

UNIVERSIDAD EMPRESARIAL SIGLO 21
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN AGRARIA
TRABAJO FINAL DE GRADO



“Incorporación de aplicación de dosis variable de agroquímicos en empresa agrícola del Departamento Tercero Arriba, para aumentar la eficiencia en el uso de insumos y mitigar su impacto ambiental y económico”

Bertone, Diego Mariano

DNI 33.189.132

Legajo VAAG04065

Director de TFG: Hoyos, Hernán Carlos

Septiembre 2022

Introducción

El presente trabajo final de grado tendrá como objetivo proponer un plan de mejora en los procesos productivos basado en la incorporación de tecnologías de agricultura de precisión, en la empresa agrícola que realiza sus planteos productivos sobre campos propios y arrendados ubicados en el departamento de Tercero Arriba, provincia de Córdoba, más específicamente entre las localidades de Hernando y Pampayasta Sud.

Si bien el hecho de no aplicar estas tecnologías no se considera una problemática propiamente dicha, se está de algún modo desaprovechando una posibilidad muy importante de utilización de tecnologías que contribuyen al aumento en la eficiencia de insumos (actores fundamentales en los costos de producción), y por ende a la maximización de rindes y sustentabilidad de los procesos.

En el transcurso del informe, se evaluarán los beneficios de la incorporación de sistemas de información geográfica y agricultura de precisión para aumentar la eficiencia de utilización de insumos, y cómo la utilización de esta tecnología puede contribuir a mitigar el impacto ambiental y reducir los costos asociados al proceso productivo.

Marco de referencia institucional

En el año 2004 se crea una sociedad a partir de la propuesta de tres hermanos (Socios) sobre la idea de dedicarse a la explotación de campos recibidos por parte de su abuelo en forma de herencia. La administración estaría a cargo de los hermanos y de un cuarto socio que se incorpora para desempeñarse como contador. La estructura organizacional se completa con un encargado de mantenimiento, un asesor externo (ing. Agrónomo) y un contratista que se ocupa de las labores de siembra, pulverizaciones y cosecha, como se muestra en la Figura 1.

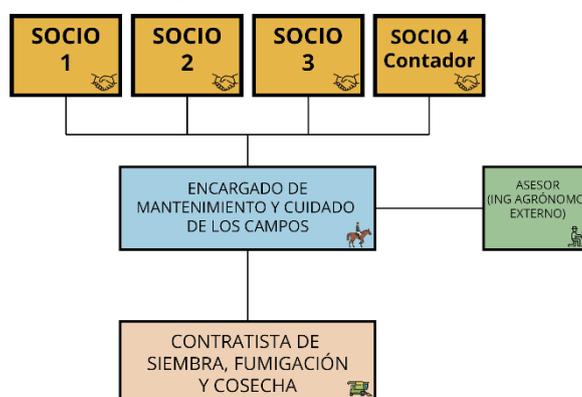


Figura 1. Estructura organizacional de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

La superficie sobre la que desarrolla sus planteos productivos la empresa consta de una explotación "base" de 552 hectáreas, que son propiedad de los socios, donde se siembra de manera ininterrumpida desde sus comienzos, y cada año la empresa busca alquilar campos a terceros dentro de la zona de influencia para la siembra de Soja (*Glycine max*), Maíz (*Zea Mays*), Maní (*Arachis hypogaea*) y en algunas oportunidades como cultivo invernal han sembrado Trigo (*Triticum spp*).

El Departamento Tercero Arriba se encuentra ubicado en la región central de la Provincia de Córdoba. Está cortado por el cauce del río Tercero que lo cruza de oeste a este. Abarca una superficie de 5.187 km², lo que representa algo más del 3% del total provincial. En general el territorio presenta un relieve plano, con baja pendiente hacia el este. En el oeste, se encuentran las zonas más altas, llegando a los 500 metros, y en el este, descienden a los 250 metros. En general se tienen buenos suelos, castaños, sin tosca cercana, bien desarrollados con 2 o 3% de materia orgánica, con ligeros problemas de encharcamiento que se hacen más notables hacia el límite oriental.

Clima. Acorde a lo descrito en *Informe Departamental de Tercero Arriba* (Universidad Nacional de Córdoba, 1997) en este departamento las lluvias alcanzan entre 600 y 800 mm. anuales, siendo el déficit hídrico de 100 mm. La temperatura media anual es de 17 grados C, la máxima media anual de 24 grados C y la mínima media de 9 grados C. El período de heladas abarca desde la primera quincena de mayo hasta la segunda quincena de septiembre. (Universidad Nacional de Córdoba, 1997)

Las unidades comúnmente dedicadas a la agricultura, y que representan la mayor parte del territorio (375.000 has., 72% de la superficie) tienen parcelas de 50 has. de tamaño promedio, donde la producción está orientada al cultivo del maní, sorgo, soja, y en menor grado a cosecha fina. Es de destacar que este departamento es el principal productor de maní, integrando la "cuenca manicera" que abarca además el sur del Departamento Río Segundo y norte del Departamento General San Martín. (Universidad Nacional de Córdoba, 1997)

Siguiendo con lo expuesto en *Informe Departamental de Tercero Arriba* (Universidad Nacional de Córdoba, 1997), los principales problemas ambientales del departamento son:

- Grave degradación de la flora nativa, la cual prácticamente ha desaparecido por expansión de la frontera agropecuaria.

- Degradación de la fauna, existiendo tráfico ilegal y caza furtiva.
- Contaminación ambiental en centros urbanos, como por ejemplo Río Tercero.
- Contaminación de aguas.
- Riesgo de hidroarsenicismo. (Presencia de arsénico en el agua)
- Riesgo de impacto por agroquímicos.
- Problemas de erosión, principalmente hídrica.
- Basurales a cielo abierto.
- Existencia de Fiebre Hemorrágica Argentina.
- Riesgo de inundaciones.
- Incendio de pastizales.

Como se puede observar, la empresa está bien ubicada en una región geográficamente adecuada para el normal desarrollo de sus actividades, ya que al ser la actividad principal (agricultura) una de las más importantes del departamento, la infraestructura (plantas de acopio, venta y mantenimiento de maquinaria, acceso a asesoramiento, insumos, etc) acompaña el normal desarrollo de la producción.

Como contrapartida a lo mencionado recientemente, caben mencionar una serie de cuestiones que pueden resultar riesgosas o contraproducentes y que requieren dedicarle especial atención. En primer lugar, los precios de los productos de la actividad se definen como *commodities*, o sea que su cotización está sujeta a los vaivenes de la oferta y demanda internacionales. Una potencial caída en los precios internacionales puede golpear significativamente las utilidades de la empresa.

La segunda cuestión a tener en cuenta es el desaprovechamiento de los recursos que se genera al no realizar aplicaciones selectivas en los lotes. Dicho de otra manera, se utilizan insumos por demás en zonas menos productivas del lote y viceversa, lo que se traduce en dos direcciones: no se potencian los rindes (baja de potenciales ingresos) y se desperdician insumos que tienen un gran peso económico en los costos de producción (aumento de costos).

Dentro de este punto es fundamental aclarar un obstáculo adicional, que no es particular sino más bien coyuntural, el precio de los insumos está dolarizado, y en un contexto altísimamente inflacionario como el que vive nuestro país es extremadamente riesgoso producir con insumos cotizados en moneda extranjera.

Un último aspecto a tener en consideración es que las labores de siembra, pulverizaciones y cosecha se realizan con un contratista rural. Es decir, el core del negocio, la planificación y tiempos de siembra y cosecha, están supeditados a los tiempos de un tercero que, aún en el caso que se trate de un profesional serio y responsable, puede sufrir percances, atrasos, roturas de la maquinaria, problemas personales, etc.

En la actividad primaria, respetar los tiempos de planificación en los procesos productivos es esencial, la naturaleza no espera, y ceder el control sobre esos tiempos es un riesgo extra que se suma a la ya de por sí extensa lista de riesgos a los que se someten los productores agropecuarios en el normal desarrollo de su actividad.

Habiendo mencionado algunas de las problemáticas identificadas en la organización, se hará especial hincapié en una mejora en la eficiencia de aplicación y aprovechamiento de insumos mediante la incorporación de Sistemas de Información Geográfica y Agricultura de precisión para hacer aplicaciones selectivas en los lotes. Se evaluarán sus ventajas y desventajas, factibilidad de aplicación en el corto/mediano plazo y estimación de costos.

Flego y García (2017, Universidad de Palermo), afirman que el uso de las tecnologías de la agricultura de precisión puede ayudar a aumentar la rentabilidad a través de un aumento del valor del rendimiento (cantidad o calidad), de una reducción en la cantidad de insumos, o de ambos simultáneamente. La implementación de AP puede aportarle al productor:

- Reducción de costos - reducción del uso de insumos.
- Mayores rendimientos con el mismo nivel de insumos.
- Mayor calidad en las cosechas debido a una mejor combinación de los requerimientos y los insumos aplicados.
- Beneficios en el impacto ambiental de sus actividades.

Análisis Situacional

La empresa agrícola realiza sus operaciones en el Departamento Tercero Arriba de la Provincia de Córdoba. Es una sociedad creada en el año 2004 por cuatro socios (tres hermanos y un contador) con el objetivo de realizar una explotación agrícola sobre inmuebles que heredan de su abuelo y buscar expandir su frontera productiva sobre campos de terceros.

La actividad principal que realizan es la producción de soja, maíz, maní y en algunas ocasiones han sembrado trigo. Al ser cultivos cuyo producto es de alta demanda mundial, exige a la empresa utilizar los factores de producción de la manera más eficiente posible para lograr la mayor productividad posible.

Las labores a campo son por medio de un contratista rural ya que la empresa no cuenta con maquinaria propia. Se realiza una planificación conjunta de las fechas de cada tarea a realizar. Este punto es para tener en cuenta, ya que, si se quiere implementar la AP en los procesos productivos, hay que incorporar tecnología a la maquinaria (sembradoras, cosechadoras y pulverizadoras), lo cual al ser capital tercerizado puede generarse un conflicto respecto de quien le correspondería afrontar los costos de instalación.

Incorporar AP se convierte en una excelente herramienta para optimizar el proceso productivo sin altos riesgos ni una gran inversión de capital, pudiendo obtener los datos e información necesaria para medir la gestión de procesos de un año a otro, evaluando el desempeño.

Toda mejora que se pueda aplicar para aumentar la eficiencia cobra especial importancia en los tiempos que corren, donde los costos de producción van en aumento y la superficie de tierra cultivable ha disminuido notablemente.

Hoy en día la tecnología ha alcanzado un nivel que le permite al productor medir, analizar, y manejar la variabilidad dentro de los lotes que era conocida previamente pero que no se podía manejar. La habilidad de manejar variaciones en la productividad dentro del lote y maximizar los rendimientos cobra especial importancia en el planteo de cualquier productor, especialmente aquellos con limitaciones en el recurso suelo.

Para esta empresa, la posibilidad de implementar una tecnología que permita poder realizar aplicaciones lo más eficientemente posible, solo aplicando en los lugares en donde es necesario, le conducirá inevitablemente a utilizar menos cantidad de insumos

por unidad de superficie, lo que producirá un gran descenso de costos de producción, afectando de manera positiva en las finanzas.

La herramienta diagnóstica por excelencia que nos va a permitir evaluar todos los aspectos inherentes a la incorporación de esta nueva tecnología es la denominada Matriz FODA. El análisis FODA es una técnica de análisis interno y externo que se usa para identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas del negocio o, incluso, de algún proyecto específico. (Raeburn, 2021).

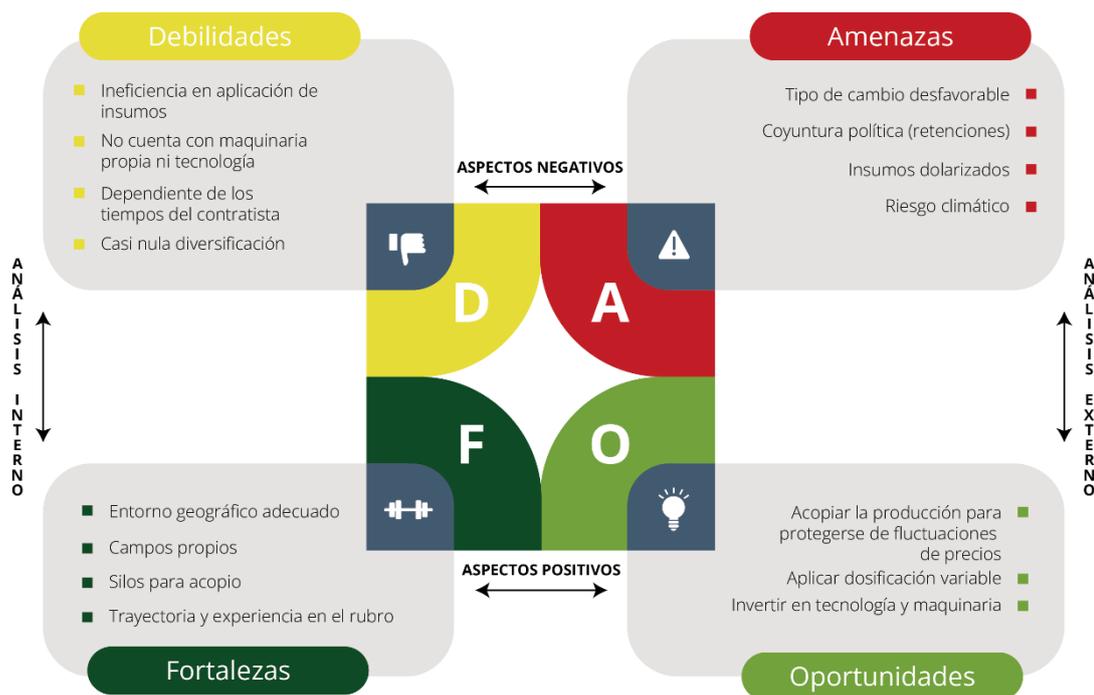


Figura 2. Matriz FODA. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desglosará el contenido de esta matriz haciendo los análisis de pares de: i) éxito (F+O), ii) adaptación (D+O), iii) reacción (F+A) y iv) riesgo (D+A).

