

**Universidad Siglo 21**  
**Licenciatura en Administración Agraria**  
**Trabajo Final de Grado**



**“Innovaciones productivas que aporten a la rentabilidad: incorporación de  
Agricultura de Precisión”**

**BARROTTO AGUSTÍN**

**DNI: 38.281.280**

**Legajo: AAG01180**

**2021**

## Resumen

En el presente trabajo final de graduación, se plantea en base al análisis de una empresa agrícola, cuya producción se realiza en la zona norte de Hernando y la zona sur de Pampayasta Sud, en el departamento Tercero Arriba, Provincia de Córdoba, Argentina, la incorporación de un paquete de innovación, como lo es la agricultura de precisión, centrados en la aplicación variable de insumos, particularmente asociado al cultivo de maíz (*Zea mays*).

Como resultado, se pudo demostrar que dicha incorporación no solo incrementaría la rentabilidad de la empresa en base al aumento del rendimiento del cultivo y a una disminución en los insumos utilizados, sino que además la tecnología implementada fortalecería el canal de información desde el campo (sector productivo), hacia la administración; y gracias a una mayor información, se podrán tomar mejores decisiones en cuanto a lo productivo, administrativo y financiero, logrando de esta forma una ventaja competitiva, la cual brinda a la empresa un plus frente a las amenazas externas e internas del sector agropecuario.

*Palabras claves:* Innovación – Agricultura de precisión – Dosis variable – Maíz- Ventaja competitiva.

## Abstract

In the present final graduation work, based on the analysis of an agricultural company, whose production is carried out in the northern area of Hernando and the southern area of Pampayasta Sud, in the Tercero Arriba department, Province of Córdoba, Argentina, the incorporation of an innovation package, such as precision agriculture, focused on the variable application of inputs, particularly associated with the cultivation of corn (*Zea mays*).

As a result, it could be shown that said incorporation would not only increase the profitability of the company based on the increase in crop yield and a decrease in the inputs used, but also that the technology implemented would strengthen the information channel from the field (productive sector), towards the administration; and thanks to more information, better decisions can be made in terms of production, administration and finance, thus achieving a competitive advantage, which gives the company a plus against external and internal threats from the agricultural sector.

*Keywords:* Innovation - Precision agriculture - Variable dose - Corn - Competitive advantage.

## Introducción

El presente trabajo final de grado perteneciente a la carrera de Licenciatura en Administración Agraria, se desarrollará en el marco de un reporte de caso, con el objetivo de implementar un paquete de mejoras en la producción mediante la adopción de ciertos métodos y tecnologías para el desarrollo de una agricultura de precisión para una empresa agrícola, la cual cuenta con una explotación “base” de 552 hectáreas pertenecientes a diferentes establecimientos, propiedad de tres de sus socios, ubicados en la zona norte de Hernando y la zona sur de Pampayasta Sud, en el departamento Tercero Arriba, Provincia de Córdoba, Argentina. Dicha empresa tiene como actividad principal la explotación agrícola primaria sobre los campos propios, como así también de campos de terceros, obtenidos por arrendamiento en la misma zona de influencia, en base a tres cultivos de gruesa principales, maíz (*Zea mays*), soja (*Glycine max*) y maní (*Arachis hypogaea*), y como cultivo de fina en ocasiones trigo (*Triticum spp*).

La empresa se crea en el año 2004, compuesta por 4 socios, tres hermanos dueños por herencia de la superficie de explotación base, los cuales viven en la Ciudad de Buenos Aires en donde cada uno ejerce su actividad particular y un contador quien desarrolla parcialmente su actividad laboral en la Provincia de Córdoba.

La estructura organizacional de la empresa es pequeña, los cuatro socios se encargan del mantenimiento y cuidado de los campos, además ya prevén los diferentes cultivos asignados a los diferentes lotes a través de una política de rotación entre los distintos cultivos; cuentan también con un asesor externo titulado como ingeniero agrónomo, junto con el cual se encargan de planificar las fechas ideales para la implantación de los cultivos, las variedades de cada semilla y el esquema de fertilización, como así también de las distintas aplicaciones de herbicidas y fungicidas que serán necesarios para cada campaña.

Las labores de siembra, cosecha, fertilización y pulverización son contratadas, por lo que la empresa no posee maquinaria para tal fin. Dichos contratistas trabajan junto a la empresa hace varios años, por lo que se realizan reuniones periódicamente para planificar el accionar de los trabajos.

En base al estudio de esta empresa agrícola, se puede identificar que no existe en su producción ningún método de investigación a campo o en base a un sistema de información geográfico para poder conocer mejor la variabilidad de los diferentes factores del sistema suelo-planta, como por ejemplo, análisis de suelo, análisis de cultivos, análisis de agua, imágenes satelitales o mapas de rendimiento de campañas pasadas, entre otros; en pos de mejorar la asignación de recursos; por ello, desde la mirada de un profesional de la Administración Agraria, se propone de esta forma sustituir el manejo habitual de insumos en base a valores promedios a través de aplicaciones a dosis fija (DF) por una más precisa, con manejo localizado, de dosis variable (DV) definida por los diferentes ambientes del suelo.

Lo anteriormente descrito tiene sus antecedentes fundados en que la agricultura mundial viene enfrentado, a lo largo del tiempo, el desafío constante de aumentar la producción agrícola en respuesta a la creciente demanda de la población. Este aumento, a su vez, se ha producido de dos formas: con la expansión de nuevas áreas agrícolas, y dentro de cada área, con el aumento de los rendimientos. El aumento de los rendimientos se obtuvo mediante la generación de nuevas tecnologías bajo forma de semillas mejoradas, insumos modernos y agroquímicos más eficientes. Esto, junto al manejo adecuado de nuevas máquinas agrícolas para preparar, sembrar, cultivar, cosechar y procesar los productos agrícolas; pero con la con la modernización de las prácticas agrícolas, surgen nuevos desafíos, principalmente respecto al concepto de sustentabilidad ambiental y económica del proceso de producción. Para ello, a partir de la década del '70, se comenzó a delinear un nuevo concepto de agricultura con los estudios sobre automatización de máquinas agrícolas. En forma complementaria, a fines de la década del '80 y comienzos del '90, con la liberación del sistema de posicionamiento global por satélite (GPS) para uso civil, fue posible desarrollar equipos inteligentes que permitieron el manejo localizado de las prácticas agrícolas, con una mayor eficiencia de aplicación de insumos, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente y en consecuencia, disminuyendo los costos de la producción de alimentos. A ese conjunto de procesos y sistemas aplicados se los denomina Agricultura de Precisión (AP). (Bongiovanni et al.,2006)

