



Universidad del CEMA.
Maestría en Agronegocios

**Determinantes de la Adopción de Agtech
en el Sector Agrícola: el caso de la
agricultura de precisión**

Autores: Erice, María Paz

Tutor: Lema, Daniel

Índice

Introducción.....	3
Capítulo 1. Adopción de tecnología en el sector agropecuario.	
1.1. <i>Velocidad de los cambios tecnológicos y sus implicancias en el sector productivo.....</i>	5
1.2. <i>La relación costo-beneficio en la toma de decisiones. El riesgo en la ecuación</i>	8
1.3. <i>Breve síntesis de lo expuesto en el capítulo.....</i>	11
Capítulo 2. Agricultura de precisión y Agtech.....	12
2.1. <i>Principales características de la agricultura de precisión.....</i>	12
2.2. <i>Características actuales del agro argentino en relación a la adopción de tecnología.....</i>	14
2.3. <i>El nuevo paradigma Agtech y su incidencia en la productividad del agro.....</i>	17
2.4. <i>Agricultura de precisión vs. Siembra tradicional.....</i>	20
2.5. <i>Breve síntesis de lo expuesto en el capítulo.....</i>	20
Capítulo 3. Estudio de caso: explotación “El Doradito”.....	21
3.1 <i>Breve descripción de la estructura empresarial Gustavo Erice.....</i>	21
3.2 <i>Análisis de datos campaña 2021. Explotación “El Doradito”</i>	25
3.3 <i>Resultados y comparación con rindes en lotes de siembra tradicional.....</i>	30
3.4 <i>Breve síntesis de lo expuesto en el capítulo.....</i>	31
Conclusiones.....	32
Bibliografía.....	34

Introducción

Este trabajo estudia la adopción de una tecnología de las conocidas como “Agtech”. En particular se concentra en la “agricultura de precisión” que utiliza componentes de tecnología digital y de comunicaciones combinada con elementos mecánicos. La pregunta que se trata de responder, a través de un estudio de caso, es si esta tecnología es económicamente rentable. En el presente trabajo se incorpora un estudio de caso, basado en la relación costo-beneficio de implementar agricultura de precisión -siembra variable junto con la utilización de Agtech- y se lo compara con un esquema de siembra tradicional.

El objetivo del presente trabajo es estudiar los determinantes de la adopción de agricultura de precisión. La investigación que se desarrolla a continuación se encuentra atravesada por dos grandes interrogantes, presentes en otras investigaciones especializadas al respecto:

- 1- ¿Qué factores hacen que un subconjunto de tecnologías sea utilizado y no todas aquellas tecnologías que se encuentran disponibles?
- 2- Asumiendo que los agentes deciden adoptar la tecnología de precisión disponible ¿esta adopción mejora la productividad y el resultado económico de los productores?

La metodología utilizada para responder las preguntas de investigación es un estudio de caso de una empresa agrícola del sudeste de Buenos Aires. Con esto se apunta a lograr un análisis descriptivo del fenómeno, basado en estudios de caso previos. En lo que respecta al estudio de caso específico aquí planteado, se trabaja y se analizan una serie de datos cuantitativos. Interesa comprender cómo impacta la utilización de diferentes dosis de semilla y fertilizante nitrogenado en las distintas subáreas o ambientes de un mismo lote, sobre ensayos de siembra variable en el cultivo de maíz. También se analiza el precio de la prescripción, de la aplicación variable, y el costo extra de siembra, para evaluar si el aumento de rendimiento es suficiente para cubrir estos costos.

La estructura del trabajo se presenta bajo el siguiente esquema: en el capítulo 1 se describen los cambios tecnológicos a través del tiempo y sus implicancias en el sector

productivo. También se hace mención a cuestiones que impactan en la decisión de adoptar tecnología, como la relación costo-beneficio y el riesgo.

En el capítulo 2 se caracterizan y profundizan los conceptos de Agtech y Agricultura de Precisión para conocer cuáles son los potenciales beneficios que tienen este conjunto de tecnologías aplicadas a la explotación agropecuaria.

En el capítulo 3 se realiza un análisis de caso sobre una explotación perteneciente a la empresa de un productor del sudeste bonaerense (Grupo Erice) en donde se realizó un ensayo productivo basado en la dinámica de la agricultura de precisión y se comparan los resultados respecto al sistema de siembra tradicional. También se realizarán una serie de comentarios y menciones al trabajo de Ivickas Magallan (2023), quien presenta un estudio de caso sobre otra explotación del Grupo Erice.

Con este trabajo se espera poder demostrar que, con la correcta identificación de las distintas subáreas dentro de un mismo lote, es posible obtener un mayor rinde promedio junto con la menor utilización de insumos. Esto implica que los aportes adicionales de insumos aumentan los ingresos en una escala mayor que los costos de dicho aporte. Adicionalmente, la identificación de áreas permite disminuir los costos por ahorro de insumos en una escala mayor que la reducción potencial de ingresos por un menor rendimiento de grano.

Capítulo 1. Adopción de tecnología en el sector agropecuario.

1.1. Velocidad de los cambios tecnológicos y sus implicancias en el sector productivo

La tecnología y su aplicación a los procesos productivos determina variables fundamentales de una explotación, como lo son la relación insumo-producto, la cantidad y calidad de mano de obra a contratar (con una repercusión en los costos) o el rendimiento promedio esperado. En estas variables también incide el tamaño de las explotaciones, la amortización del desembolso realizado para adoptar tecnología y -aunque de manera más difusa pero no por eso menos importante- las expectativas de los agentes en torno a su adopción y transformación del proceso productivo a nivel micro. Adicionalmente, la velocidad del cambio tecnológico impacta sobre la relación que existe entre el productor y la explotación.

La velocidad del cambio tecnológico no solamente modifica las estrategias al interior de las explotaciones, sino que genera una relación distinta entre el agente productivo y su medio. De acuerdo con lo señalado por algunos autores, en los últimos veinticinco años se produjo un proceso de agriculturización sin precedentes en la Región Pampeana, Noreste y Noroeste, en donde la producción agraria argentina “pasó de unos 40 millones de toneladas a principios de la década de 1990 a más de 120 millones en la actualidad” (Martínez 2021: 32). En este período, la superficie sembrada también creció de 15 millones de hectáreas a cerca de 34 millones en la actualidad y el rendimiento medio de los principales cultivos de cereales y oleaginosas pasó de 2,5 tn/ha en la década de 1990 a 4 tn/ha en la actualidad (Martínez 2021: 33). Los datos respaldan ampliamente la idea de que los productores argentinos son proclives a la adopción de tecnología.

Para Bragachini (2019), entre 1997 y 2008 se produjo un gran avance en materia de adopción tecnológica en el sector agropecuario. Este fenómeno se observa en el incremento de la producción granaria, que “avanzó de 50 a casi 100 M/t con un incremento muy importante en lo económico exportable” (Bragachini, 2019: 1). La soja jugó un papel central en este incremento, gracias a la adopción de un paquete tecnológico asociado. La siembra directa generó una transformación sustancial en la fisonomía del agro argentino que, según el autor, fue casi total para la soja, el maíz y el trigo, alcanzando

el 93% del área sembrada (Bragachini, 2019: 4). Argentina es el país de mayor desarrollo y adopción porcentual del mundo en esta técnica.

A partir de un relevamiento del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de 2022, es posible señalar el avance de la adopción de tecnología en el sector. Allí se afirma que “la combinación de teléfonos celulares inteligentes con geolocalización, sumado al análisis e interpretación de diferentes tipos de datos, hacen que el trabajo de manera remota sea una realidad en el agro”. Afirman que “el 92% de los consultados usa aplicaciones y plataformas en alguna etapa de la producción” (Ministerio de Economía, 01/06/2022). Parecería existir un marcado sendero de utilización de tecnologías e innovaciones en el agro, lo que genera un ecosistema de empresas abocadas a su desarrollo de manera independiente y/o en conjunto con el Estado.

Otro estudio realizado por el INTA Manfredi y Paraná (2021) avala esta hipótesis. Según los ingenieros Diego Villarruel, Diego Scaramuzza y Ricardo Melchiori, el agro argentino se encuentra “ante la presencia de una revolución tecnológica-digital en la maquinaria agrícola, donde la eficiencia en las labores y la generación de datos son el propósito primordial, asociado al incremento del rendimiento alcanzable en los diferentes cultivos” (Agrofy, 08/03/2021). Los investigadores plantean que el productor local medio ha incorporado de manera temprana la siembra directa y su paquete tecnológico asociado. Si bien se produjo un crecimiento sostenido de la adopción de tecnología en el sector agropecuario, se destaca la situación en cinco grandes rubros:

- Guía automática.
- Precisión en la siembra.
- Monitoreo de rendimiento.
- Sensores para aplicación selectiva en el control de malezas.
- Telemetría.