ANÁLISIS DE PARES DE ÉXITO (FORTALEZAS + OPORTUNIDADES)

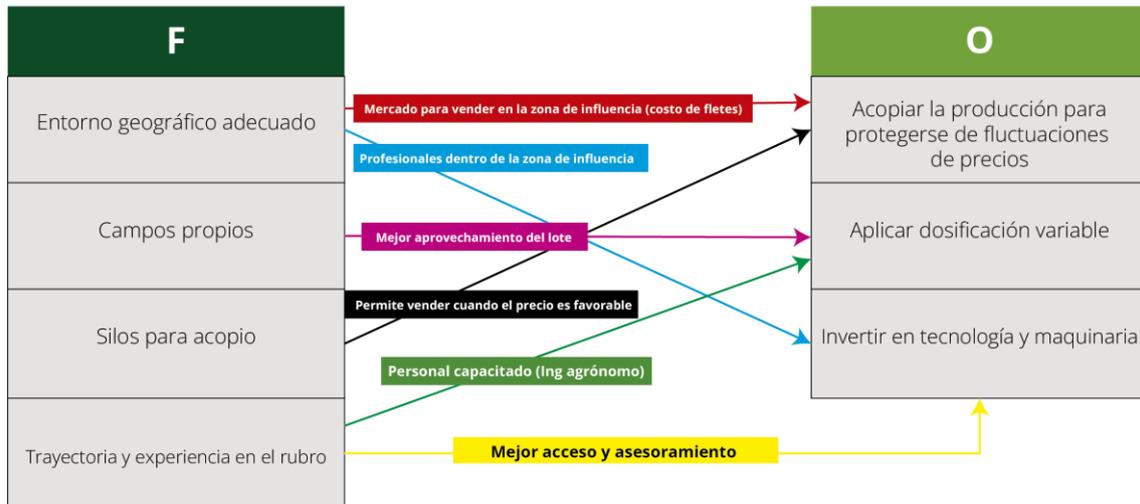


Figura 3. Análisis de pares de éxito (Fortalezas + Oportunidades). Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE PARES DE ADAPTACIÓN (DEBILIDADES + OPORTUNIDADES)

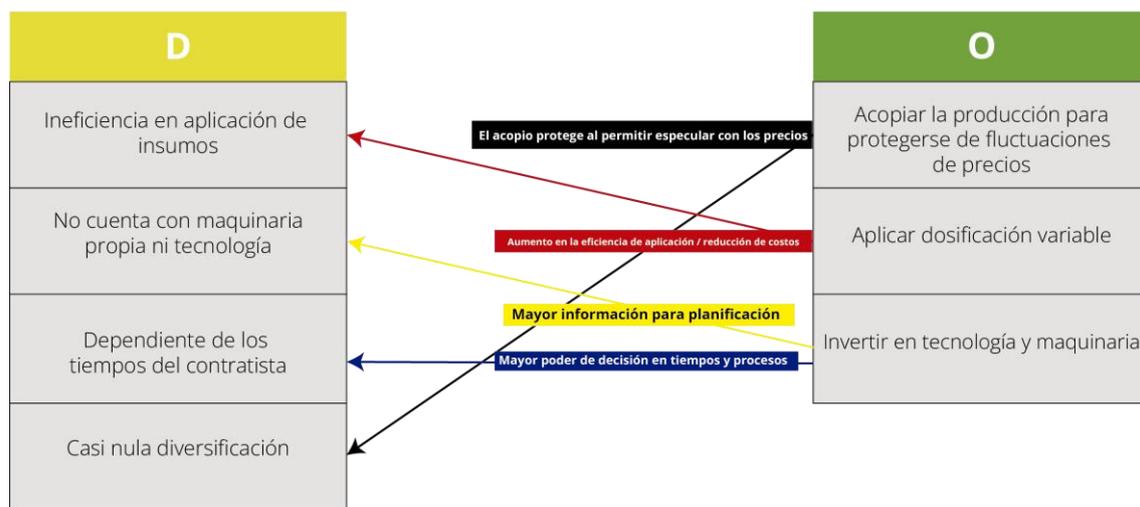


Figura 4. Análisis de pares de adaptación (Debilidades + Oportunidades). Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE PARES DE REACCIÓN (FORTALEZAS + AMENAZAS)



Figura 5. Análisis de pares de reacción (Fortalezas + Amenazas). Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE PARES DE RIESGO (DEBILIDADES + AMENAZAS)

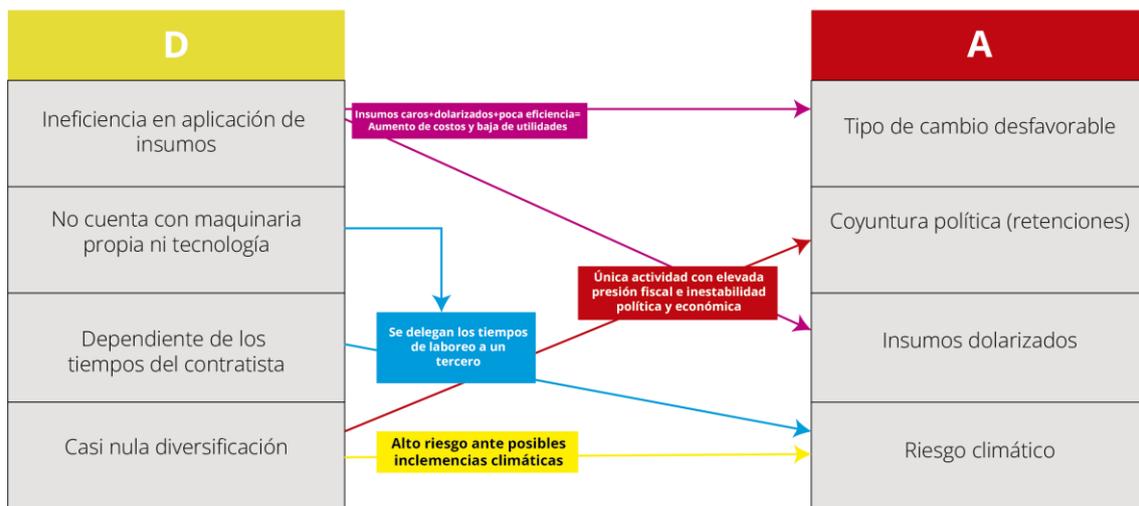


Figura 6. Análisis de pares de riesgo (Debilidades + Amenazas). Fuente: Elaboración propia.

El desglose de la matriz FODA y sus pares nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

Amenazas. Comenzando por los aspectos negativos, las amenazas son factores externos cuyo control es ajeno a la empresa y sus efectos no pueden ser materia de planificación, sino más bien de prevención o reacción una vez acontecidos. El ejemplo por excelencia es el clima, cuyo rol en la agricultura y en todos los planteos productivos es preponderante.

Otra amenaza a la que se enfrenta la empresa en nuestro país es la inestabilidad política respecto a retenciones e impuestos al agro. “Si bien el promedio de participación en la renta agrícola por parte del Estado en 2022 fue del 61,5%, este número va variando dependiendo el cultivo. Por ejemplo, la soja es largamente el grano donde el fisco más presión ejerce, quedándose con el 68,4% de lo que se produce en una hectárea, mientras que en maíz es peso es del 53,9%, en del trigo 50,4% y en girasol del 44,8%.

Esta carga impositiva está compuesta por impuestos nacionales, provinciales y municipales, pero, a pesar de que la producción se ubica en el interior del país, la importancia de los tributos no coparticipables, como lo son las retenciones, representan el 66,8% del total que afronta una hectárea agrícola en Argentina”. (Miazzo, 2022).

El resto de las amenazas identificadas, tipo de cambio desfavorable e insumos dolarizados, van en cierto punto de la mano ya que el valor de los insumos para la producción está cotizado en dólares y sus vaivenes, y los granos producidos se venden a un tipo de cambio irreal y altamente desfavorable, con el dólar paralelo a U\$ 285 y el dólar oficial al que se liquidan las divisas cotizado en U\$ 200 (Aclaración, esta cotización es temporal y responde al denominado “dólar soja”, previo a eso y posteriormente, la cotización que se toma para liquidar los granos del productor es U\$ 140 o dólar oficial).

Debilidades. Otro aspecto negativo, esta vez refiriéndonos a la situación interna de la empresa, corresponde con las debilidades que en ella se identifican. Así, podemos mencionar la ineficiencia en aplicación de insumos ya que no cuentan con técnicas de aplicación selectiva; no cuenta con maquinaria propia sino que delega sus labores a un contratista rural que se ocupa de las tareas de siembra, pulverización y cosecha; carece de control sobre los tiempos de laboreo por lo expuesto anteriormente; y sus ingresos están atados a una única actividad (agricultura), que si bien produce distintos cultivos, los avatares y amenazas a los que está expuesta son los mismos para cualquier planteo.

Fortalezas. Comenzando con los aspectos positivos de la empresa, se pueden identificar algunas fortalezas, que corresponden a factores internos con los que la empresa cuenta y puede hacer frente a los aspectos negativos.

Entre ellas, podemos mencionar que se encuentra en un entorno geográfico adecuado, esto es muy importante ya que la geografía juega un papel preponderante en la actividad primaria por dos motivos: los suelos y clima de la zona son fundamentales para

el éxito en las producciones, y segundo porque desarrollar la actividad en un entorno agropecuario es mucho más favorable que tener una unidad productiva “alejada”.

Esto se manifiesta en que en un radio pequeño hay varias empresas de igual categoría, y se forma un polo productivo en el que conviven plantas de acopio, servicios de venta y mantenimiento de maquinaria agrícola, escuelas agrícolas, administradores e ingenieros agrónomos, comercializadoras de insumos y granos, etc. El acceso a asesoramiento, insumos, costos de flete, reparaciones y demás se agiliza enormemente y genera un impacto positivo en el complejo entramado de actividades que hacen a la producción.

Otra fortaleza de la empresa es contar con campos propios. Recordemos que la empresa realiza sus planteos sobre campos propios (régimen estable) y campos alquilados (régimen variable), que año a año van variando la superficie conseguida para trabajar. Es decir, ante este escenario de inestabilidad o variabilidad en el alquiler, es importante contar con un margen de seguridad de 552 has y no depender enteramente de lo que se consiga en alquiler, que vale agregar, es cada vez más caro y la oferta es cada vez más complicada.

El último informe de la Guía Estratégica para el Agro (GEA) de la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR) indica que en la región núcleo los incrementos interanuales rondan los 2 qq/ha: el costo de los alquileres rurales en promedio está en los 18 qq/ha. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2022). Al respecto de esto, dice Vencius (Mayo 2022): “A pesar de los malos resultados de las últimas cosechas, como la oferta de tierras es limitada los alquileres suben o a lo sumo se mantienen. [...] Por esta suba, la incidencia del alquiler sobre el ingreso bruto del productor pasa del 25% al 30%”.

Siguiendo con las fortalezas, es importante que cuente con silos para acopio. Esto fundamentalmente porque al producir “commodities”, el valor de cotización de lo producido se toma de la pizarra nacional o internacional dependiendo el destino, y los vaivenes en los precios pueden ocasionar que al momento de cosechar se produzca una baja que no permita defender el valor de los granos y la empresa se vea obligada a vender a cotizaciones desfavorables. Poder contar con acopio permite cierto margen de especulación y da la opción de liquidar cuando se considere pertinente, sumado a que permite tener un ahorro “dolarizado” disponible para utilizar si se necesita.

Por último, la trayectoria y experiencia en el rubro se puede considerar como una fortaleza de la empresa, sobre todo en la toma de decisiones. La experiencia y los años van dotando a los tomadores de decisiones (socios, ing. agrónomo) de un expertise que con el correr de los años mejora naturalmente el funcionamiento de la empresa. La capacidad de previsión ante posibles eventos adversos, la toma de decisiones en contextos de incertidumbre, las opciones más convenientes para comercializar, el timing para afrontar los costos (cuando y como pagar), etc. son aprendizajes que una vez adquiridos, mejoran de manera sustancial el funcionamiento y por ende los resultados año a año.

Oportunidades. Las oportunidades son aquellos factores externos a la empresa donde esta puede encontrar una potencial mejora o solución a alguno de los aspectos negativos que enfrenta. Las identificadas en el análisis tienen un punto en común. Invertir en maquinaria propia y tecnología para aplicar agricultura de precisión va a solucionar no solo el hecho de depender de los tiempos y calidad de trabajo de un contratista tercerizado, sino que a su vez incrementará enormemente la eficiencia en la utilización de insumos que son altamente costosos, permitiendo no desaprovechar estos en zonas improductivas del lote y generando un impacto significativo en los resultados de la empresa, además de en el medio ambiente.