Con respecto a lo expuesto, un campo en donde el resultado de la cosecha de dos lotes con soja y maíz que suman 265 hectáreas, en la región del Planalto Médio "Gaúcho", en Río Grande del Sur, Brasil, confirman el aumento de productividad y la reducción de

costos prometida por la agricultura de precisión. En el lote de 132 hectáreas cultivado con maíz, el rendimiento alcanzó 5.880 kg/ha. El resultado es 20% superior al promedio regional, 4.680 kg/ha. El número también es 13% superior al promedio de 5.100 kg/ha obtenido en otros cultivos de la misma propiedad, la Hacienda Anna, donde se aplicaron los métodos convencionales. En las 124 hectáreas sembradas con soja, la productividad llegó a 2.880 kg/ha. El promedio de la región fue de aproximadamente 2.040 kg/ha (29% menos) y el de la propiedad, 2.520 kg/ha (12,5% menos) (Bongiovanni et al.,2006).

Siguiendo con lo plasmado, un ensayo practicado en la zona de Pampayasta Córdoba, Argentina. (la misma zona en la que se encuentra los campos de esta empresa). Consistió en una siembra con la dosis de nitrógeno y densidad de siembra ajustados según el potencial de rendimiento esperado en cada zona (dosis variable), y un testigo, con la dosis de fertilizante y densidad de siembra que usualmente aplica el productor, constante a lo largo del lote (dosis uniforme). Con el mapa de rendimiento obtenido del ensayo, se calcularon las diferencias (dosis variable – dosis fija) entre los presupuestos parciales. De sus resultados se observó, que salvo en la zona 4, en el resto de las zonas el resultado fue positivo para la dosis variable. La zona 1, que era la zona de menor potencial de rendimiento, si bien tuvo un ingreso negativo, o sea menor en la dosis variable que en la fija, la diferencia en los costos también fue negativa (menor en la dosis variable), por lo que el resultado final de la zona fue positivo. (Bongiovanni et al.,2006)

Es por esto, que la Tecnología de Dosis Variable permite a los agricultores una vez conocido el comportamiento del cultivo en cada sector del lote, calcular las necesidades de insumo en cada zona homogénea más pequeña o subunidad sobre el terreno, y aplicarlos en forma sitio-específica (Bragachini et al.,2004).

El potencial de mejora de la rentabilidad debido a la aplicación variable de estos insumos depende, en primer lugar, la identificación de áreas en el campo en el que los aportes adicionales de insumos aumentará los ingresos en una escala mayor que los costos adicionales que genere dicho aporte y / o, en segundo lugar, la identificación de áreas en las que la reducción de los insumos disminuirá los costos en un escala que es mayor que la reducción potencial de ingresos correlacionado con un menor rendimiento de grano (Bragachini et al., 2004).

Para concluir, el objetivo de este trabajo es mejorar la eficacia y eficiencia de lo que se viene haciendo hasta el momento, y una manera de actuar sobre esto es innovando, para de esta forma evolucionar de una agricultura tradicional a una de precisión, logrando así una optimización del uso de insumos, una estabilidad en la producción y una maximización del retorno económico, preservando el medioambiente.

### **Análisis de situación**

El verdadero desafío de la agricultura en el siglo XXI, es que tiene que producir más alimentos y fibras a fin de alimentar a una población creciente con una mano de obra menor, así como más materias primas para un mercado de la bioenergía potencialmente enorme, y ha de contribuir al desarrollo global de los numerosos países en desarrollo dependientes de la agricultura, adoptar métodos de producción más eficaces y sostenibles y adaptarse al cambio climático (FAO, 2009)

Para lograr lo anterior, dentro de la producción agropecuaria, es necesario buscar constantemente mejorar la eficacia, la eficiencia o alcanzar nuevas ventajas competitivas que principalmente permitan aumentar la producción o reducir los costos. Una de las maneras de actuar sobre la organización para obtener mayores beneficios es innovar o generar un cambio tecnológico, siendo la agricultura de precisión, un claro ejemplo de esto. (UES21, 2020)

En la siguiente tabla (Tabla 1), se podrá visualizar un análisis FODA. La sigla FODA, es un acrónimo de Fortalezas (factores críticos positivos con los que se cuenta), Oportunidades, (aspectos positivos que podemos aprovechar utilizando nuestras fortalezas), Debilidades, (factores críticos negativos que se deben eliminar o reducir) y Amenazas, (aspectos negativos externos que podrían obstaculizar el logro de nuestros objetivos).

Matriz FODA, Campo agrícola.

Tabla 1.

18/04/21

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
ANÁLISIS INTERNO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campo propio, en zona de buena aptitud agrícola</li> <li>- Visión, Misión y Política claras</li> <li>- Inversiones para la producción (Balanza para camiones, galpones, planta de silo)</li> <li>- Asesoramiento técnico (Ing. Agrónomo)</li> <li>- Socio contador público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de innovación</li> <li>- Falta de métodos de investigación a campo y virtuales.</li> <li>- Residencia privada en otra provincia</li> <li>- Alquiler a terceros por una sola campaña</li> </ul>
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
ANÁLISIS EXTERNO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnificación productiva</li> <li>- Innovación tecnológica</li> <li>- Aumento de rendimiento</li> <li>- Disminución de Costos</li> <li>- Mayor control de la producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo climático</li> <li>- Situación económica del país</li> <li>- Dificultad para arrendar debido a competencia</li> <li>- Retenciones a los precios de los commodity</li> <li>- Aumentos en dólares de los insumos</li> <li>- Aumento o nuevos impuestos</li> </ul>

### *Análisis externo*

#### *Análisis del macro entorno*

Argentina es una de las economías más grandes de América Latina, con un Producto Interno Bruto (PIB) de aproximadamente US\$450 billones, con abundantes recursos naturales en energía y agricultura, en su territorio de 2,8 millones de kilómetros cuadrados, el país tiene tierras agrícolas extraordinariamente fértiles, cuenta con importantes

reservas de gas y litio, y tiene un enorme potencial en energías renovables. Argentina es un país líder en producción de alimentos, con industrias de gran escala en los sectores de agricultura y ganadería vacuna. Asimismo, tiene grandes oportunidades en algunos subsectores de manufacturas y en el sector de servicios innovadores de alta tecnología. (Banco Mundial, 2021)