Las ciencias empresariales discuten de manera ampliada lo auspicioso del proceso que se produce en el sector agropecuario. Tal es el caso de Gonzalez (2021), quien se pregunta cuál es el grado de relación existente entre el productor agropecuario y las tecnologías digitales y cómo afectan éstas el proceso de toma de decisiones al sector. Si bien sostiene que el uso de tecnología digital por parte del productor es relativamente bajo, “las empresas agtech proponen nuevas soluciones a través de tecnologías digitales para dar apoyo en la toma de decisiones programadas y no programadas” (Gonzalez, 2021: 7).

Podría decirse que la incorporación de lo digital al proceso productivo y de toma de decisiones en el agro argentino es el desafío actual que atraviesa el sector. Bisang et al (2022) sostienen que este cambio es reciente (alrededor de una década) y que lo que denominan paradigma agtech, además de hacer más eficientes las tareas diarias, derivó en nuevas oportunidades para el escalamiento en cadenas globales de valor (Bisang et al, 2022: 5). En ese mismo estudio, los autores sostienen que el surgimiento de las empresas de base digital -que brindan servicios al sector agropecuario y dinamizan en la actualidad la manera de pensar la producción-, no estuvo solamente ligado a la visión emprendedora de unos pocos visionarios. Consideran que las startups y nuevas tecnologías digitales fueron estimuladas por los ecosistemas locales de innovación.

En este contexto de transformaciones y adopciones de tecnología, los expertos han acuñado el término de agricultura 4.0 o Agtech, para hacer referencia a la transformación digital e informatización de los sistemas de producción, donde confluyen e interactúan diversas tecnologías como pueden ser los sistemas de integración, los robots inteligentes, el big data, entre otros (Lachman et. al, 2022: 7). La agricultura de precisión (AP) posiblemente es la tecnología disponible que mejor ilustra el paradigma Agtech y cómo incide la velocidad del cambio tecnológico en la producción. Lachman et. al. (2022: 21) sostienen que en los cultivos extensivos, la AP se encuentra más difundida. El caso del maíz es un buen ejemplo porque es un cultivo que tiene una gran sensibilidad sobre la tecnología aplicada: los rendimientos pueden variar considerablemente según el set tecnológico. Por el contrario, no sucede lo mismo con el trigo, que es menos sensible a la aplicación selectiva de insumos, haciendo que el productor se incline por tecnologías disponibles que no necesariamente son las de vanguardia. Este tema será abordado con mayor detalle y profundidad en el siguiente capítulo.

Más allá de esta tendencia a la adopción de nuevas tecnologías disponibles, no siempre es posible o viable su implementación. El caso de la producción con productos biológicos es un ejemplo de una oferta creciente disponible, pero con escasa adopción por parte del productor. Los expertos señalan que lo que opera fundamentalmente en la toma de decisión sobre su adopción es un análisis de tipo costo/beneficio (Expoagro, 25/02/2023).

1.2. La relación costo-beneficio en la toma de decisiones. El riesgo en la ecuación.

Cuando el productor adopta tecnologías disponibles, lo hace teniendo en cuenta múltiples variables que afectan su decisión. Sin embargo, es posible afirmar que existen estratos o jerarquías entre tales variables y una de las más fundamentales está vinculada a la relación costo-beneficio que el agente realiza sobre esta cuestión. Gallacher y Lema (2017: 25) sostienen que para realizar este análisis conviene considerar no solo la situación de la producción primaria sino también mirar las etapas hacia arriba o hacia abajo de éstas; como también el comportamiento de las instituciones públicas que tienen injerencia en el sector. La respuesta a los precios y las expectativas de los agentes es lo que mejor explica las decisiones de negocios, entre las que se incluye la adopción de tecnologías disponibles.

A modo de ejemplo, cuando se observa la adopción de nuevas tecnologías en torno a la agricultura digital, -en donde existen maquinarias y equipos que ofrecen aplicaciones selectivas con hasta un 80% de ahorro en herbicidas-, el sentido común tiende a inferir que su difusión y utilización por parte del productor es masiva. Sin embargo, fuentes calificadas del sector señalan que en el contexto actual “todavía hay una brecha amplia entre quienes adoptan las nuevas tecnologías y quienes tienen una actitud pasiva”. Las mismas fuentes señalan que “solo un 14% de los productores usa prescripciones variables” (La Nación, 10/04/2021).

Entre los usos y costumbres más extendidos en el sector agropecuario a la hora de tomar decisiones, se encuentra el análisis de los márgenes brutos para conocer la rentabilidad de un negocio y definir si se avanza o se declina con la acción. Si bien existe una variedad de instrumentos y metodologías que resultan de utilidad y son más sofisticadas, el margen bruto sigue siendo una manera intuitiva y simple de análisis para establecer si se avanza o no con un negocio en términos de su eficiencia (Artana, 2001). Bajo esta óptica, la relación costo-beneficio tiene una linealidad que puede llevar a tomar decisiones poco eficientes.

Balestri et. al. (2016: 115) sostienen que “la capacidad gerencial y la aplicación de herramientas de gestión son factores claves para el crecimiento o sobrevivencia de las empresas agropecuarias”. El acceso a la información a la hora de elaborar estimaciones y costos, resulta clave. Otros autores señalan al hablar beneficio económico, se hace mención a tres elementos: precios, cantidades vendidas y costos. En la cuestión precios y cantidades se está aludiendo a datos del mercado. El tercero, al menos en el sector agrario, es muy importante porque puede ser modificable desde la gestión empresarial (Ferro Moreno, 2017: 15)

Por lo tanto, también conviene señalar que por la vía del management y la administración eficiente del negocio es posible generar saltos de rentabilidad que se suman a la adopción de tecnología que mejoran la productividad. El análisis de este binomio permite comprender en mayor detalle la complejidad existente detrás de las decisiones que miden el costo y el beneficio.

Otro eje a tener en cuenta a la hora de analizar la toma de decisiones sobre la adopción de tecnología en el sector agropecuario, tiene que ver con las expectativas de los agentes en relación a variables tales como precio, clima y marco jurídico-normativo (este último determinante para el caso argentino). El productor agropecuario toma decisiones con determinada información al momento de la siembra, que muchas veces sufre grandes alteraciones al momento de la cosecha. La incertidumbre es mayor que en otro tipo de negocios. Incorporar nuevas tecnologías o mantener la dinámica productiva tal como está, resulta una tarea compleja.

El riesgo es una cuestión de suma importancia para las decisiones de los agentes productivos en la agricultura. Tal es así, que existen tipologías definidas y aceptadas por la literatura especializada en el tema. Podría decirse que son cuatro conjuntos de cuestiones a determinar cuando se habla de riesgo agropecuario. Estos son: riesgo de la producción, riesgo económico, riesgo humano y riesgos sociales y políticos. Lo interesante no es solamente la existencia de las categorías sino el hecho de que distintos agentes, frente a un mismo pool de variables a considerar, la visión de futuro puede diferir en forma sustancial (Miguez, 2014: 73-74). Para achicar esa suerte de dispersión en la mirada de futuro, la estadística y la probabilidad pueden convertirse en buenos aliados de los empresarios agrarios.

Berger sostiene que la importancia del análisis de riesgo en el sector agropecuario no radica en la certeza de éxito sino en “información para poder trabajar con una menor probabilidad de fracaso” (Berger, 2016: 1). Lo importante en esta visión del fenómeno pasaría por ajustar expectativas con datos históricos. El productor debería ajustar su estrategia en base a patrones, posibilidades y probabilidades de que determinados eventos climáticos o de precios sucedan. Esta mirada en clave cuantitativa no elimina en absoluto la cuestión del riesgo. Lo que sí permite es ponerle números a la siguiente pregunta: ¿qué podría pasar si se cumplen los supuestos analizados? (Berger, 2016: 3). Incorporar tecnología es un tema directamente ligado a cómo el productor responde esta pregunta.