Si combinamos las fortalezas previamente mencionadas que posee la empresa y se orientan los esfuerzos hacia el horizonte de oportunidades, los resultados pueden modificarse rotundamente en el corto/mediano plazo y generar un impacto productivo (maximización de rindes), económico (baja de costos) y ambiental (menor uso de agroquímicos) que llevará indefectiblemente a una evolución de la empresa. Ahora bien, para considerar esta implementación de tecnología de aplicación selectiva, hay que evaluar la situación y el contexto donde se encuentra la empresa. La factibilidad de un proyecto depende de muchos factores y estudios para evaluar contextualmente las posibilidades a futuro que tiene de ser aplicable.

Análisis de contexto

El análisis de contexto a realizar, abarcará distintos aspectos a tener en cuenta respecto del estado de la empresa en relación a su entorno. Se evaluará: cotizaciones de los commodities agrícolas, rindes promedio de la zona, calidad de suelos, fechas de siembra y cosecha, contexto fiscal y sustentabilidad ambiental.

Precios de los commodities. Tomando en cuenta el precio de los principales commodities en pizarra Quequén al 08/09/2022 según la Bolsa de Cereales de Córdoba; se puede percibir que en el último año la soja, el maíz y el trigo experimentaron considerables aumentos. El precio de la soja se ubica en los US\$300 por tonelada, habiendo experimentado un aumento del 16.9% en el último año. De igual manera sucedió con el maíz que se ubica en los US\$ 240/tn, experimentando una suba del 4.34% respecto del año anterior. El trigo por su parte, subió un 37% respecto del año anterior, ubicándose en U\$S 310 /tn. (2022, Bolsa de Cereales de la Provincia de Córdoba). Este panorama representa para la empresa un presente muy alentador de crecimiento donde los frutos de su producción están cotizando al alza con buenas variaciones interanuales, lo que se traduce en buenas expectativas de facturación en los años venideros si los rindes acompañan.

Rindes. A propósito de los rindes, la empresa registra los siguientes rindes promedio entre las campañas de 2007/2008 a 2015/2016: Soja (39.3 qq/ha); Maíz (75.3 qq/ha); Maní (44.95 qq/ha). Los rindes de soja son notablemente superiores al promedio de la zona del Departamento Tercero Arriba (23.8 qq/ha) (VillamaríaYa, 2022), mientras que los de maíz son un tanto inferiores, ya que el promedio para la zona es cercano a 84 qq/ha, encontrando en ese aspecto un punto a mejorar. (ABC Rural, 2020). Esta merma del rinde de maíz respecto al promedio zonal podría ser combatida mediante el uso de técnicas de aplicación selectiva, ya que maximiza la eficiencia de uso de insumos en los lotes y esto puede llegar a repercutir de manera notable en los rindes.

Calidad de suelo. Algo de superlativa importancia a la hora de evaluar una empresa agrícola es sobre qué clase de suelos realiza sus actividades. La zona de influencia delimitada es aquella ubicada en el Departamento Tercero Arriba, más precisamente entre las localidades de Hernando y Pampayasta Sud. Se recurrió a evaluar en la carta de suelos de la Provincia de Córdoba (INTA Manfredi) en esa zona de influencia, y se puede ver claramente que en dicha zona predominan los suelos clase III,

ocupando el 90.02% de la superficie total de dicha zona de influencia, como se puede observar en la siguiente imagen elaborada con el software QGIS.

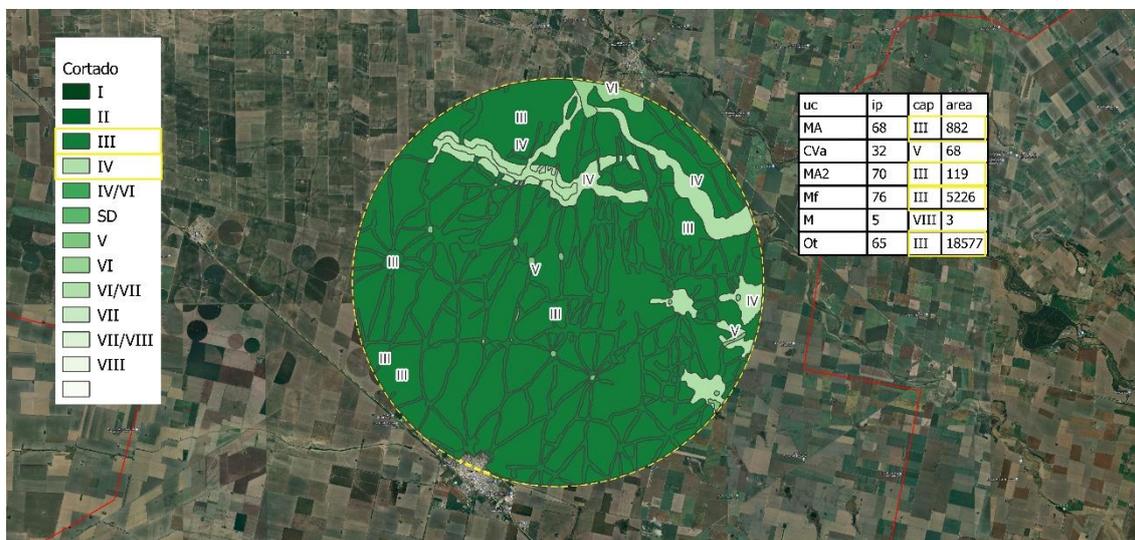


Figura 7. Predominancia de suelos clase III en Zona de Influencia. Fuente: Elaboración propia.

Estos suelos, de aptitud netamente agrícola, se definen como “suelos con limitaciones que requieren la aplicación de prácticas especiales de conservación. En ellos, el abanico de cultivos disminuye, aunque pueden realizarse los principales cultivos. Es sumamente importante respetar y realizar las prácticas de conservación para no deteriorar los recursos”. (2017, Gonzáles).

Evidentemente la empresa realiza sus planteos productivos sobre suelos que acompañan el buen desarrollo de los cultivos teniendo todas las herramientas para maximizar su producción.

Fechas de siembra y cosecha. La fecha de siembra suele programarse entre Octubre y Diciembre en función del cultivo, disponibilidad del lote, precipitaciones y otros factores. El periodo de cosecha dependerá de esta fecha de siembra, por lo general entre los meses de marzo y junio del año siguiente. Se lleva a cabo una política de rotación entre soja y maíz, para evitar el monocultivo y lograr mayor sustentabilidad a mediano y largo plazo. De acuerdo a los informes de algunos autores especializados, las fechas ideales de siembra del maíz y soja son: Maíz (Septiembre/Octubre), soja de primera (Septiembre/Octubre/Noviembre) y de segunda (Noviembre/Diciembre/Enero). (Agrospray, Agosto 2020). Se puede observar que, comparando con el ideal, se puede

estar sembrando un poco corrido de fecha y eso podría estar deviniendo en pérdida de eficiencia y productividad, con la posibilidad de aumentar los rindes por ese lado.

Contexto fiscal y económico. La presión impositiva es uno de los problemas que más aqueja al campo y que atenta directamente contra su rentabilidad, debido a la alta participación que tiene el Estado a través de los impuestos sobre la renta de los principales cultivos del país. Más allá de que se puedan dar algunas fluctuaciones al alza o a la baja, hace ya tiempo que el fisco se queda con más de la mitad de lo que se produce en una hectárea promedio. (Miazzo, 2022)

Según el informe de junio de la Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina (FADA) la participación promedio del Estado en la renta agrícola se posicionó en el 61,5% en el sexto mes del año. Esto quiere decir que “por cada \$ 100 de renta que genera una hectárea promedio, \$61,50 se va en impuestos.

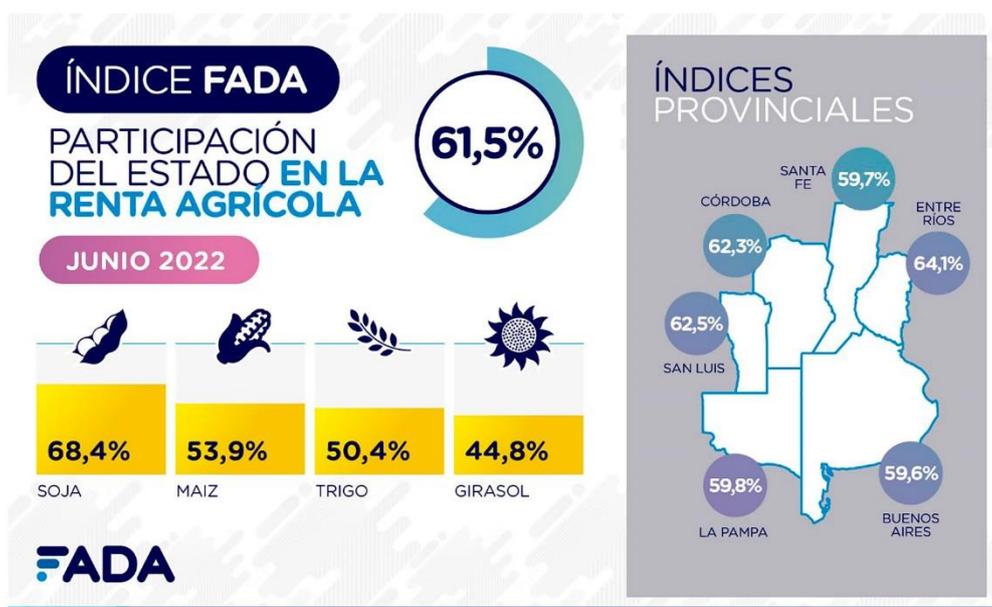


Figura 8. Participación del Estado en la renta agrícola. Fuente: FADA, 2022.

Miazzo (2022), agrega que “la soja es largamente el grano donde el fisco más presión ejerce, quedándose con el 68,4% de lo que se produce en una hectárea, mientras que en maíz es peso es del 53,9%, en del trigo 50,4% y en girasol del 44,8%. Esta carga impositiva está compuesta por impuestos nacionales, provinciales y municipales”.

Si bien en el último año han subido las cotizaciones de los precios de los granos, también lo hicieron los insumos, ajustando los márgenes de rentabilidad de los

cultivos. Las subas en semillas, fertilizantes y agroquímicos, varían entre el 70% y el 90%, según el producto. (Ariño, 2022)

A este respecto, la economista de FADA, Natalia Ariño (2022) sostuvo que “los fertilizantes son los que vienen presentando mayores subas en dólares desde principios de 2021, con aumentos en dólares que van desde el 73,6% hasta el 97,1% según los distintos productos”. Esto significa que una gran parte de los costos de producción están dolarizados, que en el caso de la soja llega a representar el 54% y en el maíz el 56%, sin tener en cuenta el costo de la tierra”.

Sustentabilidad. Un asunto no menor y en estos tiempos cada vez más relevante es el referido al desarrollo sustentable en los procesos productivos. La producción primaria, al tener un contacto tan directo con el medio ambiente y basar sus actividades en el intercambio con este, tiene el compromiso de incorporar tecnologías y procesos que colaboren con el cuidado de este, la preservación de los suelos, la flora y fauna nativa, reducción de emisión de gases de efecto invernadero, entre otras.

La producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el medio ambiente en conjunto. Son la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso, y contribuyen en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua. Los métodos agrícolas [...] y su alcance son una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad del mundo. Los costos externos globales de los tres sectores pueden ser considerables. (FAO, 2004)

La agricultura afecta también a la base de su propio futuro a través de la degradación de la tierra, la salinización, el exceso de extracción de agua y la reducción de la diversidad genética agropecuaria. Sin embargo, las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar. (FAO, 2004)

Siguiendo lo expuesto por la FAO (2004) en *Agricultura Mundial: Hacia los años 2015/2030*, si se utilizan más métodos de producción sostenible, se podrán atenuar los efectos de la agricultura sobre el medio ambiente.

La aplicación de una tecnología que pueda derivar en un uso más eficiente de los agroquímicos se vuelve indispensable para paliar los efectos negativos en el medio

ambiente propios de la actividad y prevenir efectos a largo plazo que no solo afectarían a la propia actividad sino a la sociedad en su conjunto.

Se vuelve entonces menester de una empresa agrícola, cuyos frutos son los directamente obtenidos del suelo que trabaja, involucrarse en la sustentabilidad y destinar parte de sus utilidades a invertir en tecnologías que directa o indirectamente contribuyan al cuidado y preservación del medio ambiente con el que intercambia día a día.

Habiendo analizado el contexto de la empresa, se puede concluir que las fortalezas señaladas precedentemente combinadas con la posibilidad de incorporar aplicación selectiva presenta un panorama auspicioso para la empresa. Orientar los esfuerzos hacia la oportunidad de incorporar una tecnología que lleve a un mejor uso de los insumos y recursos, presenta una posibilidad de mejora más que favorable que debe aprovechar la empresa. Esto no solo permitirá bajar los costos al no desperdiciar insumos dolarizados sino también podrá impactar en mejores rendimientos y más sustentabilidad ambiental.

MARCO TEÓRICO

A continuación, se brindará el soporte bibliográfico donde se sustenta la teoría de la propuesta de mejora en los procesos productivos de la empresa agrícola del Departamento de Tercero Arriba. Se comenzará definiendo qué es la agricultura de precisión, cuáles son las etapas y los componentes que la integran, las ventajas de su uso respecto a la agricultura tradicional y el contexto de acceso a esta tecnología en nuestro país.

