datos de un establecimiento agrícola de 1500 ha, representativo de la pampa húmeda argentina, con una rotación de trigo/soja, maíz y soja en iguales proporciones. El trabajo concluyó que la opción de contratar el servicio resultaba preferible si la superficie a pulverizar fuera menor que 4.686 ha tratadas en siembra convencional o que 4.413 ha tratadas en siembra directa. Además, el trabajo resaltó aspectos cualitativos de la posesión de la pulverizadora, a saber: (i) se puede iniciar la pulverización en el momento más apropiado, (ii) se puede realizar las regulaciones óptimas de acuerdo con las condiciones ambientales. Finalmente, resaltó que en el caso de pequeños productores (en términos de superficie sembrada), y con mano de obra familiar ociosa, podían dedicarse a prestar servicios o convertirse en contratistas rurales.

3. Maquinarias agrícolas en Paraguay

Datos de la Cámara Paraguaya de Automotores del Paraguay (CÁMARA DE DISTRIBUIDORES DE AUTOMOTORES Y MAQUINARIAS-CADAM, 2021) muestran que entre el 2011 y el 2021 se han importado 19.671 maquinarias agrícolas, de las cuales el 75% correspondió a tractores, 15% a cosechadoras y 10% a pulverizadoras. En el 2022 las

principales marcas de tractor importadas fueron John Deere (35%), Massey Ferguson (21%) y New Holland (14%). El mercado paraguayo ofrece un portafolio bien diversificado en términos de pulverizadoras, con distintas marcas, capacidades y precios. Las siguientes marcas están presentes en el mercado y poseen un representante oficial: John Deere, New Holland, Stara, Case, y Massey Ferguson. En cuanto al origen, el 64% provino de Brasil, el 14% de India, el 11% de China. Las cosechadoras por su parte provinieron de Brasil (90%) y los restantes de Argentina, EEUU, México y Alemania. Las marcas importadas fueron John Deere (45%), New Holland (31%) y Case (14%). No se tienen datos de pulverizadoras ni sembradoras.

Comparando los datos relacionados a maquinarias entre el Censo Agropecuario Nacional 2008 (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA-MAG, 2009) y el del 2022 (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA-MAG, 2023) se tiene que: (i) el número total de fincas en el 2022 fue 289.649, un incremento de 0,61%, mientras que la superficie agropecuaria disminuyó 2,20% hasta 30.401.660 hectáreas. (ii) En el último censo, el número de fincas con maquinarias aumento a 47.927 unidades productivas, una diferencia positiva de 17,79%. Más específicamente, el número de fincas con tractores aumentó 24,5%, con cosechadoras 33,9%, con sembradoras 0,6% y con pulverizadoras 12,3%. (iii) La relación fincas con maquinarias/número total de fincas aumentó desde el 14,05% (2008) a 16,45% en el 2022. (iv) Entre ambos censos, a variación del número de maquinarias fue de 27% en promedio. Más específicamente existieron aumentos para tractores, (40,5%), cosechadoras (40,2%) y pulverizadoras (25,8%), mientras que las sembradoras disminuyeron 2,8%.

4. Metodología

Esta investigación es un estudio de caso que combinó la investigación exploratoria y descriptiva. Una investigación exploratoria es el primer nivel del conocimiento en el cual el investigador se familiariza con el objeto de estudio, mientras que la descriptiva toma lo recopilado en la etapa exploratoria, y los convierte en información (Méndez Alvarez, 2001). El periodo de la investigación fue la zafra 2021/2022 comprendida desde el 1 de agosto 2021 al 31 de julio 2022. Los costos fueron medidos en dólares de EEUU, debido a que la agricultura mecanizada en el Paraguay se maneja mayoritariamente en esta moneda. Las conversiones desde la moneda local (Guaraní) al dólar se realizó utilizando la tasa de cambio de G/USD 6.896, igual al promedio agosto 2021 a julio 2022 (BCP, 2022). La investigación

tuvo tres fases: (i) consulta de fuentes secundarias, (ii) consultas con fuentes primarias, (iii) cálculos de gabinete. A continuación, se presenta una descripción de cada fase.

Fase I: Consistió en el estudio del sector de las maquinarias agrícolas en base a fuentes secundarias. Incluyó publicaciones científicas y técnicas que trataban el tema de maquinarias en Paraguay. Se accedió a muy poca información de estas características. Otros datos fueron de tipo estadístico, obtenidas de la página web de la CADAM y de los Censos Agropecuarios Nacional 2008 y 2022. Complementariamente, se recurrió a artículos en la literatura científica y técnica de Brasil y Argentina preferentemente. El resultado de esta etapa fue la selección de la pulverizadora como objeto de estudio y de la metodología de cálculo del costo operativo.

Fase II: La información primaria provino de una reunión con agricultores y prestadores de bienes y servicios de maquinarias agrícolas de los Distritos de Tomás Romero Pereira (26°31'49"S 55°15'36"O) y San Rafael del Paraná (26°39'S 54°56'O), ambos de Departamento Itapúa – Paraguay. Se seleccionaron estas localidades debido a que existía una afinidad entre los autores y los agricultores, lo cual facilitó la obtención y el intercambio de información entre las partes. La selección de participantes se realizó usando el muestreo por bola de nieve, donde un seleccionado identificaba otro potencial participante de la reunión, así subsecuentemente hasta el punto en que los identificados se repetían. Se los agrupó en agricultores y en los demás integrantes. En total fueron seleccionados diez agricultores, de los cuales cinco agricultores poseían pulverizadoras autopropulsadas y los otros cinco agricultores poseían pulverizadora de arrastre. A estos se sumaron once participantes, dos del sector financiero, uno del sector ventas, tres del sector reparaciones, tres asesores agronómicos y dos prestadores de servicios de laboreo agrícola. El evento ayudó a comprender y dimensionar el funcionamiento y la dinámica del sector maquinarias agrícolas en la región. Además, fue útil para presentar y analizar la metodología de costo operativo a ser aplicada, a la par se consensuó con los participantes algunos coeficientes, tales como consumo de combustible, tiempo efectivo de trabajo, entre otros. En la reunión igualmente se acordó centrar la investigación en estimar cuál de las dos pulverizadoras disponibles en el mercado (de arrastre o de tiro y autopropulsada) es la más conveniente para la región en términos de costos. Así se fortaleció la decisión de los investigadores de centrar la investigación en la pulverizadora agrícola.

Otro producto del encuentro fue un consenso sobre la superficie agrícola promedio en la región, secuencia de cultivos, número de operaciones y precio de mercado de las labores agrícolas. Se acordó que una finca agrícola representativa de la región era de 300 hectáreas

con un rango de 100 a 500 hectáreas de cultivo destinado a agricultura mecanizada. Se estimó que además de cubrir la demanda de la finca representativa se podría vender servicios de pulverización hasta el 50% de la superficie cultivada. Esto es 150 hectáreas, de modo que la superficie total representativa fue estimada para una zafra en 450 hectáreas. En la Región, lo usual es cubrir el 100% de la superficie con soja en primavera (450 ha), 30% con maíz (135 ha) en verano y 70% con trigo (315 ha) en invierno. Respecto al número de operaciones por hectárea, si bien depende de varios factores y es variable año a año, se estableció como lo más usual 8 pulverizaciones en soja, 4 operaciones en trigo y 5 operaciones en maíz, totalizando 17 operaciones por zafra. De este modo las pulverizaciones totalizaron 3.600 ha para soja, 675 ha para maíz y 1.260 ha para trigo, sumando una superficie pulverizada en una zafra agrícola igual a 5.535 ha. Además de lo ya mencionado, el encuentro permitió recolectar una amplia lista de temas y preguntas de investigación para futuras investigaciones.