Adicionalmente, los rindes y los precios se suman a este complejo esquema, donde el entramado de variables para la toma de decisiones en la relación costo-beneficio se

materializa. Cuestiones como el rinde histórico, el rinde promedio y/o el rinde esperado son tomados en consideración por los productores. Por su parte los precios históricos y actuales de un producto, actúan como contenedores y transmisores de información (Hayek, 1945), permitiendo al tomador de decisión definir el curso de acción de cara a la campaña futura. Sería raro encontrar a un productor agropecuario que incorpore tecnología si sabe con antelación que va a generar pérdidas.

Por otra parte, la cultura también debe ser ponderada cuando se piensa en la toma de decisiones que realizan los actores sociales. La literatura sociológica propone múltiples visiones al respecto. No existe un consenso sobre su definición conceptual, aunque el enfoque comprensivista propuesto por Max Weber es uno de los más difundidos y extendido en las ciencias sociales. También tiene un gran peso el aporte de la antropología a los estudios culturales. En este sentido, la “descripción densa” propuesta por Clifford Geertz (1987), hace referencia a la búsqueda de significaciones desde una visión interpretativa. En ambos casos, lo que se busca es comprender a partir de la interpretación, las acciones orientadas por un sentido.

A la hora de pensar en cómo afecta el factor cultural la decisión de adoptar o descartar una tecnología disponible en el mercado, la literatura especializada tiende a correrse de la interpretación y comprensión de los sentidos de la acción para girar con mayor fuerza en torno al análisis económico. Si bien es una posición que reduce el fenómeno a una limitada cantidad de variables, también resulta efectiva y mensurable si lo que se pretende es observar cómo y por qué un actor social toma determinadas decisiones económicas y productivas.

1.3. Breve síntesis de lo expuesto en el capítulo.

Este capítulo presenta una breve descripción de los cambios tecnológicos a través del tiempo. A nivel local se observa que, en los últimos treinta años, el productor agropecuario local manifiesta una clara tendencia a la innovación, que le permitió y le permite estar en contacto con la tecnología de punta. Se destacan la implementación de la siembra directa y el paquete tecnológico asociado entre las décadas de los 90 y los 2000 y el paradigma Agtech en la actualidad.

Finalmente se analizaron los factores que inciden en la toma de decisiones para la adopción de tecnología. El foco estuvo puesto en la relación costo-beneficio a la hora de tomar decisiones económicas, la cuestión del riesgo y la importancia de su análisis en el

negocio agropecuario, así como el factor cultural a la hora de pensar la adopción tecnológica. Si bien debe el factor cultural debe ser incluido en cualquier análisis maso menos serio del tema, por su complejidad en la operativización y la poca capacidad de replicar estudios cualitativos, la mirada económica y productiva resulta más útil para delimitar los elementos que el productor considera relevantes en su toma de decisión.

Capítulo 2. Agricultura de precisión y Agtech

2.1 Principales características de la agricultura de precisión

La Agricultura de Precisión es definida como la intervención correcta, en el momento adecuado y en el lugar preciso. Efectuar la intervención correcta significa aportar la dosis de nitrógeno adecuada, depositar la cantidad de semilla necesaria o distribuir la cantidad de fitosanitario requerida. El momento adecuado está relacionado con la mayor o menor automatización de la acción, es decir, el poder modificar las cantidades de producto anteriormente relacionadas en el instante que ello sea necesario, y no únicamente al inicio de la labor. Por último, el lugar preciso no solo considera la variabilidad entre parcelas, sino también la variabilidad intra parcelaria (Gil, 1997).

La Agricultura de precisión también se define como una tecnología de información basada en el posicionamiento satelital. Se recogen datos a través de las diferentes capas de información como: mapas de rendimiento, mapas topográficos, imágenes satelitales, índices espectrales, experiencias anteriores del productor o bien mapas de información obtenidos en el campo georreferenciado. Todo esto permite definir dentro de un lote sitios con diferente potencialidad de rendimiento. Es aquí donde la siembra variable toma relevancia, con el objetivo de hacer un uso más racional y eficiente de los insumos. Es decir, aplicar la cantidad de semilla y fertilizante al que cada ambiente responde en términos agronómicos y económicos.

La práctica dominante de los productores agropecuarios en la Argentina y en el mundo, consiste en aplicar la misma cantidad de semilla y de fertilizante nitrogenado en toda la superficie del campo, sin considerar la posible variabilidad espacial de las necesidades de este nutriente. Por este motivo Scharf et al. (2005) ha señalado que es frecuente la fertilización en exceso en algunos sectores del lote y la subfertilización en otros.

El manejo de la fertilización nitrogenada y la variación de la densidad de siembra afectan el rendimiento del cultivo, lo que repercute en los indicadores económicos del productor y alteraciones ambientales dado que se aplican fertilizantes nitrogenados inorgánicos al suelo. En cultivos como el maíz, los cuales son sensibles a la fertilización nitrogenada y a la variación en la densidad de siembra, identificar niveles óptimos de

insumos aplicados implica maximizar la rentabilidad del productor y reducir el impacto ambiental originado por la pérdida provocada por la aplicación en excesos (Kablan et al., 2017).

La cantidad de nitrógeno necesario que debe estar disponible para incrementar el rendimiento en grano del cultivo, presenta gran variabilidad según el ambiente y el tipo de suelo (Kablan et al., 2017). Un aumento en la intensificación a nivel manejo sitio específico de la densidad acompañada de un adecuado nivel de fertilización, permite lograr altos rendimientos en grano (Ogando *et al.*, 2017). La agricultura de precisión como herramienta agronómica a disposición de los productores, facilita el manejo de la densidad de siembra y la dosis de fertilizante nitrogenado que se aplica por unidad de área. Por esto es importante, para cada ambiente en particular, conocer las variables que afectan el rendimiento, entre ellas densidad y dosis de nitrógeno.

El cultivo de maíz como cereal de importancia a nivel mundial, cumple un rol determinante en lograr el desarrollo de prácticas agronómicas orientadas en los principios de la sustentabilidad. Se deben utilizar los insumos que la producción requiere en forma racional, apuntando a maximizar los rendimientos, reducir el impacto ambiental y aumentar la rentabilidad global del sistema (Eyhérbide, 2007).

El crecimiento poblacional y la problemática global del industrialismo están generando problemas ambientales, alimentarios, sociales, económicos y financieros. Ante esta situación la producción de alimentos deberá volverse más eficiente y sostenible. Actualmente se observan profundos cambios tecnológicos como el desarrollo de la electrónica y de las tecnologías de la información y comunicación que favorecen la difusión de la agricultura de precisión. La AP constituye una respuesta a este desafío buscando maximizar la producción mientras reduce los gastos de inversión e impacto ambiental. La aplicación virtuosa del concepto de agricultura de precisión está asociada a una visión sistémica e interdisciplinaria (ciencias agrícolas, sistema de información, ingeniería, robótica, etc). La adopción exitosa de la AP requiere de la participación del gobierno, industria, academia y productores.

2.2. Características actuales del agro argentino en relación a la adopción de tecnología

Bragachini (2019) sostiene que entre 1997 y 2008 se produjeron avances sin precedentes hasta la fecha en lo que refiere a la adopción tecnológica en el sector agropecuario. Particularmente se manifiesta en el aumento de la producción de granos, donde se pasó de 50 a cerca de 100 millones de toneladas cosechadas (Bragachini, 2019: 1). El papel de la soja terminó siendo nodal. Conviene señalar que esto no pudo haber sido posible sin la adopción de un paquete tecnológico asociado.

En este sentido, la siembra directa generó una transformación sustancial en la fisonomía del agro argentino. Según Bragachini (2019: 4), la siembra directa continua sin labranza con cobertura de rastrojo fue casi total para la soja, el maíz y el trigo, alcanzando el 93% del área sembrada. Para el autor, Argentina es el país de mayor desarrollo y adopción porcentual del mundo en esta técnica. Algo similar sucede en el caso de la adopción de inoculantes y la aplicación de fertilizantes (80% y 70% respectivamente) en el proceso productivo (Bragachini, 2019: 5).

Actualmente, el sector agropecuario argentino ofrece un panorama muy interesante en relación con la tecnología y su adopción. Según un relevamiento del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de 2022, “la combinación de teléfonos celulares inteligentes con geolocalización, sumado al análisis e interpretación de diferentes tipos de datos, hacen que el trabajo de manera remota sea una realidad en el agro”. Afirman que “el 92% de los consultados usa aplicaciones y plataformas en alguna etapa de la producción” (Ministerio de Economía, 01/06/2022). Las afirmaciones precedentes hacen pensar que existen buenas condiciones para generar un ecosistema de empresas abocadas al desarrollo de tecnologías sectoriales, ya sea de manera independiente y/o en conjunto con el Estado.