Argentina tiene un potencial de producción muy importante, sin embargo, y a pesar de estas oportunidades, el país choca con limitantes, que pueden ser tanto internas como externas. En el primer caso, el sector se resiente con la falta de un plan a largo plazo de desarrollo, como así también con todos los vaivenes económicos que tienen como una marca característica el fracaso en controlar a la inflación, por lo menos en las últimas dos décadas. (Infobae, 2021)

La adopción de equipos de Agricultura de Precisión continúa creciendo en Argentina con mayor tecnología de desarrollo. Esta reacción se debe a la amplia oferta de empresas con desarrollos nacionales y otras en representación de firmas multinacionales. Se pueden mencionar segmentos ya consolidados, como monitores de rendimiento, monitores de siembra, banderilleros satelitales con guías automáticas y equipos de dosificación variable, como así también otras en crecimiento exponencial como el control selectivo de malezas. (Scaramuzza et al.,2016)

### *Análisis interno*

El objetivo que persigue la empresa es la explotación agrícola sobre su explotación “base” de 552 ha y sobre campos de terceros dentro de la zona de influencia, para la siembra de maní, soja o maíz, buscando la mayor rentabilidad económica bajo un escenario de sustentabilidad agronómica, con crecimiento permanente.

Año tras año va variando la cantidad de hectáreas explotadas de acuerdo con la cantidad de hectáreas conseguidas en arrendamiento, esto hace que la variabilidad de suelos sea muy heterogénea.

Por otro lado, es importante resaltar los lineamientos o pilares corporativos que tiene esta empresa agrícola, como son la **Visión**, la cual se encuentra definida como la búsqueda de un crecimiento permanente dentro del negocio con una base sólida, ampliar la superficie explotada y desarrollar asociaciones con terceros para darle al negocio un perfil

dinámico; la **Misión**, determinada por desarrollar un negocio dentro del rubro agropecuario, originalmente concentrado en la explotación agrícola primaria, pero manteniéndose abierto a la posibilidad de ampliar las actividades dentro del mismo sector. La idea fue siempre la consolidación y la expansión de la empresa en el largo plazo, pero bajo un criterio de sustentabilidad económica y agronómica, desarrollando una red de proveedores y asesores confiables y buscando asociación con ellos para la ampliación de los negocios. Por otro lado, tenemos la **política** de la empresa, la cual es desarrollar el negocio bajo principios éticos y profesionales, buscando que el desarrollo de la propia empresa vaya acompañado del desarrollo de sus empleados, de sus proveedores y de sus mismos socios.

Productivamente la empresa maneja sus cultivos con un esquema de rotación entre los diferentes cultivos, basada en la búsqueda de la mayor sustentabilidad económica y agronómica para el mediano y largo plazo. El proceso comienza con la elección de los lotes y su destino a los distintos cultivos y estos por lo general, son sembrados entre los meses de octubre y diciembre, de acuerdo con el cultivo, la disponibilidad del lote, el régimen de lluvias, los precios y otros factores. Y, dependiendo de dicha fecha de siembra, será la fecha de cosecha, que siempre se ubica entre los meses de marzo y junio del año siguiente.

Los productos obtenidos por la empresa son commodity agrícolas, cuyo destino final pueden ser el mercado externo o interno. En el caso del maíz (*Zea mays*) se destina a ambos mercados, en donde la mayor parte se vende a exportadores del complejo agroindustrial de Rosario y una parte menor se vende a productores ganaderos de la zona que lo utilizan como alimento para hacienda. La soja (*Glycine max*) se vende en su totalidad a compradores del complejo agroindustrial de Rosario para su procesamiento y exportación. En el caso del maní (*Arachis hypogaea*), en su totalidad, es vendido a empresas cercanas al Departamento de Tercero Arriba, para su procesamiento, y el destino final de la mercadería es el mercado externo.

La estrategia de venta de estos commodity por parte de la empresa consiste en espaciar sus ventas de acuerdo con sus necesidades de fondos, convirtiéndose los granos en su “moneda de ahorro”. El hecho de que los precios agrícolas dependan de mercados internacionales y estén cotizados en dólares es la clave para justificar dicha postura, aunque hay situaciones puntuales que indicarían la conveniencia de vender dichos granos para colocarlos en algún otro activo, de esta forma, se busca el mejor momento para vender en función de los precios de los insumos agrícolas (buscando los momentos de menores

precios), de las exigencias de pago de arrendamientos y manteniendo constante atención en la evolución de distintos mercados buscando precios de los cultivos en los mercados de futuros que aseguren un piso de rentabilidad adecuado para la empresa. Es así que, en muchas ocasiones, debido a la conveniencia, la empresa concreta ventas en los mercados de futuros.

Para llevar a cabo su sistema productivo, la empresa cuenta con ciertas inversiones como; una planta de silo mecanizada con una capacidad de 1500 toneladas, por lo que le permite acopiar esa cantidad de grano y el resto es entregado a empresas de la zona para su acopio y comercialización. Además, cuenta con balanza para pesar camiones, galpones para guardar maquinaria, semillas, agroquímicos y maquinaria agrícola como tractor, pulverizador, tolvas y herramientas menores.

En cuanto a los insumos, podemos encontrar semillas de soja (*Glycine max*), las cuales pueden ser de producción propia, obtenidas del proceso anterior (respetando las leyes de patentes y regalías). También se comprará de semillero si las semillas propias no cumplen con su poder germinativo. En el caso de las semillas de maíz (*Zea mays*) y maní (*Arachis hypogaea*), serán compradas a semilleros. Encontramos además herbicidas, insecticidas, fungicidas, adherentes y fertilizantes como urea, mezclas químicas, fertilizante orgánico Nurture y curasemilla e inoculante de soja Funcion Pack Nova. Estos últimos, se aplican de diferentes formas y cantidades de acuerdo al cultivo, en el caso del cultivo de soja (*Glycine max*), se aplican 70 kg de mezcla química fertilizante, la cual se realiza durante la etapa de siembra. En el caso del cultivo de maíz (*Zea mays*), se aplican 250 kg de mezcla química fertilizante antes de realizar la siembra y una aplicación de entre 120 kg y 180 kg de urea durante la siembra. Para el caso del cultivo de maní (*Arachis hypogaea*), normalmente, no se realiza aplicación de fertilizante.