Fase III: En la tercera fase se realizaron los cálculos de costo operativo y evaluación financiera. Estos fueron puestos en tablas para facilitar su discusión y análisis.

4.1. Costo operativo

El cálculo del costo operativo o costo total se realizó usando la metodología desarrollada en Garbers y Chen (2013) en la que el costo total es la suma del costo fijo y el costo variable total. (Ver Ecuación 1). El criterio de decisión que se consensuó con los participantes de la reunión fue que será más conveniente la pulverizadora con el menor costo operativo. A continuación, se explica el procedimiento metodológico para calcular el costo operativo y de la evaluación financiera.

Ecuación 1: Costo total u operativo

$$CT = CF + CVT$$

Donde

“CT” es costo total,

“CF” es costo fijo,

“CVT” es el costo variable total

El costo fijo estuvo compuesto de depreciación o amortización, interés y, seguros. El costo variable incluyó combustible, lubricante, mantenimiento, conservación y reparación, operativo y depreciación. Es de aclarar que cuando el uso de las maquinarias es menor al

cociente entre la vida útil en horas y la vida útil en años, conocido como punto de igualación, la depreciación es un costo fijo, en tanto que es un costo variable desde el punto de igualación en adelante (Rudi, 2016). Esto implicó que para cada pulverizadora se calcularon dos ecuaciones. (Ver ecuaciones 2 y 3). Notese la ubicación de la depreciación en cada una de las ecuaciones.

Ecuación 2: Costo total menor al punto de igualación

$$CT_{menor\ al\ PI} (DPC + I + S) + (C + L + CMyR + O) * X$$

Ecuación 3: Costo total igual y mayor al punto de igualación

$$CT_{igual\ o\ mayor\ al\ PI} (I + S) + (C + L + CMyR + O + DPC) * X$$

Donde

“CT” es costo total,

“DPC” es depreciación,

“I” es interés,

“S” es seguro,

“C” es combustible,

“L” es lubricantes,

“CMyR” es conservación, mantenimiento y reparación

“O” es operario,

4.2. Capacidad de trabajo

El costo operativo calculado según la Ecuación 1 está dado en unidades monetarias por hora (G/hora o USD/hora), cuando que lo usual en el Paraguay es expresar el costo de las labores en unidades monetarias por hectárea (G/ha o USD/ha). A efectos de poder expresar los costos en unidades monetarias por superficie se recurrió al cálculo de la capacidad de trabajo aplicando la Ecuación 4. La capacidad de trabajo permite convertir (i) costos desde unidades monetarias/hora a unidades monetarias/ha, y (ii) horas de trabajo de una maquinaria a superficie trabajada, y viceversa.

Ecuación 4: Ecuación de capacidad de trabajo

$$CTr = A \times V \times AET \times CTE$$

Donde

”CTr” es la capacidad de trabajo,

“A” es el ancho de trabajo o labor del implemento en metros,

“V” es la velocidad de desplazamiento en m/hora,

“AET” es el coeficiente de ancho efectivo de trabajo,

“CTE” es el coeficiente tiempo efectivo de trabajo.

Los datos de ancho de barra (de trabajo) fueron extraídos de las especificaciones técnicas de cada maquinaria. Lo demás datos estuvieron entre los consensuados en reunión con los actores del sector, tal como se mencionó antes. En la pulverización de arrastre, el tiempo de trabajo efectivo se ajustó a 0,90 debido al menor volumen del tanque de la pulverizadora que requiere paradas de recarga más frecuentes. El ancho efectivo de trabajo fue igualmente corregido a 0,90, ya que por lo general los tractores usados con estas pulverizadoras carecen de GPS facilitando de este modo las superposiciones. En la autopropulsada, las paradas son menos frecuentes y se le asignó el valor de 0,92 al tiempo efectivo de trabajo. Además, en estas las superposiciones son prácticamente inexistentes debido a que vienen provistos de dispositivos electrónicos con los cuales se evita este problema, por lo cual el ancho efectivo de trabajo fue 1,0. Luego se estimaron los costos operativos de ambas pulverizadora en base a la superficie media de siembra representativa de la Región, incluyendo servicios a terceros, y que fuera acordada en la reunión con los agricultores y otros integrantes del sector maquinarias. Cerrando lo concerniente a costos operativos se compararon los resultados para determinar la conveniencia de uno u otro.

4.3. Evaluación financiera

La evaluación financiera se realizó utilizando dos indicadores, el valor actualizado neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). La estimación de estos indicadores se realizó en base al flujo de fondos. Seguidamente se da una breve explicación de estos indicadores y del flujo de fondos.

Fujo de fondos: Este un estado que muestra los ingresos y egresos de dinero efectivo durante el horizonte de evaluación. Su construcción requiere que previamente se prepare el estado de ganancias y pérdidas (EGP). Este es un estado financiero formado por ingresos y egresos que tiene por propósito determinar el resultado neto de lo evaluado. El flujo de fondos a diferencia del estado pérdida y ganancias, incluye los montos desembolsados en concepto de inversión inicial y durante el periodo de evaluación. El flujo de fondo se puede clasificar en dos tipos sin financiamiento y con financiamiento. El primero, también conocido como flujo

puro mide la rentabilidad del proyecto, asumiendo que los recursos invertidos son propios. El flujo de fondo con financiamiento o flujo del inversionista mide la capacidad del proyecto de honrar los costos financieros de un préstamo destinados a financiar total o parcialmente el proyecto (Van De Bosch, 2011).

Valor actualizado neto: Frecuentemente citada como VAN, es el valor de una serie de ingresos y egresos futuros en valores presentes utilizando una tasa de descuento que debe por lo menos igual a la rentabilidad exigida por el inversionista. Cuando el VAN es positivo, el proyecto o la inversión es viable, si el VAN es negativo, la inversión genera pérdidas, y en casos que el VAN sea igual a cero, los ingresos son iguales a los costos, y es recomendable no realizar la inversión (Van De Bosch, 2011). Microsoft Excel (Microsoft, 2022a) tiene la función VNA que permite calcular el VAN de una inversión a partir de un flujo de fondos y de una tasa de descuento. La sintaxis es *VNA (tasa; valor1; [valor2];...)* y sus argumentos son:

(i) Tasa: Es la tasa de descuento a lo largo de un período.

(ii) Valor1, valor2,... Valor1: Son los valores que representan los pagos e ingresos. No debe incluir la inversión del año cero (inicial), sino que se le debe sumar, respetando el signo de la inversión, al resultado de la sintaxis.

Tasa interna de retorno: Más conocido por sus siglas TIR, es la tasa de descuento en la cual el VAN igual a cero. Es decir, es la máxima tasa de descuento que se le podría exigir a una inversión capital (Van De Bosch, 2011). El criterio de decisión de la TIR es que cuando sea mayor a la tasa de descuento, la inversión es viable y genera beneficios. En caso contrario, una TIR igual o menor a la tasa implica que la inversión es inviable y no genera beneficios. Microsoft Excel (Microsoft, 2022b) tiene la función TIR que devuelve la tasa interna de retorno de los flujos de caja. La sintaxis es “*TIR(valores, [estimación])*” y sus argumentos son:

(i) Valores: Son los valores de la serie de tiempo cuya TIR se desea calcular, incluyendo al año cero. La serie debe contener al menos un valor positivo y uno negativo para calcular la tasa interna de retorno.

(ii) Estimar: Es opcional. Es un número que el usuario estima que se aproximará al resultado de TIR.