Un estudio realizado por el INTA Manfredi y Paraná (2021) propone cuestiones similares. Los autores del informe reconocen la existencia de una “revolución tecnológica-digital” en lo que refiere a maquinaria agrícola. Lo novedoso no sería tanto la potencia o calidad de los motores u otras partes del vehículo sino la eficiencia en las labores y la generación de datos, además del rendimiento alcanzable en los diferentes cultivos. (Agrofy, 08/03/2021).

Villarruel, Scaramuzza y Melchiori destacan que el productor local medio ha incorporado de manera temprana la siembra directa y su paquete tecnológico asociado. También sostienen que, si bien es cierto que hubo un crecimiento sostenido de la adopción de tecnología en el sector agropecuario, hay cinco rubros donde las diferencias son

notables. Estos serían: 1-Guía automática; 2-Precisión en la siembra; 3-Monitoreo de rendimiento; 4-Sensores para aplicación selectiva en el control de malezas; 5-Telemetría.

El relevamiento realizado por el INTA destaca que “el total del parque activo de cosechadoras cuenta con un sistema de monitoreo de rendimiento, a excepción de casos puntuales donde el sistema de monitoreo requiere un chequeo de mantenimiento o ya cumplió su vida útil y requiere un reemplazo” (Agrofy, 08/03/2021). Los datos al respecto resultan contundentes. Para los cinco rubros previamente mencionados, su evolución a lo largo del período 2010-2020 es elocuente.

Tabla 1. Estimación de la evolución de números de equipos, en unidades acumuladas en los diferentes rubros tecnológicos.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Monitores de rendimiento	7400	8365	8865	9643	10544	11540	12456	13815	14767	16140
Dosis variable en sembradoras	10801	2076	2348	2679	2975	3263	3515	3978	4138	4608
Monitores de siembra	12160	14705	16905	19784	21426	22854	24882	27100	28811	30800
Banderillero satelital en pulverizadoras	12298	13270	14589	15797	17087	18342	19158	20347	20647	21018
Guía automática	1150	2710	3610	4120	5530	6708	9035	12308	14430	17174
Cortes por sección pulverizadoras	640	1081	1481	2121	2410	2738	3375	4256	4309	4351
Cortes por sección sembradoras	25	45	55	79	103	119	189	263	288	319
Sistemas de corrección a <10 cm	50	110	200	210	360	823	2290	3566	4831	5953
Sistemas de corrección a >10 cm					157	431	1130	3184	5415	8426
Telemetría				37	120	196	409	839	1358	1877
Control					21	64	160	233	278	328

selectivo de malezas										
Sensor manual de N en tiempo real						80	101	104	116	120

Fuente: INTA Manfredi, 2020

Esta situación auspiciosa en materia de adopción de nuevas tecnologías disponibles en el agro también es discutida en la actualidad por las ciencias empresariales. Podría decirse que la incorporación de lo digital al proceso productivo y de toma de decisiones en el agro argentino es el desafío actual que atraviesa el sector. Para Bisang et al (2022) este cambio es una cuestión reciente y lo que suele denominarse paradigma agtech, además de hacer más eficientes las tareas diarias, derivó de manera indirecta en nuevas oportunidades para el escalamiento en cadenas globales de valor (Bisang et al, 2022: 5).

Adicionalmente, para los autores el surgimiento de las empresas de base digital -que brindan servicios al sector agropecuario y dinamizan en la actualidad la manera de pensar la producción-, no estuvo solamente ligado a la visión emprendedora de unos pocos visionarios. Consideran que las startups y nuevas tecnologías digitales fueron estimuladas por los ecosistemas locales de innovación. Para los casos de Argentina y Uruguay, identificaron tres grandes elementos que condicionaron su desarrollo y crecimiento:

- La demanda local como espacio para la identificación de oportunidades de negocio, testeo y validación de los productos.
- La interacción con instituciones de apoyo (aceleradoras e incubadoras).
- La disponibilidad en el mercado de mano de obra calificada para crear y prestar este tipo de servicios (Bisang et al, 2022: 7).

La tendencia a incorporar con mayor velocidad la tecnología digital disponible por parte de los productores no se debe a una moda o tendencia sino más bien a criterios que tienen racionalidad económica. Ante un contexto global de aumento de los costos en los insumos para la producción, la adopción de agtech resulta más conveniente que en otros contextos previos.

A partir de una encuesta realizada por la consultora Mc Kinsey, “los altísimos precios de semillas, fertilizantes y fitosanitarios estarían generando que más productores busquen nuevas tecnologías para no perder rentabilidad” (La Nación, 11/10/2022). Si bien el análisis fue realizado sobre una población de 1300 agricultores estadounidenses, el autor

de la nota considera que la respuesta podría ser replicable en el caso del productor argentino.

Si bien la tendencia a adoptar nuevas tecnologías es algo manifiesto, no sería correcto afirmar que siempre que exista una posibilidad de hacerlo, la implementación es inmediata y/o viable. A modo de ejemplo, la producción con productos biológicos demuestra una oferta creciente disponible. Sin embargo, todavía es escasa y marginal su adopción. Para los expertos esto se debe a que la relación costo/beneficio se percibe como negativa para el grueso de los tomadores de decisión agropecuarios (Expoagro, 25/02/2023).

2.3. El nuevo paradigma Agtech y su incidencia en la productividad del agro

El término 'AgTech' surge de la combinación de las palabras “agricultural” y “technology”. Abarca una amplia gama de nuevas tecnologías digitales que son brindadas a lo largo de los diversos eslabones de la cadena productiva agrícola-ganadera, incluyendo desde las fases de producción a campo, hasta la industrialización y posterior comercialización. Este conjunto de tecnologías tiene como fin aumentar la productividad, la eficiencia y la rentabilidad. Según Ivan Ordoñez el agtech:

“Es la capacidad de insertar la masa de información, el análisis de datos en la agricultura. Es una aplicación que, con imágenes satelitales, toma información del lote, la procesa y da una receta de aplicación variable de nitrógeno por metro cuadrado. Con ese nivel de precisión, esa receta indica que, cuando el cuadrado del metro cuadrado está en un verde más intenso, el cultivo necesita menos nitrógeno y cuando el cuadrado está más rojo necesita más nitrógeno” (La Nación, 17/08/2022).

Se produce entonces una reducción de costos en el procesamiento de la información junto con una menor utilización de insumos y además se optimiza la cantidad de insumos.

Algunos ejemplos de nuevas tecnologías pueden ser los implementos para la agricultura de precisión como sensores para realizar siembras y fertilizaciones con dosis variable de insumos por ambientes, banderilleros satelitales para georreferenciar las aplicaciones de fitosanitarios y por el lado del software, aplicaciones o sitios para ver pronósticos climáticos o mercados online. Este tipo de tecnología permite almacenar y gestionar datos provenientes del campo, la genética, las transacciones y fenómenos climáticos, antes impensados, que generan un nuevo paradigma y un sinfín de aplicaciones para el agro.

Lachman y López (2018) identifican dentro del nuevo paradigma de agricultura de precisión diversas tecnologías. Por un lado, aquellos emprendimientos que desarrollan equipos e implementos. Estas empresas desarrollan dispositivos electrónicos que son implementos sobre la maquinaria agrícola de forma tal de volver más eficiente su uso y/o el empleo de insumos. El segundo grupo, donde se inscribe el sector AgTech, brinda servicios a partir del desarrollo de nuevas tecnologías basados en el conocimiento. Estos servicios suelen ser brindados a partir de plataformas digitales.

Los productores agropecuarios se insertan en una actividad cada vez más competitiva, la cual los induce a incorporar a su paquete tecnológico diferentes herramientas de Agricultura de Precisión. Ante este nuevo escenario, donde las empresas deben responder al avance de la tecnología, son muchas las explotaciones que iniciaron un manejo variable de insumos según la necesidad y potencial de cada ambiente.

Uno de los objetivos de las empresas agropecuarias hoy en día es adaptarse a la innovación tecnológica e incorporar los paquetes tecnológicos mencionados anteriormente. De esta manera la empresa Gustavo Erice, que será objeto de estudio en el próximo capítulo, hace aproximadamente tres años incorporó el uso de My John Deere. My JD es un portal online o una app que permite gestionar, ver, analizar, archivar y compartir información agronómica de cada lote. Operations Center está construido sobre un plan de cuatro pasos: configurar la organización, planificar el trabajo, supervisar y analizar el rendimiento.