La empresa no posee maquinaria propia para las labores de siembra, fertilización, pulverización y cosecha, por lo que dichos servicios se contratan. Es un tema crucial para la implementación de la agricultura de precisión, ya que, dichos contratistas pueden o no contar con esta tecnología, pero en general hoy en día la mayoría de las máquinas cuentan con esta tecnología.

Las aplicaciones de herbicidas y fungicidas son realizadas por empresas contratistas, las cuales realizan esta operación con maquinaria denominada mosquito,

haciéndose cargo de los envases plásticos y demás residuos generados por dicha tarea. Por ende, estas empresas cumplen con los requisitos exigidos por la Secretaría de Agricultura de la Provincia de Córdoba. Respecto al agua utilizada para estas aplicaciones agrícolas, es subterránea obtenida mediante molinos y bombas, pero la empresa no cuenta con datos sobre la calidad de la misma. Dato que se hace muy importante para que las aplicaciones de herbicidas, insecticidas o fungicidas sean eficientes.

En cuanto a la logística, el transporte de insumos (semillas, fertilizantes y agroquímicos) hasta los distintos lotes es realizado mediante camiones contratados especialmente. Hasta su utilización, dichos insumos son almacenados en la empresa proveedora, que cuenta con galpones e instalaciones autorizadas para su almacenamiento.

### **Marco Teórico**

Con el objetivo de avalar y dar sustento a la implementación de la agricultura de precisión como respuesta a un plan estratégico de innovación productiva que aporten a la rentabilidad, se procederá a lo largo del actual marco teórico, a exponer distintos estudios e investigaciones que sirvieron de referencia para la elaboración de este trabajo final de grado.

Para comenzar es fundamental entender el fundamento principal de porque es necesario evolucionar a una agricultura de precisión, la cual tiene diferentes etapas y tecnologías involucradas, y es que las características del suelo y del cultivo varían en el espacio (distancia y profundidad) y en el tiempo; acá es donde estas tecnologías permiten la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola, permitiendo una nueva forma integrada de gerenciamiento de la información de los cultivos (Bongiovanni et al.,2006).

Se entiende por variabilidad espacial, como las diferencias dentro de un mismo lote en una misma campaña y cosecha. Y como temporal los cambios que se produjeron en un mismo campo a través de diferentes campañas (Bongiovanni et al.,2006).

Es por esto que, cuando el suelo es altamente variable y se fertiliza en base a un promedio, existirán sectores sub-fertilizados y otros sobre-fertilizados, de esta forma estaríamos no solo perdiendo productividad, sino siendo ineficientes en el uso de los insumos (Ortega B et al., 1999)

Ahora, todo esto no es novedad en el mundo del agro, la observación de la existencia de variabilidad en las propiedades o factores determinantes de la producción es algo ya conocido, lo que sí es novedad y se trabaja para que cada día más productores agrícolas obtengan dichos beneficios, es la posibilidad de identificar, cuantificar y mapear esa variabilidad, más aun georreferenciar y aplicar los insumos con dosis variables en puntos o áreas de coordenadas geográficamente conocida (Bongiovanni et al.,2006).

La aplicación de técnicas de geoprocesamiento para el mapeo de la variabilidad espacial de las áreas de producción agrícola representa una herramienta potente para el gerenciamiento de los sistemas de producción, ya que contribuyen a la toma de decisiones para la intervención futura en áreas de baja productividad. Lo que puede permitir elegir el cultivo que mejor se adapte, mejorar las condiciones físicas del suelo para reducir su compactación, recomendar determinadas dosis de aplicación de fertilizantes (Mantovani et al., 2014).

El desarrollo y adopción de estas prácticas de agricultura de precisión se dividen en tres etapas: (1) Recolección e ingreso de datos, (2) Análisis, procesamiento e interpretación de la información, (3) Aplicación diferencial de insumos. Estas etapas son posible gracias a la evolución de cinco tecnologías: (1) Sistema de Posicionamiento Global (GPS); (2) Sistemas de Información Geográfica (SIG); (3) Percepción remota; (4) Tecnologías de dosis variable (sensores, controladores, etc.); y (5) Análisis de datos georreferenciados. (Bongiovanni et al.,2006).

Al utilizar estas tecnologías en la producción, campaña a campaña se genera un archivo propio de cada parcela o lote, en donde estaría toda la información de la variabilidad espacio-temporal, lo que nos permitiría identificar patrones de rendimiento y separar las causas naturales de la variación debidas al manejo o errores de medición, y de esta forma llegar a identificar correctamente las zonas de manejo (Mantovani et al., 2014).

En términos generales, según Valdez Naval (2018), la agricultura de precisión, no es una práctica, es un sistema de manejo selectivo de los cultivos y del suelo de acuerdo a sus necesidades, que emplea conocimientos de numerosas disciplinas e integra información de herramientas tecnológicas y técnicas que permiten al productor tener una mejor comprensión y control de sus lotes productivos.

## Diagnóstico

Como se mencionó anteriormente, es una empresa que dedica a la explotación agrícola primaria, basándose exclusivamente en los cultivos de maíz (*Zea mays*), soja (*Glycine max*) y maní (*Arachis hypogaea*), y como cultivo de fina en ocasiones trigo (*Triticum spp*), en donde el objetivo de la explotación agrícola sobre campos de terceros, es en búsqueda de la mayor rentabilidad económica, bajo un escenario de sustentabilidad agronómica y con crecimiento permanente.

Para el cumplimiento de dicho objetivo la empresa busca todos los años arrendar nuevas hectáreas para su siembra; aquí cometen el error de abarcar más área sin tecnificar la manera de producción, la cual les podría dar mayores beneficios sin tener que agrandar el área cultivada, logrando de esta forma mejorar la eficacia y eficiencia, y alcanzar un mayor control de lo que se produce. Más aun, considerando que la empresa no posee ninguna diversificación, por ende, apuesta todas sus fichas a la agricultura, por lo tanto, se hace aún más importante innovar para mantenerse competitiva. Lo que, en un futuro, le permitiría crecer a una tasa mayor, ya que tendría muchas más variables internas tecnificadas, y de esta forma obtener una ventaja competitiva.