Detalles de la construcción del flujo de fondos: La evaluación financiera se realizó en cuatro escenarios. Estos fueron: (i) pulverizadora de arrastre sin financiamiento, (ii) pulverizadora de arrastre con financiamiento, (iii) pulverizadora autopropulsada sin financiamiento, (iv) pulverizadora autopropulsada con financiamiento. Se presentan a

continuación los datos, sus fuentes y asunciones que guiaron la construcción del flujo de fondos y de los indicadores de evaluación financieros.

El horizonte de evaluación fue establecido en cinco años coincidente con el plazo del crédito, que se utilizó en la evaluación desde la perspectiva del inversionista. La intensidad de uso fue igual a 5.535 ha/año, superficie de servicio de pulverización calculada como representativa de la Región durante una zafra agrícola, y que fuera consensado en la reunión con los integrantes de la cadena. La citada superficie dividida por la correspondiente capacidad de trabajo dio 356 horas/año para la pulverizadora de arrastre, y 125 horas para la autopropulsada. El precio de mercado más frecuente en la Región para el servicio de pulverización fue 6,00 USD/ha. El producto entre la intensidad de uso (horas o superficie) y su correspondiente precio fue igual al ingreso bruto.

La ecuación de costos de la pulverización de arrastre correspondió a una intensidad de uso entre 200 y 800 horas (Ver Ecuación 6), y la de la autopropulsada la correspondiente a un uso menor al punto de igualación (Ver Ecuación 8). El costo fijo correspondiente a la situación sin financiamiento no incluyó el interés debido a que se asumió que la inversión fue con fondos propios. En la situación con financiamiento se incluyó el costo financiero del crédito, que fue otorgado, (Ver Anexo 2 y 3), a un plazo de 5 años y una tasa de interés del 6,75% anual. El costo del seguro fue 1,5% del valor nuevo de los equipos de pulverización. El costo variable total fue el producto del costo variable unitario por los ítems del costo variable (combustible, lubricantes, mantenimiento y conservación, operario). El valor de la depreciación merece una aclaración. Al nivel de uso en horas indicado más arriba, la ecuación de la pulverizadora de arrastre fue superior al punto de igualación, mientras que la del tractor se hallaba por debajo del citado punto. Esta situación hizo que la depreciación fuera un costo fijo en el tractor (USD 2.133), y variable en la pulverizadora. Este último fue el producto entre el costo unitario de la depreciación por la intensidad de uso (USD/hora 8,00 * 356 horas). En la Tabla 1 se puede ver más detalles de las ecuaciones de costos. La utilidad antes de impuestos fue la diferencia entre ingreso y costo total. Luego se le restó el monto correspondiente al impuesto a la renta (10%), dando como resultado la utilidad después de impuestos. Aquí finalizó lo que se conoce como el Balance de Ingresos y Egresos.

El flujo de fondo se inició con la suma de la depreciación a la utilidad después de impuestos atendiendo a su carácter no financiero, dando como resultado el saldo o utilidad neta. Este fue el monto real de dinero en el balance del proyecto. Luego, en la columna del año cero se ingresaron las inversiones con símbolo negativo por representar un costo. La inversión estuvo formada por la pulverizadora de arrastre, compuesto de un tractor (USD

40.000), y una pulverizadora de arrastre (USD 30.000); la autopropulsada fue de USD 165.000. Ver detalles de cada pulverizadora en Anexo 1. El capital de trabajo, que fue considerado aporte propio, se estimó como un tercio del costo total del año 1. Esto equivalió a cuatro meses de costos, que es el periodo máximo de crédito por los servicios de pulverización en la Región. En la última columna, el capital de trabajo ingresó con símbolo positivo, indicando que el mismo está disponible al final del horizonte de evaluación. Igualmente se agregó el valor no depreciado del tractor y la pulverizadora. Finalmente se sumó algebraicamente cada una de las columnas desde la fila de saldo neto, dando como resultado el flujo de fondo.

5. Resultado y discusión

5.1. Ecuación de costo operativo de la pulverizadora de arrastre

El costo operativo de la pulverizadora de arrastre, o siendo más preciso, del servicio de pulverización con la pulverizadora de arrastre, fue igual a la suma del costo de la pulverizadora más el costo del tractor. Se debe tener presente que el tractor y la pulverizadora de arrastre tienen diferentes puntos de igualdad; en la sembradora es 200 horas/año y en el tractor es 800 horas/año. Esto ocasionó que se tuvieran tres ecuaciones de costo operativo para la pulverización de arrastre. Hubo una ecuación aplicada a intensidades de uso por debajo del punto de igualdad de la pulverizadora (200 horas), otra correspondiente a un uso desde las 200 horas hasta el punto de igualdad del tractor (800 horas), y una tercera igual o superior a las 800 horas de uso (Ver Ecuaciones 5 a 7).

Ecuación 5: Costo operativo de la pulverización de arrastre <200 horas

$$CT = 5.980 + 27,43x$$

Ecuación 6: Costo operativo de la pulverización de arrastre 200 horas ≤ CT < 800 horas

$$CT = 4.380 + 35,43x$$

Ecuación 7: Costo operativo de la pulverización de arrastre CT ≥ 800 horas

$$CT = 2.247 + 38,09x$$

El desarrollo de los costos que conforman la ecuación de costo operativo está en Anexo 4, y su aplicación a la pulverizadora y al tractor están desarrolladas en los Anexos 5 y

6. En la Tabla 1 se presentan los detalles del costo operativo de la pulverizadora, del tractor, y del servicio de pulverización en los tres momentos según el punto de igualación.

Tabla 1: Ecuación de costo operativo de pulverización de arrastre

Ítems	Unidades	Tractor		Pulverizadora		Pulverización		
		<PI	>=PI	<PI	>=PI	<200 horas	200<=X<=800	>=800
Costos Fijos	USD	3.417	1.284	2.563	963	5.980	4.380	2.247
Amortización	USD	2.133		1.600		3.733	2.133	0
Interés	USD	684	684	513	513	1.197	1.197	1.197
Seguro	USD	600	600	450	450	1.050	1.050	1.050
Costos variables	USD/hora	24,43	27,09	3,00	11,00	27,43	35,43	38,09
Mantenimiento y reparación	USD/hora	2,80	2,80	3,00	3,00	5,80	5,80	5,80
Combustible	USD/hora	16,56	16,56	0,00	0,00	16,56	16,56	16,56
Lubricante	USD/hora	1,99	1,99	0,00	0,00	1,99	1,99	1,99
Mano de obra	USD/hora	3,08	3,08	0,00	0,00	3,08	3,08	3,08
Amortización	USD/hora		2,67	0,00	8,00	0,00	8,00	10,67

5.2. Ecuación de costo operativo de la pulverización autopropulsada

El desarrollo de la ecuación de los costos que forman el costo operativo de la pulverizadora autopropulsada está en el Anexo 7. Los datos corresponden al Anexo 1. En la Tabla 2 se presentan los totales de cada componente de la ecuación de costo operativo de esta pulverizadora. Se calculó una ecuación para ser aplicada a intensidades de uso por debajo del punto de igualación (1.000 horas/año), y otra aplicable para usos desde el punto de igualación en adelante (Ver Ecuaciones 8 y 9).