La configuración le permite al operador reducir la posibilidad de que su equipo cometa errores o introduzca datos incorrectos. La planificación permite realizar el trabajo de manera más sencilla en el campo y dirige la eficacia del operador. Además, maximiza las ventanas de trabajo. El acceso remoto al monitor le otorga la posibilidad al administrador de supervisar la operación ya que proporciona información del equipo, del personal y del campo. También recibe notificaciones sobre alertas del equipo para que la agencia resuelva de manera rápida los problemas que puedan surgir en el campo. Por último, los análisis que presenta el sistema permiten realizar ajustes para el año siguiente. Permite planificar mejores rindes, eficiencia en costos y rentabilidad. Las herramientas de análisis proporcionan datos sobre el rendimiento de equipos, campos y productos, lo que le permite desbloquear el potencial económico oculto.

Esta aplicación resulta práctica para visualizar los distintos equipos de la empresa de manera sencilla, realiza un listado de las máquinas y permite acceder a la información que cada una de ellas genera. Se puede ingresar al monitor de la máquina que se encuentra

trabajando (tractores, cosechadoras, pulverizadoras), descargar mapas de rendimientos, conocer el gasto de combustible por hectárea, velocidad a la que trabaja, entre otras funciones. También permite ver si la máquina está detenida o en funcionamiento. Otros beneficios que presenta son el uso de alertas y notificaciones en caso de algún problema que presente el equipo, manuales para el operador, medición de horas de operación, compra de piezas, etc. La principal contribución de la app es el acceso a la información continua que genera cada una de las máquinas. Toda esta información queda registrada (siembra-pulverización-cosecha).

A su vez My John Deere se vincula con otra app que es Echelon, brindada por Nutrien (empresa proveedora fundamentalmente de fertilizante, además de otros servicios). Echelon es una herramienta de agricultura de precisión y de agricultura digital, que le permite al productor tener el mapa más certero del campo para la planificación de la siembra y la cosecha, optimizar el uso de los insumos para cultivos y minimizar las pérdidas para el medio ambiente, entre otras utilidades. Uno de los objetivos es brindar una recomendación de fertilización variable. Para ello se toma un potrero y se lo divide en zonas de diferentes potenciales. Se sacan muestras de suelo geo-referenciadas en cada zona y en base al resultado se hace una recomendación de fertilización variable para optimizar recursos. Esto permite por ejemplo generar prescripciones de siembra variable de maíz.

2.4. Agricultura de precisión vs. Siembra tradicional

La agricultura tradicional o convencional se basa en recomendaciones generales para extensiones relativamente grandes, considerando al terreno homogéneo. Aplica los insumos en base a promedios sobre toda la superficie de siembra, lo cual incrementa los costos de inversión y el impacto ambiental (como la contaminación del subsuelo). Por lo tanto, las labores se extienden a grandes regiones geográficas, para varias especies vegetales o para suelos “tipo”, sin tener en cuenta las especificidades propias del sitio y del cultivo.

En contraste, la agricultura de precisión (AP) busca optimizar el proceso productivo a partir del manejo de la variabilidad del agroecosistema. Este concepto surge de la creciente conciencia de que el manejo tradicional de la agricultura basado en la

generalización y en los promedios conlleva a un pobre entendimiento del proceso de producción, resulta costoso, es ineficiente en el uso de los recursos productivos y es causa de impactos ambientales negativos (Oficina de información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión, 2018).

La agricultura de precisión permite establecer estrategias de manejo para usar los recursos necesarios en la cantidad requerida, en el lugar adecuado y en el momento oportuno. Esto implica un gran potencial para mejorar la gestión de la empresa en aspectos tanto ambientales como económicos.

Se requieren tres etapas para la adopción de AP. La primera es la recolección de datos a partir de equipos especializados como satélites o sensores remotos. La segunda etapa es el análisis de los datos que permite realizar sugerencias para manejar adecuadamente la variabilidad espacio temporal detectada. Por último, la implementación es la etapa en la cual el productor siembra en base a las recomendaciones efectuadas por el especialista.

Existen cinco tecnologías asociadas a la AP: los sistemas de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) y de información geográfica (GIS), sensores remotos, monitores de rendimiento/aplicación y maquinaria inteligente.

La Agricultura de Precisión representa una herramienta útil para el productor debido a que, como se mencionó anteriormente, permite reducir los costos medioambientales, optimiza los inputs, incrementa la precisión en la producción e incorpora la trazabilidad al proceso. Sin embargo, existen barreras importantes que deben ser solucionadas antes de su plena implementación:

-La AP implica un elevado volumen de información, conocimientos propios derivados de la experiencia, datos de variabilidad climática y exigencias del mercado. Por lo tanto, son necesarias herramientas de integración de información y sistemas de expertos de soporte a las decisiones.

-Se requiere el desarrollo de estrategias para la determinación de variabilidad intraparcelsaria y validación científica de los beneficios generados.

-La obtención de datos relativos al suelo, cultivo y condiciones ambientales resulta una labor costosa en tiempo e inversión.

2.5. Breve síntesis de lo expuesto en el capítulo.

Este capítulo brinda una breve descripción del concepto de Agtech y Agricultura de Precisión y los posibles beneficios que este conjunto de tecnologías provee al sector

agropecuario argentino. También se destaca el rol de Argentina en la rápida adopción de tecnología mencionando los casos de siembra directa, aplicación de inoculantes y aplicación de fertilizantes. La revolución tecnológica y digital permitió mejorar la eficiencia de las labores, la generación de datos y el rendimiento de los cultivos. Además, se mencionan dos plataformas utilizadas por el grupo Erice dentro de las Agtech, las cuales le permitieron introducir un cambio en la estructura y organización de la empresa. Por último, se presenta la diferencia principal entre agricultura tradicional y agricultura de precisión.

Capítulo 3. Estudio de caso: explotación “El Doradito”.

3.1 Breve descripción de la estructura empresarial Gustavo Erice

La empresa Gustavo Erice se dedica a la producción de cereales y oleaginosas desde hace más de 30 años. Gustavo nació en la localidad de Pirán, partido de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, donde su padre era productor agropecuario. Sus primeros pasos como productor fueron junto a su padre, en principio realizando la cosecha y siembra como operario. Luego de terminar sus estudios secundarios decidió estudiar Ingeniería Mecánica, lo que le permitió tener un gran conocimiento sobre la maquinaria agrícola. Comenzó su empresa con tan solo 30 hectáreas de maíz, las cuales fueron

sembradas con ayuda de un familiar que le prestó la maquinaria necesaria. A la par de su comienzo como productor, comenzó a administrar dos empresas: una de la familia de su esposa (Los Tilos SA) y otra (San Antonio de Padua) cuyos propietarios decidieron mudarse a Estados Unidos y delegar gran parte de las decisiones en Gustavo.

Gustavo Erice arrienda hoy en día aproximadamente 4200 hectáreas localizadas entre el partido de Balcarce, General Alvarado y General Pueyrredón. También administra 1122 hectáreas de Los Tilos, ubicadas en General Pueyrredón-Balcarce y 824 hectáreas de San Antonio de Padua en Comandante Nicanor Otamendi- General Alvarado. Realiza todas las labores: preparación del suelo, siembra, cosecha, fumigación, fletes, etc. Las unidades de negocio de la empresa son las siguientes:

- 1- Maquinaria: equipo necesario para la labranza del suelo, preparación de semilla, fumigación, siembra y cosecha. Los operarios de la maquinaria se capacitan constantemente en la agencia de John Deere. Cliente interno y contratista. Realiza labores para campos vecinos y realiza la siembra para dos semilleros (Sygenta y Corteva).
- 2- Producción agrícola: constituida por los cultivos maíz, soja, soja de segunda, girasol, trigo, cebada.
- 3- Hacienda: este año en particular solo cuenta con un rodeo de vaquillonas
- 4- Camiones: gran parte del año viajan realizando entregas al puerto, independientemente del momento de cosecha. La logística es un punto clave en la organización de todos los días. La empresa dispone de 5 camiones.
- 5- Administración: en la oficina trabaja un contador de forma permanente, con ayuda de otro contador externo.

Los Tilos SA tiene en su patrimonio tres campos: La Esperanza, Valle Feliz y La Confianza. Este último es alquilado a GE. Además, GE siembra en sociedad con una agronomía de Balcarce llamada Tery Terra otras 420 hectáreas en la localidad de Mar del Plata. En esta sociedad la empresa aporta la maquinaria, los camiones; y la agronomía los insumos y el asesoramiento técnico. El sistema de producción actual está conformado mayoritariamente por agricultura (maíz, girasol, soja, trigo y cebada). Además, cuenta con un rodeo de 125 vaquillonas.