Esta ventaja competitiva es clave en el escenario de alta competitividad, en el que se desarrolla la actividad agrícola actual en la Argentina, caracterizada por una matriz de producción principalmente sobre campos alquilados con elevados costos, y dificultades para arrendar nuevas hectáreas en busca de crecimiento, por lo que, se hace imprescindible maximizar la eficiencia en cada metro cuadrado de suelo. A ello se le suma el contexto económico-financiero, las condiciones del mercado (medidas para arancelarias), y las legislaciones vigentes.

Con todo esto, no solo se busca mejorar la eficacia y eficiencia de la producción, en pos de mejorar la rentabilidad, sino también brindar a los socios de la empresa una mejora sustancial de su gerencia, ya que, como toda empresa, el crecimiento de la escala productiva viene acompañada de una mayor cantidad de tareas administrativas y gerenciales, el productor empresario cada vez tiene menos tiempo para recorrer sus cultivos o estar en el campo y mantenerse informado. Es aquí, donde la agricultura de precisión ayudará a la empresa a disponer de información detallada pudiendo realizar el seguimiento de sus

cultivos. Esto es algo que puede parecer difícilmente cuantificable pero que es sumamente importante para un eficiente desarrollo gerencial.

También podrá evaluar y supervisar el trabajo de sus contratistas y de los responsables de la producción, dado que todo queda perfectamente registrado y georeferenciado en los mapas de rendimiento.

La empresa, mediante estas herramientas, podrá cuantificar fácilmente la variabilidad natural de su campo para luego realizar ajustes de manejo, evaluar el resultado de nuevas técnicas, el comportamiento de diferentes materiales genéticos y las recomendaciones de su ingeniero agrónomo.

### **Plan de Implementación**

El siguiente plan de implementación se desarrollará en base a una innovación productiva a través de la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión, particularmente las de dosis variables de insumos, en función del manejo de sitio-específico. En este caso en particular, se desarrollará aplicado al cultivo de maíz (*Zea mays*), ya que por sus características es el cultivo que mayor respuesta tiene a estas tecnologías, no solo por su potencial productivo, sino también por sus altos costos en semilla y fertilizante, y por ende es la mejor elección para comenzar a desarrollar este tipo de tecnología dentro de una empresa.

A continuación, se presentarán los objetivos generales y específicos para implementar la propuesta.

#### *Objetivo general:*

– Aportar a la tecnificación e innovación productiva a través de la incorporación de la Agricultura de Precisión, mediante el uso de tecnologías de dosis variable y manejo de sitio específico, que aporten al desarrollo de una producción más eficaz y eficiente en la búsqueda de mayor rentabilidad y cuidado del medioambiente, para el periodo 08/2021 al 08/2022.

*Objetivos específicos:*

- Diseñar un plan de trabajo con las acciones necesarias para implementar la siembra y fertilización variable del cultivo de maíz (*Zea mays*).
- Evaluar económicamente la campaña 2021/2022 en función de las mejoras del sistema productivo propuesto.

*Metas:*

- Aumentar el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) para la campaña 2021/2022 en un 10% promedio.
- Disminuir el consumo de semilla y fertilizante en un 5% promedio en las zonas de bajo potencial para la campaña 2021/2022.

*Alcance*

- La propuesta a implementar tiene un alcance de la campaña 2021/2022 (desde agosto 2021 a mayo 2022), para ser aplicada a 315 ha de maíz (*Zea mays*) en suelo propio y arrendado por parte de la empresa, ubicados en la zona norte de Hernando y la zona sur de Pampayasta Sud, en el departamento Tercero Arriba, Provincia de Córdoba, Argentina, con el objetivo de optimizar y eficientizar el sistema productivo, en particular asociado a este último cultivo.

*Satisfacción de las metas:*

- Aumentar el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) para la campaña 2021/2022 en un 10 % promedio.

Al ser el primer año de aplicación de este sistema de agricultura de precisión, se estima que el aumento del rendimiento sería de un 10% promedio, por lo que se procederá a cuantificar los rendimientos, una vez finalizada la cosecha.

Para la estimación se tomó un promedio de los rendimientos promedios de las campañas que figuran a continuación, datos provistos por la empresa.

Tabla N°2: Rendimientos (tn/ha)

<b>Año</b>	<b>2013/14</b>	<b>2014/15</b>	<b>2015/16</b>	<b>2021/22</b>
<b>Rinde Promedio (Dosis fija)</b>	<b>8,68tn/ha</b>	<b>7,53 tn/ha</b>	<b>8,91 tn/ha</b>	
<b>Rinde Promedio esperado (Dosis Variable)</b>				<b>9,2 tn/ha</b>

Como se explicó anteriormente, es imprescindible identificar patrones de rendimiento y separar las causas naturales de la variación debidas al manejo o errores de medición. Para dimensionar correctamente las posibles varianzas que pudo haber ocurrido durante el ciclo del cultivo, para de esta forma, lograr un adecuado plan de corrección si los rendimientos no son los esperados.

- Disminuir el consumo de semilla y fertilizante en un 5% promedio en las zonas de bajo potencial para la campaña 2021/2022.

Esta meta se consigue al aplicar entre un 5% y un 8% menos de semillas y fertilizantes en las zonas de bajo potencial, lo que no solo significa una reducción en el consumo de insumos, sino en estabilizar el potencial de esas zonas. Ya que no sobre dosificamos. En las zonas de mediano potencial se utiliza por lo general la dosis usual de dosis fija, en cambio en una de alto potencial en general se utiliza una dosis levemente mayor, incrementando los rendimientos.