Tabla 2: Costo operativo de la pulverizadora autopropulsada

Ítems	Unidades	Menor al PI*	igual o mayor al PI*
Costos Fijos	USD	14.096	5.296
Amortización	USD	8.800	0
Interés	USD	2.821	2.821
Seguro	USD	2.475	2.475
Costos variables	USD/hora	59.77	68.57
Mantenimiento y reparación	USD/hora	16,50	16,50
Combustible	USD/hora	35,88	35,88
Lubricante	USD/hora	4,31	4,31
Mano de obra	USD/hora	3,08	3,08
Amortización	USD/hora	0	8,80

Ecuación 8: Costo operativo de la pulverización autopropulsada por debajo del punto de igualación

$$CT = 14.096 + 59,77x$$

Ecuación 9: Costo operativo de la pulverización autopropulsada superior al punto de igualación

$$CT = 5.296 + 68,57x$$

5.3. Comparación de costo operativo

La primera comparación se realizó en base a las 5.535 hectáreas, que correspondió a la superficie media de trabajo anual de una pulverizadora en la región de estudio. Se la denominó Escenario I. La segunda comparación fue a en base a la superficie de 9.925 ha, que correspondió al área máxima de trabajo anual de una pulverizadora en la región de estudio. Se la denominó Escenario II. Ver Tabla 3 y Anexo 8.

En el Escenario I la pulverizadora de arrastre tuvo un costo total 27% menor al de la pulverizadora autopropulsada. De igual modo, en el Escenario II, el costo total de la de arrastre fue menor a la autopropulsada, aunque la diferencia se redujo al 5%. Entonces aplicando el criterio de selección se optó por la pulverizadora de arrastre por tener un costo total menor a la otra opción. Es decir, para la región de estudio, con el criterio de selección acordado, y en el rango de superficies cultivadas señalada, la pulverizadora de arrastre será la más conveniente.

Tabla 3: Costos del servicio de pulverización en los escenarios I y II en la Región de estudio

Ítems	Escenario I		Escenario II	
	Arrastre	Autopropulsada	Arrastre	Autopropulsada
Uso (ha)	5.535	5.535	9.225	9.225
Uso (horas)	356	125	593	209
CF (USD)	4.380	14.096	4.380	14.096
CVU (USD/hora)	35,43	59,77	35,43	59,77
CVT (USD)	12.608	7.491	21.014	12.485
CT (USD)	16.988	21.587	25.394	26.581
C medio USD/hora	47.73	172.23	42.81	127.25
C medio USD/ha	3.07	3.90	2.75	2.88
Días	44	16	74	26

Posteriormente, se calculó la superficie de equilibrio, a la que se denominó Escenario III, que es el punto de inflexión, en el cual la pulverizadora de arrastre y la autopropulsada tienen similar costo total. El cálculo dio 10.510 hectáreas, (676 horas en la de arrastre, y 238 horas en la autopropulsada). Los detalles del cálculo se presentan en el Anexo 9 que se resumen en la Tabla 4. Se puede ver que el uso más frecuente en la región representa el 52% de la superficie de equilibrio, mientras que la mayor área llega al 88% del punto de equilibrio.

Si bien todo pareciera ser negativo para la autopropulsada existe un factor que puede actuar de contrapeso a los costos. Esto es su mayor capacidad de trabajo, prácticamente tres veces superior a la de arrastre. En el escenario I, las 5.535 hectáreas requieren 44 días si van a ser pulverizadas por la de arrastre, y 16 días por la autopropulsada, en el escenario II se necesitan 74 días y 26 días respectivamente, y en el punto de equilibrio son 84 días para la de arrastre y 30 para la autopropulsada.

El efecto del factor tiempo en una y otra pulverizadora se analizó mediante la cuantificación del consumo de tiempo para una operación en soja de 450 ha. Es de recordar que la superficie más frecuentemente sembrada con soja fue establecida en 300 ha y que además se podía vender servicios por 150 ha totalizando así 450 ha. Dividiendo esta superficie por la capacidad de trabajo de cada pulverizadora, se tuvo que con la de arrastre se pulverizara esa superficie en 29 horas y con la autopropulsada en 10 horas. Esto significó que para cuando la de arrastre finalizaba de pulverizar, la autopropulsada ya había pulverizado otras 828 hectáreas, totalizando 1.278 hectáreas. Esto fue igual a una relación arrastre/autopropulsada de 1:2,84, lo que implica que por cada hectárea pulverizada por la de arrastre, la autopropulsada hacía lo mismo en casi tres hectáreas. A un precio de USD/ha de 6,0 la autopropulsada habría generado un ingreso bruto total de USD 7.667 frente a USD 2.700 de la de arrastre. Además, considerando que una jornada de trabajo es igual a 8 horas, la autopropulsada demandara poco más de un día y la de arrastre 3,5 días. Esto implica que en situaciones en las que se precisa rápida pulverización, tales como presencia de focos de infestación con roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), las autopropulsadas llevan ventaja. En el otro extremo, en servicios de pulverización previo a la siembra, por ejemplo, que por lo general tienen un mayor margen de tiempo para su aplicación, son más apropiados para las pulverizadoras de arrastre.

Se identificaron dos causas que ayudan a explicar porque la pulverizadora autopropulsada tuvo mayor costo. La primera fue la baja superficie de pulverización demandada en la región de estudio, que no permitió alcanzar economías de escala. Es de tener en cuenta que la vida útil anual de la autopropulsada es de 1.000 horas/año y las demandas fueron 125

horas y 209 horas para los escenarios I y II respectivamente. Por su lado, la de arrastre tuvo intensidades de uso de 356 horas (Escenario I) y 593 horas (Escenario II) frente a una vida útil de 200 horas (pulverizadora) y 800 horas (tractor de tiro). La intensidad de uso de para ambas pulverizadoras en el Escenario I (5.535 ha) fue igual a 53% del punto de equilibrio, en tanto que en el Escenario II (9.225 ha) llegó a 88%. Ante estas situaciones se debería complementar el uso en la finca con la prestación de servicios a terceros a efectos de alcanzar economía de escala que permita reducir los costos.

La segunda causa fue la elevada participación relativa del costo fijo en el costo total (Tabla 3). En el escenario I, el costo fijo fue igual al 65% del costo total de la pulverizadora autopropulsada y al 26% de la pulverizadora de arrastre. En el escenario II, los pesos fueron 53% y 16%, y en el equilibrio 50% y 15% para la autopropulsada y la de arrastre respectivamente. Detrás del peso relativo del costo fijo estuvo el valor de la inversión inicial que implicó la compra de la pulverizadora. El valor nuevo de la autopropulsada fue USD 165.000) y la de arrastre fue USD 70.000. Es de tener presente que el valor de los tres costos que forman el costo fijo están directamente relacionados con el valor nuevo. Ver Anexo 4.

A efectos de dimensionar el impacto del costo fijo en el costo total se comparó la relación CT arrastre/CT autopropulsada considerando los costos fijos contra la situación en la que se ignoraron los costos fijos. La relación, cuando se incluyó costos fijos, en el escenario I fue 0,79 mientras que en el escenario II fue 0,96, y 1,00 en el escenario III. Esto es, que el costo total de la pulverizadora de arrastre en los dos primeros escenarios fue superior a la autopropulsada, e igual en la situación de equilibrio. Luego cuando se ignoró costos fijos, la relación fue superior a la unidad, más específicamente igual a 1,68 para los tres escenarios, indicando que el servicio de pulverización hecha con la de arrastre resultaba más cara que la autopropulsada. Esto es lo mismo que decir que a los niveles de intensidad considerados, el elevado valor del costo fijo de la pulverizadora autopropulsada dio como resultado un costo total superior a la de arrastre.