En lo que respecta a la estructura de propiedad, un 30% de la superficie del sistema de producción es parte del patrimonio familiar, y un 70% es arrendada. Los contratos de alquiler son mayoritariamente a monto fijo (1100 kg de soja) y uno de los campos de mayor superficie que arrienda la empresa es a porcentaje (30%). El pago difiere en cada uno de los contratos dependiendo de los requerimientos de los dueños. Por ejemplo,

algunos alquileres se pagan en 3 cuotas anuales, otros en dos y otros se pagan todos los meses (fijando el precio del dólar y la tonelada de soja).

Al igual que en el caso de otros productores agropecuarios que realizan planteos extensivos, GE enfrenta diferentes tipos de incertidumbres y riesgos. Los riesgos pueden ser climáticos, financieros, biológicos, económicos. El riesgo se define como la exposición de un sujeto a consecuencias particularmente desfavorables. Algunas de las estrategias para administrar riesgos pueden ser: diversificación de actividades, mantenimiento de reservas forrajeras, la flexibilidad de adaptación a cambios climáticos, de precios, etc y el planeamiento de los flujos de gastos (Pordomingo E; 2017).

En el caso de la empresa estudiada el riesgo climático se administra de dos maneras. Por un lado, se diversifica en zonas de producción, sembrando en tres localidades diferentes. También, en cultivos que tienen gran requerimiento de agua en su período crítico de desarrollo. Por ejemplo, en el caso del maíz, se riega el cultivo para disminuir este potencial riesgo.

El riesgo tecnológico se refiere a la eventual imposibilidad de otorgarle al equipamiento o maquinaria adquirida una tasa de uso significativa, que permita generar el retorno de la inversión generada y así absorber su obsolescencia. La empresa mitiga este riesgo cambiando el parque automotor de forma regular y otorgándole trabajo a las máquinas durante todo el ciclo productivo.

En cuanto al riesgo biológico los ingenieros agrónomos semanalmente realizan control de plagas-insectos y consecuentemente órdenes de aplicación para la pulverizadora en base al examen que realizan.

Para administrar el riesgo precio los dueños intentan estar constantemente informados de lo que sucede con los precios de los cultivos a nivel mundial y también de los insumos. Para tener mayor acceso a información es parte del grupo Novitas, el cual realiza reuniones una vez al mes para informar a todos los usuarios sobre los desafíos del mercado de granos y brinda asesorías. Además, el 50% de la producción se comercializa previo a la cosecha por medio de contratos forward (acuerdo entre dos partes para la compra o venta de una determinada cantidad de un activo subyacente en una fecha futura específica a un precio acordado previamente).

La diversificación implementada para mitigar el riesgo rinde se fundamenta principalmente en la siembra de distintas variedades de cultivos con distintas fechas de siembra y en distintas áreas geográficas. Para asegurar cierto nivel de rinde, particularmente en el maíz, se riega.

Los seguros contratados por la empresa son los siguientes: seguro integral de comercio (galpones y predios cubiertos), seguro de rodados y maquinarias, seguro de flota (cubre accidentes en la ruta), seguros de ingeniería (situaciones de trabajo). El costo de estos seguros es muy alto y se prioriza a éstos sobre los seguros de producción agropecuaria como puede ser el granizo o los seguros multi riesgo. La escala permite tomar esta decisión de no tomar seguros contra riesgo climático.

Otro mecanismo de administración de riesgo a nivel comercial es el guardado o acopio de mercadería para poder decidir cuál es el momento del año en que le conviene vender, ya sea por un precio que le parece razonable al productor o por la necesidad de dinero para realizar compras de insumos. También se entrega mercadería a fijar, se realizan contratos forward y canjes de soja por combustible o por fertilizante.

Por último, es importante mencionar el riesgo bancario o financiero. Actualmente la empresa GE no toma créditos bancarios, pero hace unos años compraba maquinaria con préstamos a 5 años y también para insumos. Para tomar estas decisiones la empresa evaluaba si la rentabilidad era la suficiente para su devolución. Además, las reservas físicas permitían absorber ese riesgo. Actualmente no toma préstamos para insumos porque el pago contado cuenta con un descuento significativo y los créditos actuales presentan tasas muy elevadas. El último crédito que tomó la empresa fue en 2020 para la compra de un fumigador (21,9% tasa fija en pesos), que fue otorgado por la concesionaria de John Deere en Balcarce. Otra herramienta que utilizan ambas empresas para cubrir el riesgo inflacionario es el fondo común de inversión. Utilizan la liquidez excedente en estos fondos y todos los días obtienen un rendimiento.

3.2 Análisis de datos campaña 2021. Explotación “El Doradito”

Finalizada la campaña anterior, la empresa conforme con el resultado del primer ensayo que se realizó en la explotación La Esperanza, adoptó la tecnología de siembra variable para la mitad de la superficie sembrada en El Doradito aproximadamente. Como criterio general, los lotes con mayor diferencia de ambientes dentro del lote fueron sembrados con siembra variable. Para continuar estudiando el tema, el productor se asoció con Nutrien Balcarce. El objetivo fue estudiar el resultado de la siembra variable (SV) y compararla con la siembra tradicional. Para ello el lote se dividió en dos partes:

-Una parte se sembró aplicando semillas y fertilizante de manera variable, de acuerdo a las diferentes zonas con distinta productividad (SV). Con el objetivo de utilizar mayor

densidad de insumos en zonas de mayor potencialidad buscando obtener mayor respuesta económica.

-La otra parte representó el manejo tradicional (MT), igual cantidad de semillas y fertilizante por unidad de superficie sin importar los distintos ambientes. En esta parte del lote también se sembraron franjas con distintas densidades de plantas para poder hacer un mejor análisis de los resultados finales del ensayo.

Para llevar a cabo el ensayo se usaron dos plataformas Ag Tech: Echelon y My John Deere. Dichas aplicaciones se encuentran vinculadas. Lo que caracteriza a Echelon y le otorga una ventaja como plataforma es que

“La información de las tareas realizadas por la maquinaria John Deere se intercambia automáticamente y es visualizada dentro de la plataforma. Y dentro de Echelon se gestiona toda la información agronómica necesaria para llegar a confeccionar las prescripciones, que son las indicaciones que recibirá la máquina antes de realizar la tarea. Uno de los beneficios de esta interacción es que la información migre desde Echelon hacia las diferentes máquinas y viceversa, logrando una optimización de la transferencia de datos y que exista un solo lugar para albergar toda la información recolectada durante el ciclo del cultivo” (Agrositio, 06/10/2021).

Desde Echelon se analizó la información y finalmente se generó la prescripción de siembra. A través de My John Deere se cargó dicha prescripción al tractor. También My JD fue la aplicación a través de la cuál las máquinas fueron generando y guardando información valiosa a la hora de ambientar el lote.

Durante el ciclo del cultivo de maíz se realizó la aplicación de fertilizante nitrogenado, es aquí dónde nuevamente se trabajó de manera diferenciada: en la zona de SV se aplicó en diferentes cantidades de acuerdo a la cantidad de plantas sembradas por unidad de superficie. A continuación, se presenta un diagrama de siembra de la explotación “El Doradito”.

Imagen 1. Mapa de siembra obtenido a través del tractor en aplicación My JD. Explotación “El Doradito”.



Fuente: elaboración propia.

A la derecha se encuentran las referencias de las distintas densidades de plantas sembradas por hectárea. La zona uniforme representa el MT: 68.000 plantas/ha. Se pueden ver 4 franjas de distintas densidades fijas: 50.000 - 65.000 - 80.000 y 95.000 plantas/ha. Y la parte desuniforme representa el tratamiento SV.

El resultado final del ensayo se midió en cantidad de granos obtenidos por hectárea, es decir: el rendimiento del cultivo. Para esto, se utilizó nuevamente la plataforma My John Deere que recopila la información que va obteniendo la cosechadora y genera un mapa de rendimiento, dónde nuevamente nos encontramos con información georreferenciada en unidades de peso de grano por unidad de superficie.

Cuadro 1. Densidades de siembra.