Agricultura de precisión (AP). Fundamentos

El concepto sobre el que se basa la agricultura de precisión es aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto. Es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote. La agricultura de precisión (AP) involucra el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. (Flego y García, 2017).

Las tecnologías de la agricultura de precisión permiten satisfacer una de las exigencias de la agricultura moderna: el manejo óptimo de grandes extensiones. Se presenta como principal ventaja que el análisis de resultados de los ensayos se puede realizar por sectores diferentes dentro de un mismo lote, y de esta manera ajustar el manejo diferencial dentro de los mismos. (Flego y García, 2017).

Del mismo modo, podrán analizarse, el tipo y la dosis de fertilizante a aplicar, la densidad de semilla, la fecha de siembra, el espaciamiento entre hileras, etc. El uso de las tecnologías de la agricultura de precisión puede ayudar a mejorar los márgenes, a través de un aumento del valor del rendimiento (cantidad o calidad), de una reducción en la cantidad de insumos, o de ambos simultáneamente. (Flego y García, 2017).

Etapas de AP. Diagnóstico, toma de decisiones y aplicación.

La primera etapa del proceso desarrolla el abordaje y las herramientas para el diagnóstico de áreas de producción, donde se describen los procedimientos básicos para la adquisición de datos y construcción de mapas georreferenciados. Dentro de los puntos tratados en esta primera parte, se destaca la utilización de: sistema de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográficos, monitores de productividad,

adquisición remota de información, muestreo de mapeo y análisis de suelo [...]. (Magdalena, C., 2014)

La segunda etapa aborda el manejo integrado de la información para la toma de decisiones, lo cual es de gran importancia considerando que el objetivo de la agricultura de precisión es la transformación de datos en información organizada para la toma de decisiones. Se apunta al fortalecimiento de los conocimientos que faciliten la generación de mapas de manejo con datos espaciales, geoestadística, interpretación de la información y definición de unidades de manejo, aspectos económicos y viabilidad de adopción, monitoreo para la toma de decisiones y mejora permanente. (Magdalena, C., 2014)

Por último, la tercera etapa analiza la implementación de la agricultura de precisión, con énfasis en el desarrollo de los sistemas guiados por satélites, automatización agrícola y controladores electrónicos. Se trata básicamente de aplicación de insumos a tasa variable basada en mapas de aplicación y en tiempo real. (Magdalena, C., 2014).

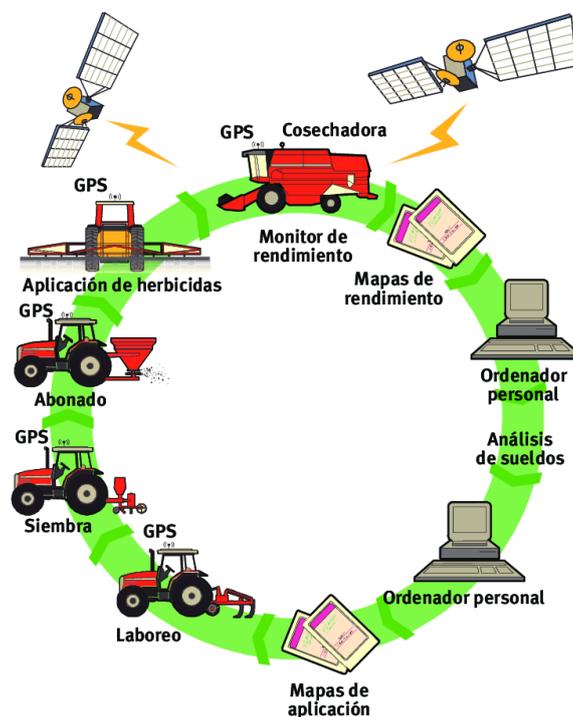


Figura 9. Ciclo cerrado básico de la agricultura de precisión. Fuente: Valero et al. (2014).

Componentes de AP

Las herramientas que componen esta tecnología se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Sistema de posicionamiento global (GPS)

El GPS fue desarrollado por el Departamento de Defensa de EE UU al final del período de la “Guerra fría” con fines militares y luego se extendió su uso a aplicaciones civiles. El sistema GPS permite localizar y ubicar en cualquier punto de una explotación, personas y objetos en tiempo real. (Flego y García, 2017).

El Sistema de Posicionamiento Global está compuesto por una red de 24 satélites denominada NAVSTAR, situados en una órbita a unos 20.200 km. de la tierra y los receptores GPS, que permiten determinar la posición en cualquier lugar del planeta, de día o de noche y bajo cualquier condición meteorológica. La precisión obtenida por el sistema varía entre 5 y 20 metros. (Flego y García, 2017).

Son necesarios como mínimo, tres puntos del perímetro para realizar el cálculo de área. A medida que se tomen mayor cantidad de puntos referenciales, el error que normalmente tiene este tipo de medición, tiende a disminuir.

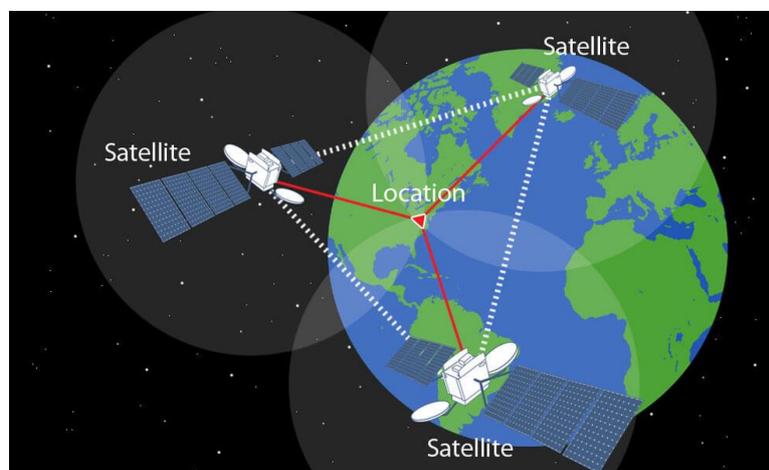


Figura 10. Triangulación GPS. Fuente: SIGMA Electrónica (2016)

Es una herramienta de simple manejo, útil para toda persona que esté vinculada a la actividad agropecuaria, ya sea para localización, o para conocer la superficie de un predio, sea cual fuera su magnitud. Su costo es relativamente bajo, con respecto a las innumerables posibilidades que brinda.

2. Monitoreo de rendimiento y mapeo

El mapa de rendimiento produce información detallada de la productividad del campo y brinda parámetros para diagnosticar y corregir las causas de bajos rendimientos en algunas áreas del campo y/o estudiar las causas por las cuales el rendimiento es más alto en algunas zonas. (Flego y García, 2017).

Un monitor de rendimiento es un sistema que recoge la información procedente de distintos sensores y gracias a un software calcula el rendimiento de un cultivo en el tiempo y en el espacio, basándose en la información de localización de cada parcela proporcionada por el sistema de localización por satélite GPS. El resultado se representa en un mapa gráfico. (Flego y García, 2017).

El monitor de rendimiento también estima y graba el contenido de humedad y la cantidad de grano de cada sitio. El rendimiento se calcula como la cantidad de grano de cada sitio dividida por el área de ese sitio de cosecha en particular. (Flego y García, 2017).

Todos los monitores de rendimiento que se usen para recoger datos para crear un mapa de rendimiento necesitan los siguientes componentes básicos: sensor de flujo de grano, sensor de humedad del grano, sensor de velocidad de avance, antena GPS. (Flego y García, 2017).



Figura 11. Monitores de rendimiento. Fuente: Bongiovanni et al. (2016)

3. Muestreo intensivo de suelos

Es el proceso que permite al agricultor conocer cuál es el factor limitante que provoca las diferencias de rendimiento dentro de las distintas parcelas de un mismo cultivo y tomar acciones para mejorar este hecho. Consta de tres etapas: toma de muestras representativas de cada área considerada (guiado por un GPS), análisis en laboratorio e interpretación de resultados y por último toma de decisión sobre el siguiente tratamiento del cultivo a realizar. (Flego y García, 2017).

Con la información disponible a partir del muestreo intensivo de suelos y del mapa de rendimiento, el sistema de información genera un mapa con las futuras acciones: el mapa de aplicación. Este mapa se crea sobre una base de datos GIS, que contiene todos los datos relativos a la explotación y a rendimientos anteriores. (Flego y García, 2017).

Este paso supone la realimentación de toda la información recolectada durante todo el período de cultivo de la última cosecha, por lo que un adecuado uso de esta información, permitirá aumentar el rendimiento de la siguiente cosecha. (Flego y García, 2017).

4. Guiado semiautomático

Consiste en la incorporación a la maquinaria que realiza las operaciones en el campo, de un sistema de posicionamiento DGPS que posibilita el conocimiento en cada momento de su posición. Con la ayuda de un panel gráfico, es posible trazar líneas rectas perfectas para trabajar la tierra. (Flego y García, 2017).

5. Percepción remota

Es la ciencia de obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de datos obtenidos con un aparato (sensor remoto) que no está en contacto físico con ese objeto, área o fenómeno bajo estudio. El sensor remoto puede estar a pocos centímetros o a varios kilómetros, dependiendo del sistema usado y de la información deseada. (Flego y García, 2017).

Se conoce como sensor cualquier dispositivo que permite convertir una magnitud física en una señal eléctrica que, posteriormente, puede manejarse para suministrar información o para ser tratada directamente por un ordenador. (Flego y García, 2017).

Los sensores son los que servirán para determinar, en cada momento y posición de la máquina, su velocidad de avance, la temperatura en un determinado lugar, el estado de cualquiera de sus mecanismos, o también la cantidad de grano instantáneamente cosechado por la máquina, la fertilidad del suelo en una zona del campo, el nivel de vegetación del cultivo. Cualquier máquina agrícola, o para uso doméstico, incluye numerosos sensores que proporcionan información al usuario, dentro de sistemas para la medida electrónica de magnitudes mecánicas. (Flego y García, 2017).

6. Dispositivos electrónicos

Se trata de pequeños ordenadores portátiles, que se instalan a bordo de la maquinaria agrícola, y permiten el almacenamiento de los datos proporcionados por los sensores, un procesamiento básico de los mismos, y su posterior representación en pantalla. También poseen funciones de control, que les permite lanzar órdenes a la máquina, de modo que permita variar su velocidad o controlar la cantidad de insumos aplicada. (Flego y García, 2017).

7. Redes de comunicación.

Las redes de comunicación permiten transferir toda la información recogida por los sensores ubicados en la maquinaria agrícola, desde el campo hasta un lugar donde sea posible procesarlos y tomar decisiones con más comodidad. (Flego y García, 2017).

8. Sistemas de información geográfica (GIS).

Un Sistema de Información Geográfica (GIS) es en realidad un programa de ordenador pensado para almacenar, recuperar, analizar y mostrar datos cartográficos. En GIS, los datos acerca de la superficie de la Tierra se representan como información o datos. Estos datos de GIS contienen toda la información espacial de un mapa convencional, pero con la ventaja de ser mucho más flexibles a la hora de representarlos, permitiendo además la obtención de nuevos mapas a partir de datos ya existentes.

GIS utiliza dos modos de representación de los datos: modo vector y modo rastreo. En el modo vector se considera que todas las características de la superficie de la tierra se pueden interpretar como un punto, línea o polígono. Este modo se prefiere en aplicaciones urbanas. (Flego y García, 2017).

El modo rastreo es el preferido a la hora de trabajar con imágenes digitalizadas, datos remotos y análisis estadístico. En este modo se almacenan los datos en celdas (o píxeles), determinados según una rejilla, generalizando así la localización de características a una matriz regular de celdas. (Flego y García, 2017).

9. Dosis variable de fertilizantes y densidad de siembra variable

Permite ajustar la dosis de insumos de acuerdo al mapa de aplicación realizado en un GIS. Requiere del uso de un GPS para conocer la ubicación del equipo en el lote. Una computadora integra la información del mapa de aplicación y del GPS, enviando la

información al controlador del equipo para variar la dosis recomendada sobre la marcha. (Flego y García, 2017).

10. Banderillero satelital

Es un sistema guiado por GPS usado para que el equipamiento siga una trayectoria determinada en el mapa de aplicación. Permite trabajar en líneas rectas o curvas. Orienta al operador para permanecer sobre una línea de aplicación predeterminada, a través de aviso sonoro e indicación en la pantalla. Se puede instalar en tractor, pulverizador o cosechadora. (Flego y García, 2017).

La importancia del banderillero satelital radica en que permite: aumentar el rendimiento de la maquinaria; reducir solapamientos y evitar dejar zonas sin trabajar en las pasadas sucesivas; aumentar la duración de la jornada permitiendo trabajar con precisión aún durante la noche; aplicar más racionalmente los productos químicos; y trabajar a velocidades más altas, cubriendo más superficie con menores costos. (Flego y García, 2017).

11. Software

Permite al agricultor controlar varios aspectos importantes de las operaciones de su explotación agrícola, desde su oficina. Permite administrar costos y hacer un seguimiento, asociados a variables como campos, cultivos, variedades, rendimientos, máquinas, fertilizantes y agroquímicos, entre otros. Es el programa para crear y manipular los mapas de rendimiento a partir de los datos recolectados por la cosechadora. (Flego y García, 2017).