Tabla 4: Costos en la superficie de equilibrio del costo total

Ítems	Pulverizadora	
	Arrastre	Autopropulsada
Uso (ha)	10.510	10.510
Uso (horas)	676	238
CF (USD)	4.380	14.096
CVU (USD/hora)	35,43	59,77
CVT (USD)	23.940	14.224

CT (USD)	28.320	28.320
C medio USD/hora	41,91	119,00
C medio USD/ha	2,69	2,69
Días	84	30

5.4. Evaluación financiera

La evaluación financiera se realizó en cuatro escenarios. Estos fueron: (i) pulverizadora de arrastre sin financiamiento, (ii) pulverizadora de arrastre con financiamiento, (iii) pulverizadora autopropulsada sin financiamiento, (iv) pulverizadora autopropulsada con financiamiento. El flujo de fondo utilizado en la evaluación financiera tuvo básicamente la misma estructura en los cuatro escenarios. La diferencia estuvo en que cuando se financió con recursos externos, se agregó al costo fijo los intereses e IVA pagados incrementando el costo total y se transmitió, el aumento, hasta la utilidad después de impuestos. Otras modificaciones incluyeron el ingreso del crédito en el año cero, y su amortización desde el año 1, en concordancia con las condiciones del préstamo (Ver Anexos 2 y3). Además, el mayor costo aumentó el capital de trabajo atendiendo a que este fue igual a un porcentaje del costo total.

Pulverizadora de arrastre-Flujo de fondo sin financiamiento: En el Anexo 10 se presenta el flujo de fondo puro y los indicadores de evaluación para la pulverización de arrastre sin financiamiento. Nótese que la depreciación es un costo que aparece tanto en el costo fijo como en el variable. Los motivos ya fueron explicados en el acápite de metodología. El VAN y la TIR fueron calculados con la sintaxis de Microsoft Excel. El resultado del VAN fue superior a cero, y la TIR mayor a la tasa de descuento del VAN. De este modo ambos indicadores correspondieron a criterios de decisión que indicaba la viabilidad financiera de la inversión.

$$VAN = (i; \text{flujo de caja anual}) + I$$

$$VAN = (0,0285; 20.657, 20.657, 20.657, 20.657, 77.202) + (-75.211)$$

$$VAN = 68.933 \text{ USD}$$

$$TIR = (\text{valores}, [\text{estimación}])$$

$$TIR = (-75.211, 20.657, 20.657, 20.657, 77.202)$$

$$TIR = 24,41\%$$

Pulverizadora de arrastre-Flujo de fondo con financiamiento: En el Anexo 11 se presenta el flujo de fondo con financiamiento y los indicadores de evaluación para la

pulverización de arrastre. Nótese dos aspectos. Primero, el capital de trabajo fue mayor comparativamente con la situación sin financiamiento debido a que el costo financiero del crédito elevó el costo total. Segundo, la inversión propia fue menor a la situación sin financiamiento debido a la obtención del crédito. Es decir, hubo un apalancamiento. Sobre una demanda de inversión de USD 76.926, el aporte de capital propio fue de USD 6.926. Esto fue igual a un apalancamiento de 1:11. El VAN y la TIR fueron calculados con la sintaxis de Microsoft Excel. El VAN calculado fue superior a cero, y la TIR mayor a la tasa de descuento del VAN. De este modo ambos indicadores correspondieron a criterios de decisión que indicaba la viabilidad financiera de la inversión.

$$VAN = (i; \text{flujo de caja anual}) + I$$

$$VAN = (0,0285; 1.979, 1.979, 1.979, 1.979, 60.239) + (-6.926)$$

$$VAN = 52,802$$

$$TIR = (\text{valores}, [\text{estimación}])$$

$$TIR = (-6.926, 1.979, 1.979, 1.979, 1.979, 60.239)$$

$$TIR = 68,75\%$$

Pulverizadora autopropulsada-Flujo de fondo sin financiamiento: En el Anexo 12 se presenta el flujo de fondo sin financiamiento y los indicadores de evaluación para la pulverización autopropulsada. Los cálculos fueron similares a los del flujo de fondo la pulverizadora de tiro sin financiamiento con dos excepciones. Por un lado, la depreciación fue en su totalidad un costo fijo. Esto se debió a que la autopropulsada es una sola unidad, en tanto que la de arrastre se compone de dos unidades (tractor y pulverizadora) que tienen distintos puntos de igualación. Por otro lado, el costo de la inversión fue superior a la de arrastre. El VAN y la TIR fueron calculados con la sintaxis de Microsoft Excel. El VAN calculado fue superior a cero, y la TIR mayor a la tasa de descuento del VAN. De este modo ambos indicadores correspondieron a criterios de decisión que indicaba la viabilidad financiera de la inversión.

$$VAN = (i; \text{flujo de caja anual}) + I$$

$$VAN = (0,0285; 21.799, 21.799, 21.799, 21.799, 148.992) + (-171.193)$$

$$VAN = 39.594$$

$$TIR = (\text{valores}, [\text{estimación}])$$

$$TIR = (-171.193, 21.799, 21.799, 21.799, 21.799, 148.992)$$

$$TIR = 8,39\%$$

Pulverizadora autopropulsada-Flujo de fondo con financiamiento: En el Anexo 13 se presenta el flujo de fondo con financiamiento y los indicadores de evaluación para la pulverización autopropulsada. Nótese dos aspectos. Primero, el capital de trabajo es mayor a la situación sin financiamiento debido a que el costo financiero del crédito elevó el costo total. Segundo, la inversión propia es menor debido a la obtención del crédito. Esto es hubo un apalancamiento de 1:15, compuesto de una inversión total de USD 177.182 y un aporte de capital de USD 12.182. El VAN y la TIR fueron calculados con la sintaxis de Microsoft Excel. El VAN calculado fue negativo, y la TIR menor a la tasa de descuento del VAN. De este modo ambos indicadores correspondieron a criterios de decisión que indicaba el rechazo de la inversión. Ver en Anexo 13 el servicio de la deuda.

$$VAN = (i; \text{flujo de caja anual}) + I$$

$$VAN = (0,0285; 27.906, 27.906, 27.906, 27.906, 105.276) + -12.182$$

$$VAN = -24.809$$

$$TIR = (\text{valores}, [\text{estimación}])$$

$$TIR = (-12.182, 27.906, 27.906, 27.906, 27.906, 105.276)$$

$$TIR = -5,84\%$$

5.5. Comparación de los indicadores financieros

Lo indicadores financieros de las evaluaciones llevadas a cabo están en la Tabla 5. En el caso de la pulverizadora de arrastre y en base a los criterios de selección para los indicadores estimados, tanto la inversión sea con capital propio o con crédito bancario, es viable. En ambos casos el VAN fue positivo, y la TIR superior a la tasa de descuento del VAN. Comparativamente, los indicadores muestran que es más rentable la inversión sin financiamiento. El VAN sin financiamiento fue superior al con financiamiento, y la TIR sin financiamiento fue mayor al de la opción con financiamiento. Sin embargo, hay que destacar que la opción con financiamiento permite un apalancamiento 1:11. Es decir el requerimiento de capital propio en la opción con financiamiento es 9% del monto requerido en la opción sin financiamiento. Este hecho debe ser considerado al momento de seleccionar entre las dos opciones. En el caso de la pulverizadora autopropulsada, y en base a los criterios de selección

para los indicadores estimado, únicamente la inversión con capital propio es viable. Financiar la compra de este equipo con un crédito bancario no es viable, ya que el VAN es negativo y la TIR da como resultado una tasa menor a la de descuento utilizado en el VAN.

Comparativamente entre ambas opciones (autopropulsada vs de arrastre), bajo las condiciones en que se realizó el cálculo, la opción financiera más ventajosa es la pulverizadora de tiro (tractor y pulverizadora) sin financiamiento. La causa por la cual recurrir al financiamiento resulta inviable es la superficie de trabajo, la cual resulta muy pequeña para la autopropulsada. Así, esta tiene su punto de igualación en 1.000 horas, y la intensidad de uso acordada para todo un año es de 125 horas. En el caso de la pulverizadora de arrastre, la intensidad de uso es 78% superior al punto de igualación de la pulverizadora, y representa el 45% del punto de igualación del tractor.