Zona	Relieve	Tratamiento	Semillas/ha	Diferencia semilla/ha
Alta productividad	Bajo	Productor (parche)	68.000	-
Alta productividad	Bajo	Variable	75.580	7.580
Baja productividad	Media loma	Productor (parche)	68.000	-
Baja productividad	Media loma (lado calle)	Variable	56.840	-11.160
Baja productividad	Media loma (lado media loma)	Variable	57.918	-10.082
Baja productividad	Media loma (loma)	Variable	61.740	-6.260

Fuente: elaboración propia.

El lote se dividió en zonas de alta y de baja productividad, y a su vez, dentro de cada zona de productividad se comparó el tratamiento fijo del productor vs la siembra variable.

Cuadro 2. Dosis de urea.

Zona	Urea	Diferencia urea/Ha	Diferencia %	Media rendimiento	Diferencia tn/ha	Diferencia %
Alta productividad (parche)	150	-	-	12.028		-
Alta productividad (1)	256	106	70,7%	12.830	802	6,7%
Baja productividad (parche)	150	-	-	11.170		-
Baja productividad (2)	147	-3	-2%	9.419	-1,751	-15%
Baja productividad (3)	156	+6	4%	10.550	-620	-5,6%
Baja productividad (4)	176	+26	17,3%	11.143	-27	-0,2%

Fuente: elaboración propia.

El lote -al igual que en el cuadro 1-, se dividió en zonas de alta y baja productividad. Se comparó la cantidad de urea que aplica el productor con una mayor cantidad en las zonas de mayor productividad y en las áreas de baja productividad se realizaron distintos tratamientos probando distintas cantidades de urea.

Cuadro 3. Resultado económico.

Zona de productividad	Alta	Alta	Baja	Baja (media loma)	Baja (media loma)	Baja (loma)
Muestra	Productor	Variable	Productor	Variable	Variable	Variable
Diferencia Rendimiento	-	802	-	-1,751	-620	-27
Ingreso Extra (usd/ha)	-	241	-	-525	-186	-8
Gasto Extra (usd/ha)	-	121	-	-31.32	-40.16	-13.48
Diferencia Neta Ingreso	-	119	-	-494	-146	-22
Respuesta en usd/usd invertido	-	1.986	-	16.77	4.63	-0.6

Fuente: elaboración propia.

Gasto extra: más utilización de semilla y urea y DAP en la siembra

Se presentan los resultados de rendimiento en las distintas subáreas del lote comparando el tratamiento del productor con el tratamiento de siembra y fertilización variable. Se presenta el ingreso o egreso en dólares que representa el nuevo rendimiento utilizado SV y la respuesta en dólares por dólar invertido.

3.3 Resultados y comparación con rindes en lotes de siembra tradicional

3.3.1 Resultado densidades de siembra y dosis de urea

En el diagrama de siembra observamos las cinco densidades de siembra (50.000, 65.000, 68.000, 80.000, 95.000).

- El rendimiento se mueve con la densidad de siembra, resultando mayor en la densidad de 80.000 y 95.000 plantas por hectárea.
- En las zonas de alta productividad del lote, aumentando la cantidad de urea aplicada se incrementa el rendimiento en un 6,7%

3.3.2 Resultado económico

- *Productor vs Variable con Alta productividad:*

En el caso de la siembra variable en la zona de alta productividad se utilizó más semilla y más fertilizante. El incremento en el ingreso resultó mayor que el gasto en dólares en 119 usd por lo que conviene en los bajos utilizar mayores dosis de fertilizante y semilla. Por cada dólar invertido se recuperó 1,9 dólares.

- *Productor vs Variable con Baja Productividad (media loma)*

En este caso el rendimiento disminuyó aproximadamente 1700 kg, por lo que resulta más conveniente el tratamiento del productor. Sin embargo, esta diferencia no responde a la siembra variable sino a la diferencia ambiental presente en esa parte del lote. Ambientalmente no es correcto compararla con el testigo.

- *Productor vs Variable con Baja Productividad (loma)*

Este segundo tratamiento en la media loma utiliza más urea y menos semilla y también resulta menos conveniente que el tratamiento del productor debido a que el rendimiento disminuye. En este caso la disminución es de menor magnitud que el anterior.

- *Productor vs Variable con Baja Productividad (loma)*

El último tratamiento es económicamente semejante al utilizado por el productor. La diferencia en el rendimiento es de -27 kg utilizando menos semilla (-6260 kg) y más urea (26 kg).

El criterio para analizar los resultados fue el siguiente: el híbrido utilizado es plástico y al aumentar la densidad de siembra aumenta su rendimiento, siempre que no haya limitante de nitrógeno y se encuentre en la mejor parte del lote. Por lo tanto, el criterio de ajuste resultó correcto en el bajo y debería mejorarse en las partes inferiores.

A partir de los datos obtenidos en el estudio de caso, se puede afirmar que la adopción del paquete tecnológico asociado al sistema de siembra variable resulta conveniente en términos económicos y productivos. Si además se toman en cuenta los resultados obtenidos por Ivickas Magallan (2023) en otra explotación del mismo grupo empresario, donde se puso en práctica la misma comparativa (siembra tradicional vs. siembra variable), la hipótesis inicial resulta validada a partir de los datos cuantitativos de rindes y costos.

3.4 Breve síntesis de lo expuesto en el capítulo

La empresa GE busca adaptarse a la tecnología a través de las distintas propuestas que generan sus proveedores, como Nutrien y John Deere. En este capítulo se presentó un ensayo, aplicando conceptos de agricultura de precisión realizados en sociedad con dos empresas del partido de Balcarce. Los resultados expresan la posibilidad de hacer un mejor uso de los insumos, de forma más eficiente ya que se optimizan las zonas de máximo rendimiento. A partir de dichos resultados la empresa decidió adoptar la tecnología de siembra variable en la gran mayoría de la superficie para la campaña 22-23. Entre los meses de mayo y agosto se obtendrá mayor información a partir de dichos resultados de cosecha.

Conclusiones

Este trabajo se desarrolló sobre la base de una pregunta específica que podría sintetizarse de la siguiente manera: ¿los productores agropecuarios aplican lo que se conoce como “agricultura de precisión” en sus lotes si la misma es económicamente rentable? Para responderla fue necesario remitir a discusiones previas asociada a la adopción de tecnología en la agricultura. De los trabajos analizados, parecerían existir dos posibles caminos para su respuesta que se encuentran relacionadas entre sí.

El primero tiene que ver con la cuestión de los factores que operan para que un subconjunto de tecnologías se utilice y no se lo haga con todas las que están a disposición. El segundo, parte de un supuesto en donde los agentes adoptan la tecnología de precisión disponible e indaga la relación costo-beneficio de esa decisión en materia de productividad y rentabilidad del productor.

En el primer capítulo se sometió a análisis el problema de la velocidad de los cambios tecnológicos y su adopción a nivel local. A partir de las fuentes trabajadas se observa que, en los últimos treinta años, el productor agropecuario local manifiesta una clara tendencia a la innovación. Esta situación le permitió y le permite estar en contacto con la tecnología de punta. Se destacan la implementación de la siembra directa y el paquete tecnológico asociado entre las décadas de los 90 y los 2000 y el paradigma Agtech en la actualidad.

En el capítulo dos se ofreció una breve descripción del concepto de Agtech y Agricultura de Precisión y los posibles beneficios que este conjunto de tecnologías provee al sector agropecuario argentino. En este sentido, el factor potencial y las expectativas futuras de desarrollo para el sector pesan más que su uso y difusión masiva en la agricultura argentina actual.

En el capítulo tres se presentó el estudio de caso de la empresa Gustavo Erice, en donde se realizó un ensayo aplicando conceptos de agricultura de precisión y se los comparó con los resultados promedio de la siembra tradicional. Se observó un mejor uso de los insumos que deviene en una mayor eficiencia productiva. Los datos obtenidos por Ivickas Magallan (2023) en otra explotación del mismo grupo empresario, en donde se realizaron las mismas comparaciones, respaldan lo consignado aquí. Esto derivó en una decisión de alto impacto para el negocio: adoptar la tecnología de siembra variable en la gran mayoría de la superficie explotada para la campaña 2022-2023.

A partir del estudio de caso presentado en el último capítulo de esta investigación, es posible afirmar en relación con la primera pregunta planteada en las conclusiones que el productor adopta la tecnología conocida como “agricultura de precisión” cuando la misma resulta económicamente rentable. Incluso se puede afirmar que el productor la adopta en función de proyecciones y potenciales mejoras en la rentabilidad y la productividad, basados en datos experimentales. La hipótesis puesta en juego al inicio de la investigación queda confirmada a partir del experimento realizado y de los datos que arrojó la comparación de la siembra tradicional vs la siembra variable.