Agricultura de precisión vs Agricultura tradicional

La agricultura tradicional consideraba a los campos agrícolas como homogéneos y la aplicación de insumos no incluía la variabilidad espacial y temporal de la producción [...] de modo que la agricultura de precisión es la aplicación de tecnologías y principios para el manejo de esa variabilidad espacial y temporal asociada a todos los aspectos de la producción agrícola con el propósito de mejorar la productividad del cultivo y la calidad ambiental. (Pierce y Nowak, 1999).

Con este enfoque, las ventajas de la agricultura de precisión sobre la tradicional son claras y contundentes debido a la posibilidad de utilizar los insumos de forma cada vez más criteriosa con dosis adecuadas y de acuerdo a la real necesidad del cultivo. Este

manejo del ambiente permite la aplicación de insumos solo en las áreas en las que resulta necesario y en donde la respuesta de esta intervención tendrá un claro beneficio económico. (Magdalena, C., 2014).

Se identifica además una ventaja sobre la sostenibilidad ambiental de la producción, ya que se evita la aplicación de insumos en general y de agroquímicos en particular en las áreas en que no son necesarios o se requieren en cantidades inferiores. Esto permite una disminución del impacto sobre el medio ambiente y una significativa reducción de los recursos energéticos, lo que seguramente aportará a la mitigación del cambio climático global. (Magdalena, C., 2014).

Agricultura de precisión en Argentina

Argentina comenzó a principios de 1996 en el INTA Manfredi, Córdoba, con el lanzamiento de lo que hoy es el Proyecto Nacional de Agricultura de Precisión. Este proyecto alcanzó nivel nacional en 1999, y actualmente incluye cinco estaciones experimentales ubicadas en cuatro provincias (Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos), con la coordinación en la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, Córdoba. (Flego y García, 2017).

La Agricultura de Precisión en Argentina ya trascendió los límites del proyecto integrado específico del INTA con sede en Manfredi, para ser considerado como herramienta común por los productores de avanzada de AAPRESID y fundamentalmente por los de AACREA, quienes además de los usos antes mencionados, utilizan la teledetección como relevamiento de producción de forraje (500.000 ha.), o bien, diferenciar zonas de homogeneidad de producción, como base de muestreo y análisis dirigido de suelo (segregación por ambientes productivos). (Bragachini, M., et al., 2004)

En Argentina, [...] durante el año 1995 de la mano del INTA Manfredi con la ayuda de la empresa D&E y Tecnocampo se realizó el primer mapa de rendimiento de un lote de Maíz en Monte Cristo, cercano a la ciudad de Córdoba. El interés y la adopción de la Agricultura de Precisión, se ve cada día más firme en Argentina; tanto es así, que la adopción siguió creciendo, aún en plena crisis de la venta de maquinaria (1999 – 2002). (Bragachini, M., et al., 2004)

Actualmente existen en el mercado activo de cosechadoras, 22.300 máquinas, de las cuales, ya 1.800 cuentan con monitor de rendimiento, y de ellas, unas 1.500 poseen

asistencia de GPS, o sea, que del total del área cosechable anualmente en Argentina (28 millones de hectáreas) se estima que se podrían mapear 2 millones de ha. (7.15%), lo que no es poco, teniendo en cuenta que lo que se mapea fundamentalmente son ensayos que generan datos sobre manejo de insumos según ambientes, que luego son extrapolados a muchas otras hectáreas. (Bragachini, M., et al., 2004)

Aplicación de insumos variables durante la siembra. Argentina posee ya sus propios equipos desarrollados en el país con buenas prestaciones que colocados en cualquier sembradora / fertilizadora puede hacer dosis variable siguiendo prescripciones geoposicionadas. Al menos 5 empresas ya cuentan con desarrollos avanzados, entre ellos Verion / Agrometal, Abelardo Cuffia, Di Rocco / VHB, D&E / Yomel, otros. (Bragachini, M., et al., 2004)

El INTA Manfredi cuenta con varios ensayos publicados en su página web, que demuestran que la técnica puede ser rentable tanto en Maíz como en Soja, variando la densidad y la dosis del fertilizante según ambientes en lotes de una amplia y conocida variabilidad en Maíz, y en las mismas situaciones en Soja. (Bragachini, M., et al., 2004).

JUSTIFICACIÓN

Habiendo analizado y desarrollado los contenidos expuestos en el apartado anterior, se deja en evidencia que la empresa está de algún modo desaprovechando la posibilidad de incorporar una mejora tecnológica en sus procesos que repercutirá significativamente en la calidad de sus productos, la eficiencia en la utilización de maquinaria e insumos (agroquímicos, semillas, combustible, tiempo operativo), el máximo aprovechamiento productivo de cada lote en particular y cada campo que explote en general, y en el impacto ambiental generado en sus actividades.

Es una empresa que cuenta con la trayectoria, el expertise, la ubicación geográfica y el acceso a todos los elementos ya mencionados que componen esta tecnología. Dar este paso supondría una evolución de procesos ya conocidos y un perfeccionamiento de los mismos, pero sobre la misma actividad que se viene y seguirá realizando.

Esto es importante mencionarlo ya que el riesgo de inversión y los recursos a destinar se reducen sensiblemente respecto de, por ejemplo, la posibilidad de incurrir en un mercado desconocido, una actividad distinta, etc.

Perspectiva económica

Observando los costos de producción de la empresa en los cultivos de soja y maíz, se puede determinar que las semillas, los agroquímicos y los fertilizantes han tenido históricamente un peso significativo en los números. Entre la campaña 2004/2005 y la campaña 2015/2016, se observa que para la soja, el costo de estos insumos promedió el 31.4% de los costos totales, y en el mismo periodo para el maíz, el promedio asciende a un 50.3% respecto de los costos totales.

Queda claro que cualquier factor que implique un movimiento a favor de la reducción en el uso de estos insumos, repercutirá de manera directa en la economía de la empresa, reduciendo el riesgo y acortando los tiempos de amortización de la inversión que requiera dicha incorporación.

Perspectiva ambiental

El compromiso con el medio ambiente también es una arista que abordar. Las empresas del sector primario tienen la obligación casi ética y moral de marcar la diferencia respecto a las demás en lo que a procesos sustentables se trata.

Una empresa agrícola literalmente vive del suelo, del medio ambiente, del ecosistema con el que intercambia esfuerzos. Cada empresa dentro de su marco de acción, de sus posibilidades económicas, debe incorporar algún factor a su actividad relacionado con el cuidado del medio ambiente, sea de forma directa o indirecta.

Incorporar agricultura de precisión, como ya se ha expuesto anteriormente, tiene un efecto muy significativo en el impacto ambiental generado por los procesos productivos. Con esta técnica se puede minimizar el impacto ambiental de la agricultura, reduciendo las cantidades de agroquímicos aplicadas sin que esto signifique reducir la producción, llegando a una agricultura más eficiente con menores costes de producción.

El logro de mayores rendimientos implica que es posible aumentar la producción sin necesidad de expandir el área agrícola, lo cual a su vez implica menos deforestación y agotamiento de los recursos naturales.

La reducción de las cantidades de fertilizantes y otros agroquímicos puede generar enormes beneficios en términos de reducciones de gases de efecto invernadero y menos contaminación de suelos y masas de agua por la escorrentía proveniente de los cultivos.

El uso más eficiente del combustible de la maquinaria también impacta positivamente en la contaminación y emisión de gases nocivos para la atmósfera.

En resumen de lo expuesto anteriormente, se llega a la conclusión que la actividad que realiza la empresa es una actividad donde el riesgo es muy alto y de diversa naturaleza, ya que principalmente son factores externos y de difícil previsión. La mejor alternativa entonces, es procurar elevar la eficiencia al máximo en aquellos aspectos sobre los que se tiene control, en este caso, los procesos de aplicación de fertilizantes y herbicidas, insumos que como ya se mencionó, cotizan en moneda extranjera y cuyo valor campaña tras campaña ha ido en aumento de manera sistemática, golpeando cada vez más fuerte en la columna de costos de la empresa.

Utilizar agricultura de precisión, particularmente aplicaciones selectivas, podría ser una solución aumentando la rentabilidad y mitigando el impacto ambiental de los procesos.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

A continuación, se procederá a explicar el plan sobre el cual se basa la propuesta de mejora en la empresa agrícola de Tercero Arriba, sus objetivos, alcances, recursos a utilizar, diagrama de tareas, viabilidad y parámetros de evaluación de desempeño.

Objetivo general

- Implementar un plan de mejora en la productividad, rentabilidad e impacto ambiental de la empresa agrícola del departamento de Tercero Arriba mediante la incorporación de dosificación variable de insumos en el control de malezas para la campaña de gruesa 2023/2024.

Objetivos específicos

- Elevar al máximo la eficiencia en el control de malezas mediante la aplicación selectiva de agroquímicos para combatirla.
- Incorporar una tecnología innovadora que permita sentar las bases para una potencial evolución en aplicación de AP en los procesos de siembra y cosecha, adquiriendo los recursos tecnológicos y el capital humano necesario.
- Establecer cuáles serán los indicadores de seguimiento que darán cuenta de la viabilidad o no de esta propuesta.

Alcance de la propuesta

- Alcance temporal: La propuesta está diseñada para comenzar el día 01 de Julio de 2023 (luego de finalizada la campaña 2022/2023) y se extenderá hasta el fin de la campaña 2024/2025, a más tardar el último día del mes de junio de 2025. Se toman dos campañas enteras para evitar errores en los cálculos por inexperiencia de proceso en la primera campaña.
- Alcance tecnológico: El fundamento y la base de la propuesta será la utilización de tecnologías de aplicación selectiva de insumos con el foco puesto en la reducción en el uso de agroquímicos. Dependiendo de los resultados productivos y económicos se recomienda, como segunda etapa, estudiar la posibilidad de extender las tecnologías incorporando

herramientas de monitoreo de siembra y cosecha, con más foco en la maximización de rindes.

- Alcance geográfico: La empresa realiza sus planteos productivos en el Departamento Tercero Arriba de la provincia de Córdoba, más precisamente entre las localidades de Hernando y Pampayasta Sud. Este radio de influencia será el considerado para la propuesta.

Recursos a utilizar e incorporar

- Financieros: No será necesario, al menos en la primera etapa, tomar deuda para la adquisición de los recursos ya que la empresa cuenta con un presupuesto anual de USD 1.100.000, lo cual será más que suficiente.
- Recursos físicos: Para el tractor, deberá incorporarse una consola o pantalla de guiado (Pantalla Trimble GFX 750); un sistema de dirección (Trimble EZ-Pilot Pro); y una controladora de guiado (Trimble NAV-500). Para la pulverizadora de arrastre, se deberá adquirir un sistema de aplicación variable (Trimble Weedseeker 2). Cabe aclarar que tanto el tractor como la pulverizadora de arrastre forman parte de la maquinaria propia de la empresa. Otro dato a tener en cuenta es que la pantalla de guiado, el sistema de dirección y la controladora de guiado pueden adaptarse a una amplia gama de maquinarias y labores, en el supuesto de querer incorporar agricultura de precisión en siembra y cosecha en el futuro. Debe añadirse la contratación de un servicio corrector de señal GPS que aumenta la precisión corrigiendo o ajustando la señal original.



Fig 12. Pantalla Trimble GFX-750, sistema Weedseeker 2, EZ-Pilot Pro y NAV-500.

Fuente: Trimble

- Recursos humanos: Se deberá capacitar en tecnologías de agricultura de precisión al encargado de mantenimiento de los

campos, e incorporar en sus tareas las labores de fumigación, dejando las labores de siembra y cosecha aún bajo responsabilidad del contratista. Esto supondrá una inversión monetaria y en tiempo de maduración para el personal hasta que se adecúe de manera correcta. También hay que considerar la inversión en el aumento de sueldo del encargado a raíz de sus nuevas tareas y responsabilidades. Se contempla también la posibilidad de contratar un peón para que lo asista en tareas de mantenimiento y cuidado en las épocas en que el encargado deba ocuparse de la fumigación.

Viabilidades

Muchas son las variables que pueden y deben cuantificarse en la preparación del proyecto. Solo la simulación precisa de cómo operaría una vez puesto en marcha permitirá determinar las consecuencias económicas que del proyecto se deriven. (Sapag Chain, N., 2014).

Los estudios particulares que deberán realizarse para disponer de toda la información relevante para la evaluación son [...]: técnico, organizacional-administrativo, legal, financiero y ambiental. (Sapag Chain, N., 2014).

1. Viabilidad técnica: Dado que la marca Trimble es de las más prestigiosas a nivel mundial en agricultura de precisión, será la elegida para la provisión del equipo necesario detallado anteriormente. Además, en la localidad de Marcos Juárez, pcia. de Córdoba hay un representante oficial donde no solo se puede adquirir la maquinaria sino también la instalación en la maquinaria, acceder a capacitación del personal y servicio técnico. Esto es importante ya que se encuentra en un radio muy cercano al centro operativo de la empresa.
2. Viabilidad organizacional/de gestión: El impacto en la organización que se detecta a priori con la incorporación de esta tecnología, es que el ingeniero agrónomo va a tener que transmitir las recetas de agroquímicos al encargado (ya no al contratista) y este deberá no solo interpretarla correctamente sino capacitarse en el cargado y manejo de la maquinaria involucrada (tractor + pulverizadora de arrastre + equipo de dosis variable).