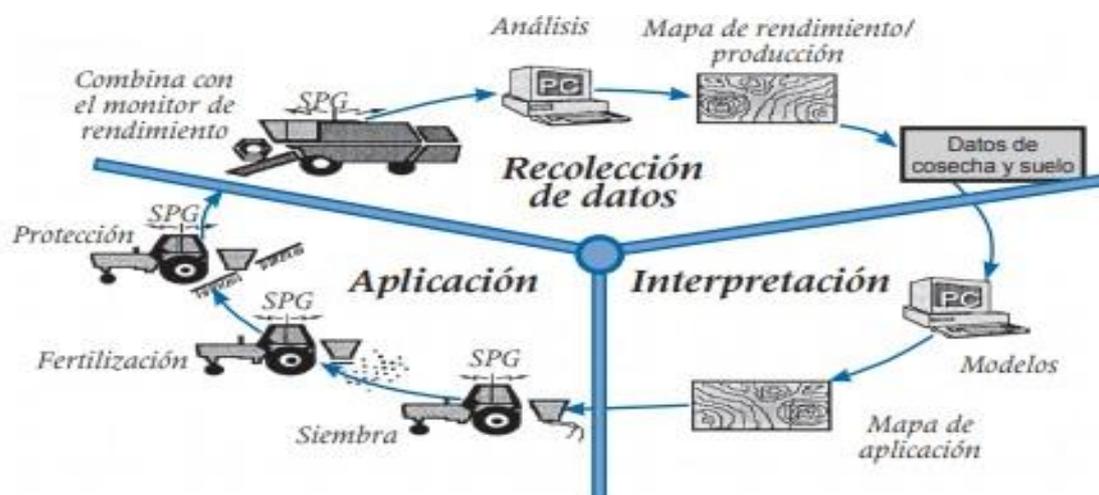
El control del fertilizante se puede hacer mediante muestras de suelo, en donde el nivel de pH sería nuestro indicador principal, que nos indicaría un uso eficiente y sustentable del fertilizante en el suelo.

Con el impacto que tienen ambos insumos en el costo de producción, es relativamente fácil de cuantificar si los rendimientos fueron los esperados.

Si no se consigue cumplir con las metas, se deberá identificar patrones de rendimiento y separar las causas naturales de la variación debidas al manejo o errores de medición, para luego analizar la información y realizar una nueva prescripción del mapeo del lote, procurando mejorar el accionar y así cumplir con las metas propuestas.

## Recursos

A continuación, se desarrollará la planificación a llevar a cabo para lograr los objetivos propuestos, la cual se puede dividir en tres etapas: 1- Recolección e ingreso de datos, 2- Análisis, procesamiento e interpretación de la información, 3- Aplicación diferencial de insumos. Estas etapas cierran un ciclo; en el que, como se nombró anteriormente, campaña a campaña se genera un archivo propio de cada parcela o lote, en donde se podrá encontrar toda la información de la variabilidad espacio-temporal, lo que nos permitiría identificar patrones de rendimiento y separar las causas naturales de la variación debidas al manejo o errores de medición, y de esta forma llegar a identificar correctamente las zonas de manejo, haciendo las correcciones que sean necesarias año a año.



*Ilustración 1 - recuperado de (Bongiovanni et al.,2006).*

Algunas consideraciones a tener en cuenta: en primera instancia, es necesario definir las hectáreas de maíz (*Zea mays*) a sembrar, las cuales se han nombrado anteriormente en el alcance, equivalentes a 315 ha, las mismas que se sembraron en la campaña 2015/16. Se eligió esta misma cantidad, para poder comparar en base a la misma extensión de producción.

Por otro lado, hoy podemos decir que, el total del parque activo de cosechadoras cuenta con un sistema de monitoreo de rendimiento (Villaruel, D., Scaramuzza, F., & Melchiori, R. 2020), por lo que, es casi seguro que el servicio de cosecha contratado por la empresa agrícola en cuestión, tiene la tecnología adecuada para permitir el avance en la

tecnificación que se está por desarrollar. Caso similar es el de las boleadoras que se encargan de la re-fertilización de los maíces.

En el caso de la siembra, el nivel de adopción de la tecnología requerida para la dosificación variable de semilla y fertilizante, puede ser un tanto menor. Por este motivo, puede que la empresa requiera contratar un nuevo contratista para realizar el trabajo. En tal caso, este nuevo servicio tiene un adicional del 5% sobre el precio de la siembra con densidad fija.

#### 1- Recolección e ingreso de datos:

Esta primera etapa consiste en recolectar la mayor cantidad de datos del lote o parcela, dichos datos pueden provenir a partir de la cosecha, con el mapa de rendimiento de estar disponible, o del conocimiento de la variabilidad del suelo a través de análisis de suelo, imágenes satelitales o mapas de relevamiento de suelos. Es importante que toda información que se obtenga de forma digital se pueda ir a corroborar a campo, para comprobar la veracidad de estos ambientes y en caso de necesitar se puede tomar una muestra de forma dirigida, con la ayuda de un GPS y luego trasladarla a un laboratorio.

#### 2- Análisis, procesamiento e interpretación de la información:

El primer paso consiste en poner toda la información disponible en la misma escala y georreferenciarlas, luego intentar reconocer que variables explican la mayor parte de la variación del lote o parcela. Por último, cuantificar cuál de estas variables están efectivamente relacionadas con el rendimiento del cultivo.

Una vez que se han determinado cuáles son las variables que tienen mayor efecto en el rendimiento, el siguiente paso es el uso de esa información para definir dentro de un lote dos o tres zonas de manejo (generalmente tres: alto, medio y bajo), con potencialidad de rendimiento muy diferentes y bien definidas con un área tal que justifique agrónomica y económicamente la aplicación de insumos (semilla y fertilizante) en forma variable.

Finalmente, a partir de la delimitación de estas zonas de manejo, se procede a realizar la prescripción digital, la cual es un mapa modelo que tendrá toda la información georreferenciada de los diferentes sitios antes delimitados. En donde el ingeniero agrónomo deberá elegir para cada zona de manejo en específico la cantidad de semillas y fertilizantes

a utilizar por hectárea, logrando así completar la prescripción, la cual se va utilizar para realizar la tarea de siembra y fertilización variable, utilizada en la tercera etapa.

Las etapas uno y dos anteriormente nombradas, pueden ser realizadas por el asesor ingeniero agrónomo que posee la empresa o tercerizar el servicio si se considera que el mismo no puede realizarlo, con un valor de 2 u\$/ha.

### 3- Aplicación diferencial de insumos:

A partir de la prescripción que se confecciono, se procede a cargarla la misma al sistema de siembra y fertilización variable. Se comienza con la siembra, en donde el Ingeniero Agrónomo a cargo se encargará del control y seguimiento del proceso, asegurando que la prescripción anteriormente desarrollada se lleve a cabo de la mejor manera.

Al ser un ciclo, nuevamente se vuelve a la etapa número uno, recolección e ingreso de datos, en donde se recolectan los nuevos datos provenientes de los mapas de rendimiento de la cosecha del año 2022. Se limpian los mapas y se identifica los rendimientos obtenidos en los diferentes ambientes, aquí es donde se corrobora lo lineamientos planteados al inicio de la campaña, y se compara los resultados con los esperados en las estimaciones. Esta comparación nos debería permitir identificar patrones de rendimiento y separar las causas naturales de la variación debidas al manejo o errores de medición. De esta forma ajustar las zonas de manejo de ser necesario o algún otro parámetro que nos ayude a mejorar en la planificación de nuestra dosificación variable de insumos.