Tabla 5: Indicadores de evaluación financiera

Indicadores	P. de arrastre		P. autopropulsada	
	Con financiamiento	Sin financiamiento	Con financiamiento	Sin financiamiento
VAN	52,802	68,933	-24,809	39,594
TIR	68.75%	24.41%	-5.84%	8.39%

6. Conclusión

Este trabajo concluye respecto al objetivo específico “Comparar el costo operativo de cada una de las dos pulverizadoras “, que la pulverizadora de arrastre tuvo menores costos operativos y costo medio expresados en USD y USD/hora respectivamente. Sin embargo, es de destacar que, debido a la mayor capacidad de trabajo, la autopropulsada finaliza de pulverizar en menor tiempo. Respecto al objetivo específico “Analizar la viabilidad financiera de la inversión en cada una de las pulverizadoras” se concluye que los coeficientes de evaluación financiera de la pulverizadora de arrastre en una situación con recursos propios resultaron superiores a la situación con financiamiento. Comparando los resultados entre ambas pulverizadoras, la situación sin financiamiento de la de arrastre presentó los mejores resultados, tanto del VAN como de la TIR. Finalmente, en respuesta al objetivo general “determinar la mejor opción económica entre la pulverizadora autopropulsada y la de tiro o arrastre según la realidad de una Región específica del Paraguay”, se concluye que en términos económicos y bajo las condiciones en que se realizó el trabajo, la de arrastre fue más conveniente económicamente.

7. Referencias

BANCO MUNDIAL. *Análisis de riesgo del sector agropecuario en Paraguay*. Santiago: Banco Mundial. 2017. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/105821468332711721/pdf/928660WP0SPANIO0Box385339B00PUBLIC0.pdf>. Acesso em: 8. Dezembro. 2023

BONGIOVANNI, R. Análisis económico de la compra versus la contratación de una pulverizadora autopropulsada. *Agro Propuesta*. Julio/Agosto. 2003: 1-6.

CÁMARA DE DISTRIBUIDORES DE AUTOMOTORES Y MAQUINARIAS-CADAM. *Estadísticas*. Disponível em: <http://www.cadam.com.py/estadisticas>. Acesso em: 8. fevereiro. 2023

DOS SANTOS, N. Economic analysis of different hydraulic sprayers used in sugarcane (*Saccharum spp.*). *Engenharia Agrícola*. Vol. 39, n 2. p. 225-233, 2019.

ENCISO, V. *SOJA: De cara a la nueva campaña agrícola 2022/2023*. San Lorenzo: FCA-UNA. Disponível em: https://www.agr.una.py/ecorural/otras_publicaciones/de_cara_a_la_nueva_zafra_de_soja.pdf. 2022. Acesso em: 20. março. 2023

ENCISO, V.; CABELLO, E.; BENITEZ MORAN, W.; SALAS MAYEREGGER, J. *Análisis económico y financiero de cuatro fincas modales de la agricultura mecanizada de Paraguay*. San Lorenzo: FCA-UNA. 2019. Disponível em: https://www.agr.una.py/ecorural/otras_publicaciones/analisis_economico_y_financiero.pdf. Acesso em: 31. Outubro. 2022

GARBERS, R.; CHEN, Y. *Costos operativos de maquinaria agrícola (síntesis básica para su cálculo)*. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2013. Disponível em: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-entre-rios/administracion-de-la-produccion/costos-operativos-de-maquinarias-agricola/21767520>. Acesso em: 31. maio. 2022

GERTIE, M. *Evaluación de Diferentes Alternativas para la Adquisición de una Pulverizadora Autopropulsada*. 2012. Disponível em: <https://repositorio.21.edu.ar/handle/ues21/11339>. Acesso em: 24.junho.2023

INSTITUTO NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA-INBIO. *Informes de superficie de siembra*. 2023. Disponível em: <https://www.inbio.org.py/superficies-de-siembra/>. Acesso em: 11. março. 2023

LANGEMEIER, M. *Self-Propelled Spraying: Machinery Ownership versus Custom Hire*. 2017. Disponível em: https://ag.purdue.edu/commercialag/home/wp-content/uploads/2017/09/201709_Langemeier_Self-PropelledSprayingMachineryOwnershipvsCustomHire.pdf . Acesso em: 24. junho.2023

MENDEZ ALVAREZ, C. *Metodología: guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas*. Santafé de Bogotá: MacGraw-Hill, Ed., 2001

MICROSOFT. *Función VNA*. 2022. Disponible em: <https://support.microsoft.com/es-es/office/funci%C3%B3n-vna-96bc0897-9b6e-46e0-937f-13be698d0023>. Acceso em: 24.junho.2023

MICROSOFT. *Función TIR*. 2022. Disponible em: <https://support.microsoft.com/es-es/office/tir-funci%C3%B3n-tir-64925eaa-9988-495b-b290-3ad0c163c1bc>. Acceso em: 24.junho.2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA-MAG. *Censo Agropecuario Nacional 2008*. 2009. Disponible em: <https://www.mag.gov.py/Censo/Estudio%20de%20Caso.pdf>. Acceso em: 24. agosto.2023.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA-MAG. *Costo de producción agrícola*. 2018. Disponible em: <https://www.mag.gov.py/index.php/institucional/dependencias-1/documentos-de-la-dgp>. Acceso em: 24. agosto.2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA-MAG. *Costo de producción agrícola 2019*. 2020. Disponible em: <https://www.mag.gov.py/index.php/institucional/dependencias-1/documentos-de-la-dgp>. Acceso em: 24. agosto.2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA-MAG. *Censo Agropecuario Nacional 2022*. 2023. Disponible em: <https://can2022.mag.gov.py/geoportal/index.html>. Acceso em: 24. agosto.2023.

MORAES, T.; V, CORNAGO, V.; DE ARAUJO, M.; ESPERANCINI, M.; ARTUNIASSI, U. Cost of aerial and ground sprayings and technological replacement point: a case study in the region of Mineiros, GO, Brazil. *Engenharia Agrícola (SBEA)* Vol. 41, n. 3. 2021: 359-367

RUDI, E. *Margen bruto agropecuario: cálculo del costo de laboreos por hectárea*. 2016. Disponible em: <https://iapuco.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/09.pdf>. Acceso em: 24. fevereiro2023

VAN DE BOSCH, M. *Indicadores económicos para la gestión de establecimientos agropecuarios con cultivos plurianuales : bases metodológicas*. Buenos Aires: INTA, 2011.