La elección del encargado como personal a capacitar no es caprichosa, sino que se hizo en base a que es personal que está en la empresa y conoce el funcionamiento interno, y además los costos de capacitarlo siempre serán menores (y también los riesgos) que los de incorporar otro empleado externo. Solo se considerará esta última opción si el encargado no cumple con las expectativas puestas sobre él.

Respecto a la capacidad hora/hombre de los procesos de aplicaciones, se estima que por campaña la cantidad de aplicaciones es de entre 3 y 4, dependiendo del grado de necesidad de cada lote. Si se considera que la empresa realiza sus operaciones en 552 has “base” más los campos alquilados (que supondremos en 1000 has), deberá aplicar sobre una base de $((552+1000) \times 4) = 6208$ has.

Suponiendo una capacidad de carga del tanque de 3750 lts y un ancho del cabezal de 15 mts, utilizando una sembradora de arrastre con tecnología Weedseeker, se estima que se puede cubrir una superficie de aproximadamente 39 has/hora. (Picchioni, M., mayo 2019).

Considerando una jornada laboral de 8 hs diarias, podría fumigar 312 has/día, y completar el total de las labores de fumigación en 5 días de trabajo por aplicación. Si se estiman 4 fumigaciones por campaña, queda claro que un solo empleado podrá cumplir ampliamente con las labores necesarias ya que estas tomarán alrededor de 20 días de trabajo por campaña.

3. Viabilidad legal: Un aspecto de especial importancia en la actividad agropecuaria es el marco legal que regula sus procesos. Cualquier acto que incumpliera la reglamentación vigente podría acarrear desde severas multas hasta inhabilitaciones. En ese contexto, es que la Ley N° 9164 de la Provincia de Córdoba *“establece los principios básicos para la protección de la salud humana, de los recursos naturales, de la producción agropecuaria y del patrimonio de terceros, a fin de prevenir los daños que pudieran ocasionarse por los usos contrarios o indebidos de dichos productos, asegurando la preservación de la calidad de los alimentos y de las materias primas de origen vegetal, su trazabilidad y la de los productos mencionados, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la disminución del impacto ambiental que estos generan”*. (Gobierno de la Provincia de Córdoba, junio de 2004).

Si bien la ley fue diseñada para abarcar todos los aspectos potenciales en que se involucre el uso de agroquímicos, a efectos del análisis

requerido se hará hincapié en los siguientes enunciados que en ella se mencionan:

- Artículo 15.- QUEDA prohibida la aplicación de productos químicos o biológicos de uso agropecuario cuyo empleo no esté permitido por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (S.E.N.A.S.A.).
- Artículo 27.- [...] se considera Aplicador a toda persona física o jurídica, pública o privada, que aplique o libere al ambiente, productos químicos o biológicos de uso agropecuario. Es el único responsable de la técnica de aplicación.
- Artículo 28.- TODO Aplicador que causare daños a terceros por imprudencia, negligencia, impericia o por dolo, se hará pasible de las sanciones que establezca la presente Ley, sin perjuicio de las acciones judiciales a las que hubiere lugar.
- Artículo 29.- EL Aplicador es el único responsable de la técnica de triple lavado de los envases de productos químicos o biológicos de uso agropecuario o del tratamiento alternativo de descontaminación, que en el futuro recomendaren el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (S.E.N.A.S.A) y/o el Organismo de Aplicación.
- Artículo 32.- LOS aplicadores aéreos o terrestres que apliquen productos químicos o biológicos de uso agropecuario deben: a) Respetar lo indicado en la Receta Fitosanitaria que avale cada comisión de trabajo de aplicación, en todo lo referente a productos y dosis, quedando a su criterio y bajo su responsabilidad la adecuación de la técnica de aplicación a las condiciones climáticas presentes en el momento de realizar el trabajo; b) Constituir domicilio legal en la Provincia de Córdoba; c) Cumplir con las normas de seguridad vigentes en cuanto al empleo de productos químicos o biológicos de uso agropecuario, debiendo contar con los elementos de protección personal correspondientes; d) Aprobar un curso teórico-práctico referido al uso seguro y eficaz de dichos productos, dictado anualmente por el Organismo de Aplicación y/o

por entidades profesionales o universitarias que hubieren formalizado convenios de capacitación con dicho Organismo. [...]; e) Los aplicadores terrestres, así como los operarios de carga, descarga y limpieza de máquinas de aplicación terrestre o aérea, deben realizarse los estudios toxicológicos que fije la reglamentación, y f) En caso de aplicación de productos incluidos en las clases toxicológicas Ia y Ib, archivar la Receta Fitosanitaria por un plazo de dos (2) años contados de la fecha de aplicación.

- Artículo 38.- QUEDA prohibida la tenencia y aplicación de productos químicos o biológicos de uso agropecuario, no autorizados o prohibidos o contenidos en envases no autorizados por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (S.E.N.A.S.A.), salvo en los casos expresamente autorizados por la reglamentación. También se prohíbe la aplicación de productos vencidos o con marbetes ilegibles. Dichos productos deben ser dispuestos como lo establezca la reglamentación.
- Artículo 39.- ASESOR Fitosanitario será todo Ingeniero Agrónomo con título universitario habilitante para el manejo y prescripción de productos químicos o biológicos de uso agropecuario. [...].
- Artículo 41.- SE considera Usuario Responsable a toda persona física o jurídica que explote, en forma total o parcial, un cultivo con independencia del régimen de tenencia de la tierra. Es todo aquel que se beneficia con el empleo de un producto químico o biológico de uso agropecuario.
- Artículo 43.- TODOS los Usuarios Responsables están obligados a: a) Efectuar un empleo de los productos químicos o biológicos de uso agropecuario acorde con las prescripciones de esta Ley; b) Responsabilizarse civilmente por los eventuales daños que esta actividad genere; c) Requerir que la maquinaria de aplicación, tanto aérea como terrestre, esté debidamente registrada ante el Organismo de Aplicación de la presente Ley; d) Requerir que el profesional agronómico firmante de la Receta Fitosanitaria, esté

debidamente autorizado como Asesor Fitosanitario según lo estipulado en el Artículo 13 de la presente Ley; e) Permitir el acceso de Agentes del Organismo de Aplicación de la presente Ley, a los predios o instalaciones donde se utilicen o manipulen productos químicos o biológicos de uso agropecuario. [...], y f) Archivar los Remitos y Recetas Fitosanitarias de los productos que utilice, por un mínimo de dos (2) años, de forma tal que dichos documentos satisfagan adecuadamente el objetivo de trazabilidad de esta Ley y permita una adecuada auditoría por parte del Organismo de Aplicación.

- Artículo 45.- EL Asesor Fitosanitario es el responsable de lo prescrito en la Receta Fitosanitaria. De igual manera, el Usuario Responsable lo es de la veracidad de los datos que suministre al Asesor Fitosanitario, sobre todo en lo referente a cultivos vecinos susceptibles. Ambos deben responder, en la medida de su responsabilidad, por los daños que pudieran producirse por el tratamiento indicado en la Receta Fitosanitaria.
- Artículo 46.- LA Receta Fitosanitaria debe contener como mínimo los siguientes puntos: a) Nombre completo, dirección y número de matrícula del Asesor Fitosanitario que la expide; b) Nombre completo o razón social y domicilio del Usuario Responsable; c) Denominación comercial o principio activo del o de los productos químicos o biológicos de uso agropecuario; d) Concentración de dicho producto (en el caso que se justifique); e) Dosis de uso; f) Recomendaciones especiales respecto a técnicas particulares de aplicación, de ser necesario por el tipo de plaga y/o cultivo, y última fecha de aplicación por carencia; g) Croquis de ubicación del lote a tratar; h) Cuando en los lotes a tratar con productos químicos o biológicos de uso agropecuario o en sus cercanías hubiere cultivos susceptibles al o a los productos a utilizarse, cursos de agua, embalses utilizados como fuentes de abastecimiento de agua, abrevaderos naturales de ganado, áreas naturales protegidas o reservas forestales creadas en virtud de leyes vigentes y todo lo que pudiera verse afectado por la aplicación,

debe hacerse expresa mención de su ubicación a los fines de tomar las medidas de precaución necesarias, e i) Lugar, fecha, firma hológrafa y sello aclaratorio del Asesor Fitosanitario que la expide. (Gobierno de la Provincia de Córdoba, junio de 2004).

4. Viabilidad económico-financiera: Los costos a afrontar para llevar a cabo la propuesta vienen dados principalmente por: adquisición del equipo previamente detallado y canon por el servicio de corrección de señal GPS. Los costos de “tareas extra” del empleado se cancelan ya que se podría acordar que mantenga su sueldo de encargado y cobraría también por ejecutar las labores de fumigación, a modo de “contratista interno”. De igual modo, los costos de capacitación en la empresa “D&E AgTech” están incluidos con la compra de los equipos. Cabe la aclaración que los valores expresados en dólares deben convertirse a pesos según la cotización vendedora del Banco Nación, la cual al día de realización del presente informe es de U\$S 1 = \$ 159.50

Pasando en limpio, los costos a afrontar vienen dados por: Consola Trimble GFX-750 + piloto automático Trimble EZ-Pilot Pro (U\$S 13.500), sistema de guiado Trimble NAV-500 (U\$4.500), sistema de aplicación selectiva Weedsdecker 2 (U\$ 5.950/metro de cabezal → U\$ 148.750). Total equipos aplicación selectiva: U\$ 166.750.

Respecto al servicio de corrección de señal GPS, se optará por un servicio RTK que tiene un costo de instalación y suscripción de U\$ 2.000/año.

5. Viabilidad ambiental: La aplicación de esta tecnología permitirá aplicar entre un 50 y un 90% menos de agroquímicos, por lo que va a tener un aspecto muy positivo para el ambiente, ya que vamos a disminuir los residuos que quedan en la tierra y contaminan las napas de agua, así como los que se volatilizan y contaminan el aire, sobre todo en lotes cercanos a las poblaciones. A su vez también vamos a disminuir el uso de los envases en donde vienen los productos que si no son bien tratados también son una gran fuente de contaminación. (Info Campo, 2017).

Como ejemplo, se muestra una tabla elaborada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en su “*guía para uso de plaguicidas*” (2012), donde se describe el volumen de distintos productos aplicado sobre el objetivo y lo que queda en el ambiente para una eficiencia de aplicación del 60%.

Producto	Dosis (L/ha)	Al objetivo (L/ha)	Al ambiente (L/ha)
Glifosato	2,5	1,5	1
2,4 D	0,500	0,300	0,200
Cipermetrina	0,250	0,150	0,100

Fig 13. Volumen de distintos productos aplicado sobre el objetivo y el ambiente para una eficiencia de aplicación del 60%. Fuente: INTA (2012).

Luego del análisis de viabilidades y con el objetivo de llevar a cabo un control económico, se deben establecer ciertos parámetros, a saber:

- VAN (Valor Actual Neto): El valor actual neto (VAN) plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. El VAN como criterio representa una medida de valor o riqueza, es decir, al calcular un VAN se busca determinar cuánto valor o desvalor generaría un proyecto para una compañía o inversionista en el caso de ser aceptado. (Sapag Chain, N., 2014)
- TIR (Tasa Interna de Retorno): El criterio de la tasa interna de retorno evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. [...] este criterio es equivalente a hacer el VAN igual a cero y determinar la tasa que le permite al flujo actualizado ser cero. La tasa así calculada se compara con el costo de capital utilizado por la empresa o inversionista para el descuento de los flujos proyectados. Si la TIR es igual o mayor que esta, el proyecto debe aceptarse; si es menor, debe rechazarse. (Sapag Chain, N., 2014)
- PR (Periodo de Recupero): también conocido como payback, mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptables por la empresa. (Sapag Chain, N., 2014)

Medición del proyecto

Para determinar si la inversión que previamente se detalló tendrá resultados positivos en las próximas campañas, se procederá a comparar los gastos de producción (específicamente los asociados a la aplicación de agroquímicos) de las últimas campañas con los potenciales gastos de las campañas 2023/2024 y 2024/2025.

El fundamento principal de la propuesta es la reducción de costos por la disminución en la cantidad de agroquímicos aplicados, la cual se estima entre el 50 y el 90%.

A continuación, el plan de implementación se graficará en un diagrama de Gantt, donde se detallan las tareas y los periodos de tiempo asociados a cada una.

EVALUACIÓN PROYECTO DE APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE APLICACIONES SELECTIVAS EN EMPRESA AGRÍCOLA DE TERCERO ARRIBA																										
Tarea	Inicio	Fin	2023						2024						2025											
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Determinación de cantidades de agroquímicos utilizados en campaña 2022/2023	1/7/2023	8/7/2023	█																							
Presentación de proyecto a los socios.	8/7/2023	15/7/2023	█																							
Análisis de viabilidades y espera de aprobación	16/7/2023	31/7/2023	█																							
Adquisición de equipos e instalación	1/8/2023	1/10/2023		█	█																					
Capacitación del empleado y obtención de licencia para aplicar agroquímicos	1/8/2023	1/10/2023		█	█																					
Prácticas con la nueva tecnología y comienzo de pruebas en lotes para campaña 2023/2024	1/10/2023	1/11/2023				█																				
Aplicaciones selectivas para campaña 2023/2024	1/11/2023	1/3/2024					█	█	█	█																
Control y medición campaña 1 (2023/2024)	1/3/2024	1/4/2024								█																
Preparación de lotes para campaña 2024/2025	1/4/2024	31/10/2024									█	█	█	█	█	█	█	█	█	█						
Aplicaciones selectivas para campaña 2024/2025	1/11/2024	1/3/2025															█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Control y medición campaña 2 (2024/2025)	1/3/2025	30/6/2025																					█	█	█	█
Evaluación final del proyecto	1/6/2025	30/6/2025																							█	█

Fig 14. Diagrama de Gantt para evaluación de proyecto de aplicaciones selectivas. Fuente: Elaboración propia.