### *Diagrama de Gantt*

A continuación, se presenta el Diagrama de Gantt, en dónde se especifican las etapas del proceso de implementación y las actividades necesarias para llevar a cabo la propuesta y el tiempo en el cuál se realizarán las mismas.



Tabla N°4: instrumentos de control por actividad

ETAPAS	ACTIVIDADES	INSTRUMENTOS DE CONTROL
Recolección e ingreso de datos	Recolección de información a través de mapas de rendimiento	Constatación de la información por parte de los administradores
	Recolección de información a través de mapas satelitales	Constatación de la información por parte de los administradores
	Recolección de información a través de análisis de suelo	Constatación de la información por parte de los administradores
	Corroborar a campo la información obtenida	Análisis y control a campo de la información recopilada
Análisis, procesamiento e interpretación de la información	Ordenar la información a una misma escala y georeferenciarla	Análisis de la información
	Cuantificar las variables relacionadas al rendimiento	Análisis de la información
	Definir zonas de manejo Prescripción digital	Análisis de la información
	Elección de la cantidad de semilla y fertilizante a aplicar en cada zona de manejo	Análisis de la información
Aplicación diferencial de insumos	Carga de prescripción al sistema de siembra y fertilización	Control y regulación de la maquinaria a través de métodos a campo
	Comenzar con el labor de siembra y fertilización del cultivo de maíz (Zea mays)	Control por parte del ing. agrónomo en función de la prescripción provista para la siembra y fertilización
Monitoreo del cultivo y cosecha	Establecer expectativas de rendimiento y realizar el seguimiento del cultivo en busca de variaciones de lo esperado y identificar posibles mejoras en futuros manejos	Monitoreo a campo, análisis de posibles variaciones por parte del ing. agrónomo
Recolección e ingreso de datos año 2022	Recopilar los nuevos datos del mapa de rendimiento de la cosecha 2022	Análisis de la información
	Realizar el análisis de los datos obtenidos de la campaña 21/22 para evidenciar la mejora en la producción y comenzar con un nuevo ciclo.	Análisis de la información

### Evaluación a través de indicadores económicos y financieros

Para realizar los costos de producción se utilizaron los datos más actuales provistos por la empresa, campaña 2015/2016. El valor del arrendamiento se fijó 250 u\$ como valor actual en ambas, para que la comparación sea equiparable en función del precio actual del commodity.

Tabla N°5: Costos de producción de maíz (Zea mays) en dólares por Hectárea:

	Campaña 2015/16 (Dosis Fija)	Campaña 2021/22 (Dosis Variable)
Arrendamiento	250	250
Semilla	130	123,5
Labores	60	63

Análisis y prescripción de siembra variable		2
Agroquímicos	93	93
Fertilizantes	109	102
Cosecha	140	140
Seguro granizo	0	0
Total costo producción	782	770,5

La diferencia en los costos de producción es sustancialmente menor al aplicar Dosis Variable (DV).

*Tabla N°6: Margen Bruto*

\*Cotización del maíz 205 U\$, según cotización del commodity y del dólar al 13/06/21 (Bolsa de cereales, 2021).

	Campaña 2013/14, 2014/15 2015/16 (Promedio) ( <b>Dosis Fija</b> )	Campaña 2021/22 ( <b>Dosis Variable</b> )
<b>Ingreso Bruto</b>	2630,25tn * 194 U\$ = 510.194 U\$	2898tn * 194 U\$ = 562.212U\$
<b>Costo Producción</b>	315ha * U\$ = 246.330 U\$	315ha * 770,5 U\$ = 242.707,5 U\$
<b>Costo comercialización y estructura</b>	315ha * 373,8 U\$/ha + 315ha * 83,2 U\$/ha = 143.955 U\$	315ha * 373,8 U\$/ha + 315ha * 83,2 U\$/ha = 143.955 U\$
<b>Margen Bruto</b>	119.909 U\$	175.549,5 U\$

- *Tabla N°7: Resultado económico de la aplicación de Dosis Fija (DF) en base a las tres zonas de manejo en función de los potenciales de rendimiento:*

Potencial de rendimiento	Rendimiento (tn/ha)	Ingreso Bruto (U\$/ha)	Costo semilla (U\$/ha)	Costo fertilizante (U\$/ha)	Ingreso Parcial (U\$/ha)
BAJO	6,6	1355,05	130	109	1116,05
MEDIO	8,9	1826,55	130	109	1587,55
ALTO	9,5	1957,75	130	109	1718,75

- *Tabla N°8: Resultado económico de la aplicación de Dosis Variable (DV) en base a las tres zonas de manejo en función de los potenciales de rendimiento:*

Potencial de rendimiento	Rendimiento (tn/ha)	Ingreso Bruto (U\$/ha)	Costo semilla (U\$/ha)	Costo fertilizante (U\$/ha)	Ingreso Parcial (U\$/ha)
BAJO	7,2	1490,55	117	87	1286,55
MEDIO	9,8	2009,2	123,5	98	1787,70
ALTO	10,5	2153,52	130	120	1942,68

Por otro lado, los métodos a utilizar para la medición de la rentabilidad para la empresa agrícola tercero arriba son: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y período de recupero (PR).

Los fondos desembolsados para este proyecto serán propios de la empresa. Para conformar el egreso a los costos de producción se sumaron los costos de comercialización (373,8 U\$/ha) y los costos de estructura (83,2 U\$/ha).

Por otro lado, la tasa utilizada para el cálculo del VAN (2%), fue elegida considerando que la producción agrícola esta dolarizada, por lo que las variaciones de los precios son en función del mercado internacional. Todas las cuentas realizadas fueron en moneda extranjera (Dólar).

Tabla N°9: Indicadores económicos

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESO		US \$562.212				
EGRESO		US \$386.663				
INVERSION INICIAL	- US \$232.943					
FLUJO CAJA	- US \$232.943	US \$175.550				

2% (internacional US\$)

<b>VAN</b>	<b>1.060.388</b>
<b>TIR</b>	<b>70%</b>
<b>PR</b>	<b>6 meses</b>

Según los resultados, el proyecto es económica y financieramente viable, por lo que se recomienda llevarlo a cabo.