Anexo 1: Datos de las pulverizadoras y del tractor

Ítems	Unidades	Arrastre Valores	Tractor Valores	Autopropulsada Valores
Precio nuevo	USD	40.000	30.000	165.000
Otros costos relacionados con la compra	USD	0	0	0
Precio de compra final		40.000	30.000	165.000
Vida útil por desgaste	horas	12.000	3.000	15.000
Vida útil por obsolescencia	años	15	15	15
Valor de reventa (% del valor nuevo)	%	20	20	20
Valor de reventa	USD	8.000	6.000	33.000
Tasa de interés activa o similar	%	5,99	5,99	5,99
Tasa de interés pasiva o similar	%	2,85	2,85	2,85
Coefficiente de conservación y reparación (GMRyR)	1/h	0,00007	0,00010	0,0001
Potencia	HP	90	n/a	195
Consumo de gasoil	l/HP.H	0,18	n/a	0,18
Precio del gasoil	€/l	7.050	n/a	7.050
Precio del gasoil	USD/l	1.02	n/a	1.02
Coefficiente de consumo de lubricante	%	12,00	n/a	12,00
Seguro	%	1,50	1,50	1,5
Salario mínimo	USD/h	3,04	3,04	3,04
Punto de igualación (b/c)	h/año	800	200	1,000

Anexo 2: Servicio de la deuda de la pulverizadora de arrastre y el tractor

Capital	70.000	USD
Tasa	6,75%	
Plazo	5 años	
Capital	anual	
Interés	semestral	
IVA	10%	sobre interés pagado

Año	Capital	Amortización	Interés	IVA	Cuota	Saldo
1	70.000	14.000	4.725	473	19.198	56.000
2	56.000	14.000	3.780	378	18.158	42.000
3	42.000	14.000	2.835	284	17.119	28.000
4	28.000	14.000	1.890	189	16.079	14.000
5	14.000	14.000	945	95	15.040	0

Anexo 3: Servicio de la deuda de la pulverizadora autopropulsada

Capital	165.000	USD
Tasa	6,75%	
Plazo	5 años	
Capital	anual	
Interés	semestral	
IVA	10%	sobre interés pagado

Año	Capital	Amortización	Interés	IVA	Cuota	Saldo
1	165.000	33.000	16.500	1.650	51.150	132.000
2	132.000	33.000	13.200	1.320	47.520	99.000
3	99.000	33.000	9.900	990	43.890	66.000
4	66.000	33.000	6.600	660	40.260	33.000
5	33.000	33.000	3.300	330	36.630	0

Anexo 4: Ecuaciones de costo operativo

Depreciación por debajo del punto de igualación

$$DPC = \frac{\text{Valor nuevo} - \text{valor residual pasivo}}{\text{Vida útil por obsolescencia}}$$

Depreciación por encima del punto de igualación

$$DPC = \frac{\text{Valor nuevo} - \text{valor residual pasivo}}{\text{Vida útil por desgaste}}$$

Interés

$$I = \frac{\text{Valor Nuevo} + \text{Valor Residual}}{2} \times \text{Tasa de Interés}$$

Seguro

$$S = \text{Valor Nuevo} \times \text{Tasa de Seguro}$$

Conservación, mantenimiento y reparación

$$CMYR = \text{Valor nuevo} \times \text{Coeficiente}$$

Combustible

$$C = \text{Potencia} \times C.\text{de consumo} \times \text{precio del combustible}$$

Lubricantes

$$L = \text{Costo de combustible} \times \text{Coeficiente}$$

Operario

$$Op = \frac{\text{salario anual} + \text{adicional} + \text{beneficios sociales}}{\text{Horas trabajo por año}}$$

Anexo 5: Cálculo del costo operativo de la pulverizadora de tiro

Depreciación por debajo del punto de igualación

$$DPC = \frac{30.000 - 6.000}{15} = 1.600$$

Depreciación por encima del punto de igualación

$$DPC = \frac{30.000 - 6.000}{3.000} = 8,0$$

Interés

$$I = \frac{30.000 + 6.000}{2} \times 0,0285 = 513$$

Seguro

$$S = 30.000 \times 0,015 = 450$$

Conservación, mantenimiento y reparación

$$CMyR = 30.000 \times 0,0001 = 3,0$$

Anexo 6: Cálculo del costo operativo del tractor

Depreciación por debajo del punto de igualación

$$DPC = \frac{40.000 - 8.000}{15} = 2.133$$

Depreciación por encima del punto de igualación

$$DPC = \frac{40.000 - 8.000}{12.000} = 2,67$$

Interés

$$I = \frac{40.000 + 8.000}{2} \times 0,0285 = 684$$

Seguro

$$S = 40.000 \times 0,015 = 600$$

Conservación, mantenimiento y reparación

$$CMyR = 40.000 \times 0,00007 = 2,80$$

Combustible

$$C = 90 \times 0,18 \times 1,02 = 16,56$$

Lubricantes

$$L = 16,56 \times 0,12 = 1,99$$

Operario

$$Op = \frac{3.984 + 797 + 1.126}{1920} = 3,08$$

Anexo 7: Cálculo del costo operativo de la pulverizadora autopropulsada

Depreciación por debajo del punto de igualación

$$DPC = \frac{165.000 - 33.000}{15} = 8.800$$

Depreciación por encima del punto de igualación

$$DPC = \frac{165.000 - 33.000}{15.000} = 8.80$$

Interés

$$I = \frac{165.000 + 33.000}{2} \times 0,0285 = 2.281$$

Seguro

$$S = 165.000 \times 0,015 = 2.475$$

Conservación, mantenimiento y reparación

$$CMyR = 165.000 \times 0,0001 = 16,50$$

Combustible

$$C = 160 \times 0,18 \times 1,02 = 35,88$$

Lubricantes

$$L = 35,88 \times 0,12 = 4,31$$

Operario

$$Op = \frac{3.984 + 797 + 1.126}{1920} = 3,08$$

Anexo 8: Ecuación de costos del servicio de pulverización a tiro y autopropulsada en el Escenario I.

$$CT - Arrastre = 4.380 \text{ USD} + (35,43 \frac{\text{USD}}{\text{hora}} * x \text{ horas})$$

$$CT - Arrastre = 4.380 + (35,43 * 356)$$

$$CT - Arrastre = 16.988 \text{ USD}$$

$$CM - Arrastre = \frac{CT - Arrastre}{\text{Intensidad de uso}}$$

$$CM - Arrastre = \frac{16.988}{356}$$

$$CM - Arrastre = 47,73 \text{ USD/hora}$$

$$CM - Arrastre = \frac{CM - Arrastre}{\text{Capacidad de trabajo}}$$

$$CM - Arrastre = \frac{47,73 \text{ USD/hora}}{15,55 \text{ ha/hora}}$$

$$CM - Arrastre = 3,07 \text{ USD/ha}$$

$$CT - Autop = 14.096 \text{ USD} + (59,77 \frac{\text{USD}}{\text{hora}} * x \text{ horas})$$

$$CT - Autop = 14.096 + 59,77 * 125$$

$$CT - Autop = 21.587 \text{ USD}$$

$$CM - Autop = \frac{CT - Autop}{Intensidad \text{ de uso}}$$

$$CM - Autop = \frac{21.587}{125}$$

$$CM - Autop = 172,23 \text{ USD/hora}$$

$$CM - Autop = \frac{CM - Autop}{Capacidad \text{ de trabajo}}$$

$$CM - Autop = \frac{172,23}{44,16}$$

$$CM - Autop = 3,90 \text{ USD/ha}$$

Anexo 9: Cálculo de la superficie de equilibrio

$$CFt + (CVUt * X) = CFa + (CVUa * X)$$

$$CFt + (CVUt * X) = CFa + (CVUa * X)$$

$$CFt + \left(\frac{CVUt}{C.Trabajo} * X \right) = CFa + \left(\frac{CVUa}{C.Trabajo} * X \right)$$

$$CFt + \left(\frac{CVUt}{C.Trabajo} * X \right) = CFa + \left(\frac{CVUa}{C.Trabajo} * X \right)$$

$$4.380 \text{ USD} + \left(\frac{35,43 \text{ USD/hora}}{15,55 \text{ Ha/hora}} \right) * X = 14.096 + \left(\frac{59,77 \text{ USD/hora}}{44,16 \text{ Ha/hora}} \right) * X$$

$$4.380 \text{ USD} + 2,28 \frac{\text{USD}}{\text{Ha}} * X = 14.096 + 1,35 \text{ USD/Ha} * X$$

$$2,28 \frac{\text{USD}}{\text{Ha}} * X - 1,35 \frac{\text{USD}}{\text{Ha}} * X = 14.096 \text{ USD} - 4.380 \text{ USD} +$$

$$0,93 \text{ USD/Ha} * X = 9.716 \text{ USD}$$

$$X = \frac{9.716 \text{ USD}}{0,93 \text{ USD/Ha}} = 10.525 \text{ Ha}$$

Anexo 10: Flujo de fondo sin financiamiento de la pulverizadora de arrastre

Ítems/años					
Superficie (Ha)	5.535	5.535	5.535	5.535	5.535
Capacidad de trabajo	15,55	15,55	15,55	15,55	15,55
Tiempo (Horas)	356	356	356	356	356
Ingreso					
Precio (USD/ha)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Precio (USD/hora)	93,31	93,31	93,31	93,31	93,31