La implementación del plan comenzará el 01 de julio de 2023, cuando haya finalizado la cosecha de la campaña anterior. Con los datos recabados de la campaña que finalizó, se presentará el proyecto a los 4 socios haciendo hincapié en el peso del costo de los agroquímicos y la importancia de incorporar alguna tecnología que contribuya a elevar la eficiencia en el uso de los mismos con el doble objetivo económico y ambiental.

Para poder lograr la aprobación del proyecto, se estudiaron las viabilidades y se transmitió a los socios que el proyecto puede ser llevado a cabo con previsiones optimistas derivadas de los mencionados análisis de viabilidad.

Una vez aprobado el proyecto y el uso de los fondos, se contacta a la empresa proveedora, D&E AgTech, con sede en la localidad de Monte Caseros, provincia de Córdoba, para encargar el envío de los insumos adquiridos y la instalación de los mismos en el tractor y la pulverizadora de la empresa. Simultáneamente a la adquisición de insumos, comienza la capacitación del encargado en manejo de tecnologías de agricultura de precisión y aplicaciones selectivas, así como los cursos para obtener las certificaciones obligatorias para poder realizar las labores de manera legal.

Durante el mes previo al comienzo de la siembra de la campaña 2023/2024, el encargado y ahora aplicador, realiza las primeras prácticas con los implementos instalados, acompañado de personal de D&E AgTech y el ingeniero agrónomo para

familiarizarse con el uso de la tecnología y con la preparación de las recetas de agroquímicos y el manejo de los envases.

Una vez finalizada la práctica, el aplicador comienza a trabajar sobre los barbechos para la siembra y, posterior a esta, realiza las aplicaciones necesarias según las indicaciones del ingeniero en los lotes que se le indiquen durante toda la campaña hasta su finalización, aproximadamente el 01 de marzo de 2024.

Finalizada la primera campaña con tecnología de aplicación selectiva, se realiza la medición de cantidades de uso de agroquímicos respecto de la campaña anterior para evaluar si hubo una disminución, estimar ese beneficio en términos económicos y contrastar ese beneficio con el monto invertido.

Desde el día 01 de abril de 2024 se comienzan a preparar los barbechos para la campaña 2024/2025 y se reinicia el ciclo productivo. Los resultados a medir de este ciclo son importantes porque tiene menos margen de error que el ciclo anterior (por ser una tecnología recién incorporada) y los cálculos se pueden estimar sobre un desempeño más cercano al normal que se hará en el futuro, obteniendo datos de mejor calidad.

Al finalizar la campaña 2024/2025, se puede recabar toda la información obtenida de las dos primeras campañas con utilización de aplicaciones selectivas y elaborar un informe concluyente sobre el desempeño de esta tecnología en la empresa y más importante aún, los resultados económicos y ambientales obtenidos. Poder obtener un beneficio económico y la reducción del impacto ambiental van de la mano con los objetivos de la empresa, que son *“la explotación agrícola sobre campos de terceros buscando la mayor rentabilidad económica bajo un escenario de sustentabilidad agronómica, con crecimiento permanente.”*

Retorno de inversión de la propuesta

Para realizar los cálculos de esta propuesta, primero hay que tener en cuenta dos datos importantes: entre las campañas 2007/2008 y 2017/2018 los gastos en agroquímicos representaron en promedio un 15.16% de los costos totales de producción, y el costo de agroquímicos por hectárea sembrada promedió U\$S 95.59 / ha.

Además, en la campaña 2017/2018 se utilizaron 10.696,7 lts de agroquímicos distribuidos entre los cultivos de soja, maíz y maní, sobre un total de 980 has sembradas, lo que da un promedio de 10.91 lts de agroquímicos por ha.

Tendremos en cuenta que el monto de inversión de esta tecnología fue de U\$170.750 y utilizaremos un supuesto de ahorro de agroquímicos del 70%. La superficie de trabajo de la campaña 2023/2024 se supuso en 1.552 has y para la campaña 2024/2025 se supondrá la misma superficie.

Con la reducción del 70% en el uso de agroquímicos, se estima una cantidad de 3.273 lts/ha de agroquímicos, que en términos monetarios serían U\$ 28.67/ha de costo de agroquímicos. Un ahorro de U\$ 66.91 /ha tan solo en la disminución de uso de insumos. En total y sobre una superficie de 1.552 has, se puede estimar un beneficio aproximado de $(66.91 \times 1.552) = \text{U\$ } 103.848$ en la primer campaña, solo teniendo en cuenta los costos de uso de agroquímicos. También deben incluirse en el análisis los costos variables, como ser el combustible, estimado en aprox 1.2 lts/ha, traspelado a 2 aplicaciones promedio por campaña, arroja un gasto de combustible de 3724.8 lts de gas oil de U\$ 3.402,70. El gasto de mano de obra se calcula en aproximadamente U\$ 2.500 por campaña y gastos de mantenimiento un aproximado de U\$ 500 por campaña. El único gasto fijo que se tiene en cuenta es el seguro de la máquina, estimado en U\$ 3.000.

Con todos estos datos se procede a calcular el flujo de caja, el VAN y la TIR:

Periodo/Campaña	0	2023/2024	2024/2025
Ingresos		\$ 103.848,00	\$ 103.848,00
Gastos fijos		-\$ 3.000,00	-\$ 3.000,00
Gastos variables		-\$ 6.402,70	-\$ 6.402,70
Inversion	-\$ 170.750,00	\$ -	\$ -
Saldo	-\$ 170.750,00	\$ 94.445,30	\$ 94.445,30
Costo de capital	5%		
VAN	\$ 4.862,58		
TIR	7%		

Fig 15. Flujo de caja, VAN y TIR. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos aportados por la tabla y tomando como referencia un costo de capital del 5% se puede visualizar que el cálculo del VAN arroja un resultado en un periodo de 2 años de una ganancia total de U\$ 4.862 y una TIR del 7%. Esto se interpreta en que el proyecto recuperara la inversión a partir de la segunda campaña y además tendrá

una rentabilidad en un periodo de 2 años del 7%. Se podría considerar entonces como un proyecto económicamente viable para la empresa.

También resulta interesante observar una comparativa entre las utilidades potenciales para las próximas campañas con y sin aplicación de tecnologías de agricultura de precisión. Para ello vamos a tener en cuenta ciertos datos de suma importancia, obtenidos entre las campañas 2007/2008 y 2017/2018.

- Aumento interanual promedio de costos totales de producción: **17.6%**
- Aumento interanual promedio de costo de agroquímicos: **23%**
- Promedio total del peso de costos de producción en utilidad bruta: **58%**
- Promedio total del peso de costo en agroquímicos en utilidad bruta: **26.29%**

Ahora bien, consideremos que la utilidad bruta resulta de restar a las ventas totales del ejercicio los gastos de comercialización y los costos de producción. Para comparar un período con y sin aplicación selectiva, solo hay que evaluar los parámetros antes citados manteniendo constantes todos los factores a excepción claro está del costo en agroquímicos, que se verá reducido en un 70%. También se consideran constantes los gastos de estructura. Entonces:

$$\begin{aligned}
 \text{Utilidad bruta} &= (\text{Ventas de granos}) - \text{Gastos de comercialización} - \text{Costos de producción} \\
 \text{Costos de producción} &= (\text{Costo de agroquímicos} + \text{Costos sin considerar agroquímicos}) \\
 \text{Utilidad bruta} &= \text{Ventas de granos} - \text{Gastos de comercialización} - (\text{Costo de agroquímicos} + \text{Costos sin considerar agroquímicos}) \\
 \text{Utilidad bruta} &= \boxed{\text{Ventas de granos} - \text{Gastos de comercialización} - \text{Costos sin considerar agroquímicos}} - (\text{Costo de agroquímicos}) \\
 &\qquad\qquad\qquad \text{Constante=K} \\
 \text{Utilidad bruta} &= K - (\text{Costo de agroquímicos})
 \end{aligned}$$

Fig 16. Cálculo de utilidad bruta del ejercicio. Fuente: Elaboración propia

Más arriba se aportó el dato del promedio total del peso de costo en agroquímicos en utilidad bruta, el cual es de **26.29%**. Esto quiere decir que, en promedio, del 100% del monto calculado como utilidades brutas, casi el 30% corresponde a monto gastado en agroquímicos.

$$\begin{aligned} \text{Utilidad bruta} &= K - (\text{Costo de agroquímicos}) \\ \text{Utilidad bruta} &= K - (0.2629 \times \text{Ub}) \\ (1 + 0.2629) \times \text{Ub} &= K \\ 1.2629 \times \text{Ub} &= K \\ \text{Ub} &= K / (1.2629) \end{aligned}$$

Utilidad bruta con aplicación tradicional de agroquímicos

Fig 17. Coeficiente de utilidad bruta con aplicación tradicional de agroquímicos.

La ecuación precedentemente aportada da cuenta que, para la empresa agrícola de Tercero Arriba, la utilidad bruta está ligada al costo de aplicación de agroquímicos según un coeficiente que divide a K (parámetros considerados constantes a efectos de este cálculo). La importancia de obtener este coeficiente es que se puede hacer la comparación de la utilidad potencialmente obtenida en el ejercicio si redujéramos el costo en la utilización de agroquímicos.

Si consideramos una reducción del 70% en el uso de los mismos, y por ende una reducción de igual proporción en los gastos de agroquímicos, la relación entre el monto destinado a la compra de insumos con la utilidad bruta cambia de 26.29% a 10.22%

2017/18	2016/17	2015/16	2014/15	2013/14	2012/13	2011/12	2010/11	2009/10	2008/09	2007/08	Campaña
\$ 184.080,71	\$ 99.487,17	\$ 99.508,71	\$ 77.406,47	\$ 62.681,66	\$ 41.888,14	\$ 41.753,86	\$ 33.973,65	\$ 41.140,66	\$ 37.079,33	\$ 29.305,39	Costos agroquímicos 100%
\$ 55.224,21	\$ 29.846,15	\$ 29.852,61	\$ 23.221,94	\$ 18.804,50	\$ 12.566,44	\$ 12.526,16	\$ 10.192,10	\$ 12.342,20	\$ 11.123,80	\$ 8.791,62	Costos agroquímicos 30%
\$ 128.856,50	\$ 69.641,02	\$ 69.656,10	\$ 54.184,53	\$ 43.877,16	\$ 29.321,70	\$ 29.227,70	\$ 23.781,56	\$ 28.798,46	\$ 25.955,53	\$ 20.513,77	Ahorro en agroquímicos
\$ 117.764,04	\$ 321.883,79	\$ 381.972,21	\$ 242.037,37	\$ 211.752,47	\$ 226.803,87	\$ 303.728,09	\$ 191.059,14	\$ 227.837,55	\$ 238.626,25	\$ 181.449,08	Utilidad bruta con Aplicac Selectiva
\$ 11.092,46	\$ 252.242,77	\$ 312.316,12	\$ 187.852,84	\$ 167.875,31	\$ 197.482,17	\$ 274.500,39	\$ 167.277,58	\$ 199.039,09	\$ 212.670,72	\$ 160.935,30	Utilidad bruta sin Aplicac Selectiva
46,89	9,27	7,82	9,59	8,88	5,54	4,12	5,33	5,42	4,66	4,85	Peso de agroquímicos en Ub con AS

Fig 18. Comparativa utilidad bruta con y sin aplicación selectiva. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, solo resta comparar las ecuaciones con ambos coeficientes y se denota claramente cómo influye en las utilidades la posibilidad de reducir la cantidad de agroquímicos utilizados.

$$\begin{aligned} \text{Ub} &= K / (1.2629) && \text{Utilidad bruta con aplicación tradicional de agroquímicos} \\ \text{Ub} &= K / (1.1022) && \text{Utilidad bruta con aplicación selectiva de agroquímicos} \end{aligned}$$

Fig 19. Coeficiente de Ub con y sin aplicación selectiva

Finalmente, podemos concluir que las utilidades de un ejercicio pueden verse aumentadas sensiblemente si se reduce la cantidad de uso de agroquímicos ya que el coeficiente que relaciona ambas magnitudes se encuentra en el denominador de valores considerados constantes para el cálculo. Matemáticamente, la forma de aumentar U_b es reduciendo dicho denominador y por ende el monto a invertir en agroquímicos.

Una aclaración importante es que los coeficientes que se utilizaron fueron calculados a partir de datos financieros aportados por la empresa y que resultaron del cálculo de variables productivas en una serie temporal, por lo cual son válidos exclusivamente en este contexto y para esta empresa, NO deben tomarse como constantes matemáticas, sino que su utilización tiene como objetivo graficar numéricamente el impacto en una variable de la modificación de otra.

CONCLUSIÓN

En el presente Trabajo Final de Grado bajo la modalidad reporte de caso de la carrera de Licenciatura en Administración Agraria de la Universidad Siglo 21, se ha propuesto otorgar a la Empresa Agrícola de Tercero Arriba las herramientas para la implementación de un plan de mejoras en la rentabilidad e impacto ambiental mediante la tecnología de aplicación selectiva de agroquímicos.