## Conclusión

El presente trabajo final de grado, se realizó sobre la empresa agrícola Tercero Arriba, ubicada entre la ciudad de Hernando y la localidad de Pampayasta Sud, en el cual se realizó un análisis integral de la empresa, identificando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas; pudiendo reconocer que la empresa actualmente carece de tecnificación en su producción. En este sentido, en función del objetivo de la empresa, “explotación agrícola sobre campos de terceros, en búsqueda de la mayor rentabilidad económica bajo un escenario de sustentabilidad agronómica y con crecimiento permanente”; y que para ello la empresa busca todos los años arrendar nuevas hectáreas para su siembra, cometiendo el error de abarcar más superficie sin eficientizar primero su manera de producir, considerando todos los riegos que trae aparejado el aumento del área de producción.

Es por esto, que se buscó formular una propuesta que ayudará a fortalecer las debilidades y desarrollar las oportunidades, en búsqueda de mejorar con eficacia y eficiencia la manera de producir. Se busca maximizar la eficiencia en cada metro cuadrado de suelo para lograr mejores resultados y además mejorar la sustentabilidad ambiental del sistema.

En este sentido y sin perder de vista la **Visión** de la empresa, la cual se encuentra definida como la búsqueda de un crecimiento permanente dentro del negocio con una base

sólida, ampliar la superficie explotada y desarrollar asociaciones con terceros para darle al negocio un perfil dinámico; se desarrolló la propuesta de aportar una innovación productiva, mediante la incorporación de la agricultura de precisión.

Esta innovación si bien en primer momento no fue en función de aumentar la superficie explotada, permitió no solo mejorar la rentabilidad y sustentabilidad en base a un negocio más sólido, ya que, al tecnificar la manera de producir, se adquieren fortalezas que harán en el corto y largo plazo que la empresa pueda tener un ritmo de crecimiento aun mayor, para luego pensar en expandir la superficie explotada, ya con una base más sólida en la manera de producir, logrando una ventaja competitiva frente a potenciales competidores por nuevas hectáreas. De esta manera, se puede aumentar el margen bruto actual en un 46%.

## **Recomendaciones**

En consonancia con lo desarrollado en el presente trabajo final de grado, se recomienda analizar constantemente las nuevas tecnologías del sector, con el fin de evaluar su costo-beneficio y de esta forma seguir avanzando hacia una innovación productiva. Ya que como se explicó anteriormente, la innovación es el camino para hacer frente a un escenario de incertidumbre, alta competitividad, elevados costos y condiciones desfavorables en cuanto a la economía del país.

Es por esto, que se propone continuar con las diferentes fronteras de la agricultura de precisión, como pueden ser el control de malezas, plagas y enfermedades con dosis variable y sustentable, con el objetivo de reducir la cantidad de agroquímicos utilizados.

Por otro lado, la utilización de softwares de gestión que ayuden a la integración de toda esta tecnología sería de gran ayuda para los socios y administradores de la empresa, ya que, mientras mayor información se obtenga, mejores decisiones se podrán tomar.

## Referencias

- Banco Mundial. (2021, 5 abril). *Argentina: panorama general*. <https://www.bancomundial.org/es/country/argentina/overview>
- Bragachini, M., Méndez, A., Scaramuzza, F., Vélez, J. P., & Villarroel, D. (2009). *Determinación de Viabilidad Económica de la Tecnología de Dosis Variable de Insumos en Maíz*. INTA Manfredi. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-detviabilidad-economica-dosis-variable-insumos-m.pdf>
- Bolsa de Cereales. (2021, 13 junio). Cotización maíz. <https://www.bolsadecereales.com/camaras-diario>
- Bongiovanni, R., Chartuni Mantovani, E., Best, S. y Roel, A. (2006). *Agricultura de precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*. Montevideo, Uruguay: PROCISUR/ IICA.
- FAO. (2003). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s00.htm#TopOfPage>
- Garcia, E., & Flego, F. (). *Agricultura de precisión*. Universidad de Palermo <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- Mantovani, E. C., & Magdalena, C. (2014). *Manual de Agricultura de Precisión*. IICA, PROCISUR <http://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Manual-Agricultura-Precision.pdf>
- Melo, J. M. (2021, 1 mayo). *Inflación, economía cerrada y falta de plan estratégico: cuáles son los factores que condicionan el potencial del sector agropecuario*. Infobae. <https://www.infobae.com/economia/2021/05/01/inflacion-economia-cerrada-y-falta->

[de-plan-estrategico-cuales-son-los-factores-que-condicionan-el-potencial-del-sector-agropecuario/](#)

Ortega B, Rodrigo, Perez C, Claudio, Diaz B, Katty y Claret M, Marcelino (Ago 1999) *Agricultura de precision. Introduccion al manejo sitio-especifico* [en línea]. Chillan: Serie Quilamapu. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/28468> (Consultado: 22 mayo 2021).

Scaramuzza, F., Vélez, J., & Villarroel, D. (2016). *Adopción de la agricultura de precisión en argentina evolución en los principales segmentos*. Inta Manfredi. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-2-adopcion\\_de\\_la\\_agricultura\\_de\\_precision\\_en\\_argentina\\_-\\_scaramuzza\\_f.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-2-adopcion_de_la_agricultura_de_precision_en_argentina_-_scaramuzza_f.pdf)

UES21 (2020). *Sistemas de información geográfica (manual de cátedra)*. Licenciatura en Administración Agraria. Módulo 3. Recuperado de lectura N° 3 “Viabilidad para la gestión”.

Valdez Naval, G. (2018, 7 agosto). *Agricultura de Precisión, más que una herramienta: una manera de pensar*. . . . INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/agricultura-de-precision-mas-que-una-herramienta-una-manera-de-pensar%E2%80%A>

Villarroel, D., Scaramuzza, F., & Melchiori, R. (2020). *Estimación de la evolución en la adopción de componentes de Agricultura de Precisión de cara al inicio de una década de Agricultura digitalizada*. EEA INTA Manfredi y EEA INTA Paraná. [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9513/INTA\\_CRCordoba\\_EEAManfredi\\_Villarroel\\_D\\_estimacion\\_evolucion\\_adopcion\\_componentes\\_agricultura\\_precision.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9513/INTA_CRCordoba_EEAManfredi_Villarroel_D_estimacion_evolucion_adopcion_componentes_agricultura_precision.pdf?sequence=1&isAllowed=y)