Ingreso bruto	33,210	33,210	33,210	33,210	33,210
Costos					
Fijos	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183
Depreciación	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133
Seguro	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
Costo variable total	12.608	12.608	12.608	12.608	12.608
Mantenimiento y reparación	2.064	2.064	2.064	2.064	2.064
Combustible	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894
Lubricante	707	707	707	707	707
Mano de obra	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095
Depreciación	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
Costo total	15.791	15.791	15.791	15.791	15.791
Utilidad					
UAI*	17.419	17.419	17.419	17.419	17.419
Impuesto 10%	1.742	1.742	1.742	1.742	1.742
UDI**	15.677	15.677	15.677	15.677	15.677
Flujo de fondo					
Depreciación	4.981	4.981	4.981	4.981	4.981
Saldo neto	20.657	20.657	20.657	20.657	20.657
Pulverizadora	(70.000)				51.333
Capital de trabajo	(5.211)				5.211
Flujo de fondo	(75.211)	20.657	20.657	20.657	77.202
Flujo de fondo acumulado	75.211	54.554	33.897	13.239	7.418
VAN	68.933		TIR	24,41%	

* Utilidad antes de impuestos ** Utilidad después de impuestos

Anexo 11: Flujo de fondo con financiamiento de la pulverizadora de arrastre

Ítems/años	0	1	2	3	4	5
Uso						
Superficie (Ha)	5.535	5.535	5.535	5.535	5.535	5.535
Capacidad de trabajo	15,55	15,55	15,55	15,55	15,55	15,55
Tiempo (Horas)	356	356	356	356	356	356
Ingreso						
Precio (USD/ha)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Precio (USD/hora)	93,31	93,31	93,31	93,31	93,31	93,31
Ingreso bruto	33.210	33.210	33.210	33.210	33.210	33.210
Costos						
Fijos	8.381	8.381	8.381	8.381	8.381	8.381
Depreciación	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133
Interés	5.198	4.158	3.119	2.079	1.040	
Seguro	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
Costo variable total	12.608	12.608	12.608	12.608	12.608	12.608
Mantenimiento y reparación	2.064	2.064	2.064	2.064	2.064	2.064
Combustible	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894

Lubricante	707	707	707	707	707
Mano de obra	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095
Depreciación	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
Costo total	20.989	20.989	20.989	20.989	20.989
Utilidad					
UAI*	12.221	12.221	12.221	12.221	12.221
Impuesto 10%	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222
UDI**	10.999	10.999	10.999	10.999	10.999
Flujo de fondo					
Depreciación	4.981	4.981	4.981	4.981	4.981
Saldo neto	15.979	15.979	15.979	15.979	15.979
Pulverizadora	(70.000)				51.333
Crédito	70.000	(14.000)	(14.000)	(14.000)	(14.000)
Capital de trabajo	(6.926)				6.926
Flujo de fondo	(6.926)	1.979	1.979	1.979	60.239
Flujo de fondo acumulado	(6.926)	(4.947)	(2.967)	(988)	992
VAN	52.802		TIR	68,75%	

* Utilidad antes de impuestos ** Utilidad después de impuestos

Anexo 12: Flujo de fondo sin financiamiento de la pulverizadora autopropulsada

Ítems/años	0	1	2	3	4	5
Uso						
Superficie (Ha)		5.535	5.535	5.535	5.535	5.535
Capacidad de trabajo		44,16	44,16	44,16	44,16	44,16
Tiempo (Horas)		125	125	125	125	125
Ingreso						
Precio (USD/ha)		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Precio (USD/hora)		265	265	265	265	265
Ingreso bruto		33.210	33.210	33.210	33.210	33.210
Costos						
Fijos		11.275	11.275	11.275	11.275	11.275
Depreciación		8.800	8.800	8.800	8.800	8.800
Seguro		2.475	2.475	2.475	2.475	2.475
Costo variable total		7.491	7.491	7.491	7.491	7.491
Mantenimiento y reparación		2.068	2.068	2.068	2.068	2.068
Combustible		4.498	4.498	4.498	4.498	4.498
Lubricante		540	540	540	540	540
Mano de obra		386	386	386	386	386
Costo total		18.766	18.766	18.766	18.766	18.766
Utilidad						
UAI*		14.444	14.444	14.444	14.444	14.444
Impuesto 10%		1.444	1.444	1.444	1.444	1.444
UDI**		12.999	12.999	12.999	12.999	12.999
Flujo de fondo						
Depreciación		8.800	8.800	8.800	8.800	8.800

Saldo neto		21.799	21.799	21.799	21.799	21.799
Pulverizadora	(165.000)					121.000
Capital de trabajo	(6.193)					6.193
Flujo de fondo	(171.193)	21.799	21.799	21.799	21.799	148.992
Flujo de fondo acumulado	171.193	149.393	127.594	105.794	83.995	64.997
VAN	39.594		TIR	8,39%		
* Utilidad antes de impuestos	** Utilidad después de impuestos					

Anexo 13: Flujo de fondo con financiamiento de la pulverizadora autopropulsada

Items/años	0	1	2	3	4	5
Uso						
Superficie (Ha)		5.535	5.535	5.535	5.535	5.535
Capacidad de trabajo		44,16	44,16	44,16	44,16	44,16
Tiempo (Horas)		125	125	125	125	125
Ingreso						
Precio (USD/ha)		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Precio (USD/hora)		265	265	265	265	265
Ingreso bruto		33.210	33.210	33.210	33.210	33.210
Costos						
Fijos		29.425	29.425	29.425	29.425	29.425
Depreciación		8.800	8.800	8.800	8.800	8.800
Interés		18.150	14.520	10.890	7.260	3.630
Seguro		2.475	2.475	2.475	2.475	2.475
Costo variable total		7.491	7.491	7.491	7.491	7.491
Mantenimiento y reparación		2.068	2.068	2.068	2.068	2.068
Combustible		4.498	4.498	4.498	4.498	4.498
Lubricante		540	540	540	540	540
Mano de obra		386	386	386	386	386
Costo total		36.916	36.916	36.916	36.916	36.916
Utilidad						
UAI*		(3.706)	(3.706)	(3.706)	(3.706)	(3.706)
Impuesto 10%						
UDI**		(3.706)	(3.706)	(3.706)	(3.706)	(3.706)
Flujo de fondo						
Depreciación		8.800	8.800	8.800	8.800	8.800
Saldo neto		5.094	5.094	5.094	5.094	5.094
Pulverizadora	(165.000)					121.000
Crédito	165.000	(33.000)	(33.000)	(33.000)	(33.000)	(33.000)
Capital de trabajo*	(12.182)					12.182
Flujo de fondo	(12.182)	(27.906)	(27.906)	(27.906)	(27.906)	105.276
Flujo de fondo acumulado	(12.182)	(40.088)	(67.995)	(95.901)	(123.807)	(18.531)
VAN	-24.809		TIR	-5,84%		
* Utilidad antes de impuestos	** Utilidad después de impuestos					