Esta tecnología, además de resultar mucho más ventajosa en términos económicos que la aplicación tradicional, también se alinea con los objetivos de la empresa: *“la explotación agrícola sobre campos de terceros buscando la mayor rentabilidad económica bajo un escenario de sustentabilidad agronómica, con crecimiento permanente.”*

Este plan de mejoras impactará de manera muy positiva en la economía de la empresa, ya que le permitirá mitigar riesgos económicos al disminuir de manera significativa la utilización de insumos dolarizados y con costos de adquisición sostenidamente crecientes a lo largo de las campañas, generando un alza en las utilidades por la baja en los costos de producción.

Esta reducción de costos proveerá a la empresa de una ventaja estratégica respecto de la competencia ya que podrá producir a la par de sus competidores con costos más bajos y lograr márgenes más amplios, lo cual podría ser de gran importancia a la hora de negociar un arrendamiento por ejemplo (mayor holgura económica podría permitirle abonar arrendamientos por encima de la competencia y conseguir más campos para producir, ampliando su área de acción).

El otro factor enormemente afectado por la implementación de estas tecnologías es el impacto ambiental que generan los procesos productivos de la actividad. Ya se ha mencionado la obligación casi ética que tienen las compañías que viven directamente de los frutos de la tierra de incorporar directa o indirectamente factores a la producción que ayuden a mitigar los efectos negativos de sus procesos. Una potencial reducción del 70% en el uso de agroquímicos genera una diferencia gigantesca en términos ambientales que la empresa debe tener en cuenta a la hora de considerar la inversión.

Desde la disciplina de la Administración Agraria, nos es menester proveer a la empresa de las técnicas y conocimientos adquiridos en pos de ofrecerle un plan que le

permita, dentro de las posibilidades y realidad en que se encuentra, poder expandirse y seguir creciendo de manera continua y sostenible. Ello podrá lograrse si se gestiona una correcta administración de los recursos y factores que conforman la empresa y si se mantiene siempre alineada con su misión, visión y objetivos.

Como profesionales del sector, debemos incorporar el factor ambiental a cada propuesta de manera standard. El mundo avanza hacia una economía sustentable, hacia producciones amigables con el medio ambiente y el cuidado de los ecosistemas. Las técnicas que se han desarrollado van teniendo paulatinamente el acompañamiento de regulaciones y compromisos a nivel mundial, que tiene como referencia indiscutible a “La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” de la Organización de las Naciones Unidas (O.N.U.).

La Agenda 2030 cuenta con 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Estos van desde la erradicación de la pobreza hasta el combate al cambio climático. También incluyen a la educación, la igualdad de género y el diseño de nuestras ciudades. (El Destape Web, Septiembre 2021).

El mundo se dirige a producciones más amigables con el medio ambiente y el cuidado de los ecosistemas. La “Variable Ambiental” ya no es opcional y menos aún en planteos productivos que, directa o indirectamente, giran en torno a los frutos de la tierra. Las empresas agropecuarias deben llevar la bandera de la sustentabilidad, casi como un compromiso moral con el medio ambiente del que obtienen sus resultados.

El impacto en la comunidad de adoptar procesos productivos amigables con el planeta podría resultar enormemente positivo en el futuro. En un país en el que el campo es parte de nuestra cultura, que hay generaciones enteras de familias que trabajan la tierra, comunidades y poblados que se forman alrededor de la actividad rural, podría ser vital enseñar a las nuevas generaciones que se puede producir “mejor”, que existen técnicas, herramientas y procesos que sin lesionar el resultado económico (y muchas veces mejorándolo) pueden permitir una producción más responsable y generar el beneficio ambiental necesario para poder seguir produciendo de manera sostenida en el futuro.

Un profesional de la Administración Agraria debe brindar un asesoramiento alineado con el contexto mundial y velar por los recursos disponibles en pos de la eficiencia y el crecimiento de su empresa, y la mejor manera de llevar a cabo nuestra profesión es poniendo en primer lugar al recurso más importante: EL PLANETA.

RECOMENDACIONES PROFESIONALES

Esta sección del reporte tiene como finalidad hacer mención de dos aspectos que se considera pueden ser muy beneficiosos para la empresa en el futuro pero que no fueron desarrollados: por un lado, una segunda etapa de incorporación de tecnologías de agricultura de precisión con la posibilidad de extender las tecnologías incorporando herramientas de monitoreo de siembra y cosecha, con más foco en la maximización de rindes; y por el otro, la incorporación periódica de un estudio de impacto ambiental sobre las producciones.

La segunda etapa de incorporación de tecnología de agricultura de precisión, a incorporarse luego de la finalización del plan de aplicación selectiva, es recomendable realizarla una vez se esté más familiarizado con la tecnología involucrada, para evitar que una irrupción tecnológica tan abrupta en la empresa pueda generar retrasos en las capacitaciones y pérdida de eficiencia.

Además, adoptar esta tecnología requerirá montos de inversión en maquinaria significativamente mayores y una reestructuración en materia de Recursos Humanos en la empresa, por lo cual el análisis tendrá una complejidad mayor y mayores serán también los horizontes temporales de la propuesta. Como beneficio principal, se puede contar la optimización de rindes aprovechando a máxima eficiencia los insumos (semillas) utilizados y las potencialidades de cada lote, generando así un aumento en la productividad y ganancias de la empresa.

El segundo aspecto que se podría incorporar a los procesos es realizar periódicamente un estudio de impacto ambiental. “[...] *La evaluación de impacto ambiental es un instrumento de la política ambiental, cuyo objetivo es prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente*”. (Gobierno de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, agosto de 2018)

El objetivo de la evaluación del impacto ambiental es la sustentabilidad, pero para que un proyecto sea sustentable debe considerar además de la factibilidad económica y el beneficio social, el aprovechamiento razonable de los recursos naturales. (Gobierno de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, agosto de 2018).

Siendo una empresa cuyos objetivos están alineados con la sustentabilidad, sería interesante poder documentar ese compromiso mediante un estudio de impacto ambiental, ya que permitiría aprender mucho más sobre los efectos que tienen los procesos productivos en el medio ambiente y poder establecer planes de acción al respecto de estos.

REFERENCIAS

ABC Rural. (12 de julio de 2020). *En Córdoba, por cuarto año la cosecha de maíz le gana a la soja*. Recuperado el 8 de septiembre de 2022 de <https://elabcrural.com/por-cuarto-ano-la-cosecha-de-maiz-le-gana-a-la-soja-en-cordoba/>).

Agrospray Blog. (agosto de 2020). *Cuáles son las mejores épocas de siembra y cosecha en Argentina*. Recuperado el 9 de septiembre de 2022 de <https://agrospray.com.ar/blog/mejores-epocas-de-siembra-y-cosecha-en-argentina/>).

Ariño, Natalia. (9 de junio de 2022). *“Impuestos: en junio \$61,50 de cada \$100 producidos por el agro fueron para el Estado”*. Recuperado el 11 de septiembre de 2022 en <https://www.infobae.com/economia/campo/2022/06/09/impuestos-en-junio-6150-de-cada-100-producidos-por-el-agro-fueron-para-el-estado/>.

Bolsa de Cereales de la Provincia de Córdoba (<https://www.bccba.org.ar/>). (2022). Recuperado el 08 de septiembre de 2022 de <https://www.bccba.org.ar/home/dptos-informacion/estadisticas/>

Bolsa de Comercio de Rosario (<https://www.bcr.com.ar/es>). (2022). *Guía estratégica para el agro*. Recuperado el 08 de septiembre de 2022 <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea>)

Bongiovanni, R. et al. (2016). *AGRICULTURA DE PRECISIÓN: “Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable”*. Recuperado de <http://www.agriculturadeprecision.org/>

Bragachini, M., et al. (2004). *Proyecto Agricultura de Precisión EEA INTA Manfredi*. Recuperado el 01 de octubre de 2022 de <http://www.ciacabrera.com.ar/docs/JORNADA%2021/5-Trabajo%20Bragachini.pdf>

El Destape Web (2021). *“Agenda 2030: conocé los Objetivos de Desarrollo Sostenible”*. Recuperado de https://www.eldestapeweb.com/sociedad/cambio-climatico/agenda-2030-conoce-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-202192823560?utm_medium=search&utm_source=google&utm_campaign=DSA_EX_Cultura&gclid=CjwKCAjwoIqhBhAGEiwArXT7K0HmPqpzr8Z_g5wF5axYd0kvWCgC_yo2cGF8PMihBMWfAZWfBLgfBoCL94QAvD_BwE

F.A.O. (2004). *Agricultura mundial: hacia los años 2015-2030*. Recuperado el 01 de octubre de 2022 de <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#:~:text=La%20agricultura%20afecta%20tambi%C3%A9n%20a,procesos%20son%20dif%C3%ADciles%20de%20cuantificar>

Flego, Fernando y García, Emiliano. (2017). *Agricultura de precisión*. Universidad de Palermo. Recuperado el 07 de septiembre de 2022 de <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>.

Fundación Agropecuaria para el desarrollo de Argentina, F.A.D.A (20 de septiembre de 2022). Recuperado el 10 de septiembre de 2022 de nota periodística de diario Infobae (<https://www.infobae.com/>) “*Impuestos: en junio \$61,50 de cada \$100 producidos por el agro fueron para el Estado*” en <https://www.infobae.com/economia/campo/2022/06/09/impuestos-en-junio-6150-de-cada-100-producidos-por-el-agro-fueron-para-el-estado/>.

Gobierno de la Provincia de Córdoba (02 de junio de 2004). Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-9164-123456789-0abc-defg-461-9000ovorpyel/actualizacion>

Gobierno de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (13 de agosto de 2018). Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/definicion-y-objetivo-de-la-evaluacion-del-impacto-ambiental#:~:text=La%20evaluaci%C3%B3n%20de%20impacto%20ambiental,efectos%20negativos%20en%20el%20ambiente>.

González, Juan Bautista. *Ordenamiento de tierras para la producción por ambientes*. (15 de febrero de 2017). Universidad Nacional del Centro (UNICEN). Recuperado el 08 de septiembre de 2022 de: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1610/PPPI-GonzalezJuanBautista.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

InfoCampo. (2017). *Aseguran que con aplicaciones selectivas, se utiliza hasta un 90% menos de herbicidas*. Recuperado de <https://www.infocampo.com.ar/aseguran-que-con-aplicaciones-selectivas-se-utiliza-hasta-un-90-menos-de-herbicidas/>

Magdalena, Carlos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2014. *Manual de agricultura de precisión*. Recuperado el 01 de octubre de 2022 de <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/999435/1/Manualagricultura.pdf>

Miazzo, David. (9 de junio de 2022). “*Impuestos: en junio \$61,50 de cada \$100 producidos por el agro fueron para el Estado*”. Recuperado el 11 de septiembre de 2022 en <https://www.infobae.com/economia/campo/2022/06/09/impuestos-en-junio-6150-de-cada-100-producidos-por-el-agro-fueron-para-el-estado/>.

Picchioni, Martín. Facultad de agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. (mayo de 2019). “*Análisis de viabilidad para la incorporación de una máquina pulverizadora con sistema selectivo Weed Seeker en el prestador del servicio*”. Recuperado el 23 de octubre de 2022 de <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/0fe49c62-99f0-4efb-9e39-0f667349d0cd/content>

Pierce, F.J., Nowak, P. (1999). *ASPECTS OF PRECISION AGRICULTURE*. Recuperado el 01 de octubre de 2022 de <https://www.semanticscholar.org/paper/ASPECTS-OF-PRECISION-AGRICULTURE-Pierce-Nowak/e31e8a753a9bbd112d4c170c3b3f487a24632d56>

Raeburn, Alicia. *Análisis FODA: qué es y cómo usarlo (con ejemplos)*. (1 de julio de 2021). Recuperado el 09 de septiembre de 2022 de <https://asana.com/es/resources/swot-analysis>

Sapag Chain, Nassir. *Preparación y Evaluación de Proyectos*, (2014), 6ta edición. Editorial Mc Graw Hill. Página 53

SIGMA Electrónica. (2016). *Como interpretar una trama GPS*. Recuperado el 02 de octubre de 2020 de <https://www.sigmaelectronica.net/trama-gps/>

TRIMBLE® (2022). Recuperado de <https://agricultura.trimble.es/productos/>

Universidad Nacional de Córdoba. (1997). *Informe Departamental de Tercero Arriba*. Recuperado el 10 de septiembre de 2022 de <http://agro.unc.edu.ar/~administracion/Terarr97.doc>.

Valero, C. et al (2014). *Ahorro y eficiencia energética con agricultura de precisión*. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 01 de octubre de 2022 de

https://www.researchgate.net/publication/49911649_Ahorro_y_eficiencia_energetica_c_on_Agricultura_de_Precision/link/0fcfd50be684fc877e000000/download

Vencius, Miguel. (1 de mayo de 2022). *Suben hasta 2qq/ha los alquileres rurales por la escasez de tierras en zona núcleo*. Recuperado el 05 de septiembre de 2022 de <https://elabcrural.com/suben-hasta-2qq-ha-los-alquileres-rurales-por-la-escasez-de-tierras-en-zona-nucleo/>

VillamaríaYa. (21 de abril de 2022). *Bajo rinde de cosecha de soja en Tercero Arriba*. Recuperado el 10 de septiembre de 2022 de: <https://www.villamariaya.com/tercero-arriba/bajo-rinde-cosecha-soja-tercero-arriba-n57155>)