Los factores económicos tienen mayor peso que las cuestiones culturales a la hora de adoptar una tecnología disponible en el mercado. Para el caso de los productores argentinos, si bien se observa una clara tendencia a la adopción de tecnología, existen barreras económicas y de difusión. Esto pone un límite a la masificación de la agricultura de precisión, existiendo amplias posibilidades para su desarrollo. Parecería ser una cuestión que se debate dentro de la relación costo-beneficio y el riesgo de invertir en

tecnologías que no garantizan un alto retorno, antes que en una cuestión idiosincrática o cultural.

En el caso del grupo Erice, se observa que en casi todas las variables donde se compara la siembra tradicional vs. el sistema de siembra variable asociado a un conjunto de prácticas de Agtech, el último resulta más rentable. Si bien es cierto que para lograr una mayor eficacia y eficiencia en el uso de los insumos y de la tierra bajo este sistema de producción es necesario manejar un conjunto de datos más complejos que en el caso de la siembra tradicional, también se puede inferir que el retorno potencial promedio es más atractivo y nada despreciable; sobre todo si se lo extiende a todas las hectáreas que gestiona el grupo empresario. En ese caso, también deberían realizarse los ensayos correspondientes con los demás cultivos y someter a evaluación los rendimientos promedio de la matriz insumo-producto bajo el formato tradicional y el variable.

Bibliografía

Agrofy. “Agricultura de precisión: qué tecnologías se están aplicando en Argentina y cuál es la tendencia para los próximos años”, 08/03/2021. Disponible en:

Agrositio. “La interoperabilidad de plataformas tecnológicas para alcanzar una producción más eficiente”, 06/10/2021. Disponible en: <https://www.agrositio.com.ar/noticia/219198-la-interoperatividad-de-plataformas-tecnologicas-para-alcanzar-una-produccion-mas-eficiente>

Arcia Porrúa, J. (2020). “De la agricultura precisa a la agricultura de precisión”. *Revista Ingeniería Agrícola*, Vol. 10, Núm. 3.

Artana, M. (2001). “Toma de decisiones en explotaciones agropecuarias: situación actual y perspectivas”. *VII Congreso del Instituto Internacional de Costos*, León, España, 4 al 6 de julio. Trabajo 181. Disponible en: <https://www.intercostos.org/documentos/congreso-07/Trabajo181.pdf>

Balestri, L.A.; Ferrán, A.; Giorgis, A.; Saravia, C.D.; Larrea, A.T.; Castaldo, A.; Poma, K.; Pariani, A. (2001). “La toma de decisiones en las empresas agropecuarias del norte

de la provincia de La Pampa”. *Ciencia Veterinaria*. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam. pp. 113-129.

Berger, A. (2016). “¿Para qué sirve (y para qué no) un análisis de riesgo?”. *Cultivar conocimiento agropecuario*, N° 115, febrero.

Bisang, R; Lachman, J; López, A; Pereyra, M; Tacsir E. (2022). “Agtech: startups y nuevas tecnologías digitales para el sector agropecuario. Los casos de Argentina y Uruguay”. *Documento de Investigación 132*, Uruguay: Universidad ORT Uruguay. Facultad de Administración y Ciencias Sociales.

Bragachini, M. (2019). *Adopción de Tecnología en el Sector Agropecuario Argentino en los últimos 28 años*. INTA- Secretaría de Agroindustria- Ministerio de Producción y Trabajo- Presidencia de la Nación.

Calvo, S.; Rossi, E.; Cabo, S.; Giancola, S.; Gatti, N.; Di Giano, S.; Salvador, M.; Da Riva, M.; Jaldo Alvaro, M. (2014). *Causas que afectan la adopción de tecnología de pequeños y medianos productores de girasol, maíz, soja y trigo en la provincia de La Pampa: enfoque cualitativo*. Serie estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología, N° 9, INTA-UNC.

Chartuni, E.; de Assis de Carvalho, F.; Marcal, D. y Ruz, E. (2007). “Agricultura de precisión. Nuevas herramientas para mejorar la gestión tecnológica en la empresa agropecuaria”. *COMUNIICA*, Núm. 1, II Etapa, enero-abril, pp. 24-31.

Expoagro. “Los ‘biológicos’ marcan un rumbo firme pero aún no seducen al productor”, 25/02/2023. Disponible en: <https://www.expoagro.com.ar/los-biologicos-marcan-un-rumbo-firme-pero-aun-no-seducen-al-productor/>

Eyhérbide, G (2007). *Bases para el manejo de cultivo de maíz*. Buenos Aires: INTA Pergamino. Programa Nacional de Cereales.

Ferro Moreno, S. (2017). *Costos para la administración. Aplicaciones en negocios agroalimentarios*. La Pampa: Edunlpam.

Franco, A. (2011). *Factores que determinan la adopción de tecnología en las empresas agrícolas del Distrito de Malabrigo*. Tesis para la obtención del título de posgrado de Maestría en Dirección de Empresas, Córdoba: Universidad Católica de Córdoba.

Gallacher, M. y Lema, D. (2017). “Adaptación a cambios en el sector agropecuario”. *Revista UCEMA*, diciembre, pp. 25-27.

García, E. y Flego, F. (2008). “Agricultura de precisión”. *Revista Ciencia y Tecnología*, vol. 8, pp. 99–116.

Geertz, C. (1987). *La interpretación de las culturas*. Mexico: Gedisa.

Giancola, S; Lavecini, V.; Aiassa, J.; Fontana, H.; Di Giano, S.; Calvo, S.; Gatti, N.; Rabaglio, M.; Da Riva, M. (2017). “Innovación y crecimiento en el sector agropecuario. Problemáticas de la innovación en la producción familiar de té en Misiones”. *Actualidad Económica*, Año XXVII, N° 91, pp. 25-36.

Gil, E. (1997). *Situación actual y posibilidades de la agricultura de precisión*. España: Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya.

Gonzalez, M. G. (2021). *Toma de decisiones y tecnología : el impacto de las Agtech en el sector agropecuario*. Trabajo final de grado. Licenciatura en Administración y Gestión Empresarial. Buenos Aires: UNSAM. Link: <https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/1717>

Griliches, Z. (1957). “Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change”. *Econometrica*, Vol. 25, No. 4., pp. 501-522.

Hayek, F. A. (1945). “The Use of Knowledge in Society”. *American Economic Review* 34, septiembre, pp. 519-30.

Kablan, L. A., Chabot, V., Mailloux, A., Bouchard, M.-É., Fontaine, D., & Bruulsema, T. (2017). “Variability in Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer in Eastern Canada”. *Agronomy Journal*, 109(5), 2231. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.09.0511>

Lachman, J.; Braude, H.; Monzón, J.; López, S. y Gómez Roca, S. (2022). “El potencial del agro 4.0 en Argentina Diagnóstico y propuestas de políticas públicas para su promoción”. *Documento N° 28*. Argentina: Ministerio de Desarrollo Productivo.

Lachman, J; López, A (2018). "Nuevas oportunidades y desafíos productivos en la Argentina: Resultados de la Primera Encuesta Nacional a Empresas de Agricultura y Ganadería de Precisión", *Documentos de trabajo del Instituto Interdisciplinario de Economía Política IIEP* (UBA-CONICET), 38, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES).

Martinez, H. (2021). “Argentina”. En Sotomayor, O.; Ramirez, E. y Martinez, H. (coords). *Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina*, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/65), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), pp. 31-48.

Mendez, A. (2014). “Visión de la agricultura de precisión en Argentina”. En Best, S., León, L.; Méndez, A., Flores, F., Aguilera, H. *Adopción y Desarrollo de tecnologías en*

Agricultura de Precisión. Boletín Digital N° 3, Progap-INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.

Miguez, D. F. (2014). “Análisis de riesgos en emprendimientos agropecuarios. Evaluación de resultados económicos esperados en proyectos productivos en el oeste de la provincia de Buenos Aires”. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, Año 3, Vol. 1, pp. 69-92.

Ministerio de Economía. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2022). *En el campo, el uso de la tecnología alcanza al 90 % de las actividades*, miércoles 1 de junio. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/en-el-campo-el-uso-de-la-tecnologia-alcanza-al-90-de-las-actividades>

Mira, C. (2021). “El cambio tecnológico obliga a poner la vara en lo más alto”. *La Nación*, 10/04/2021. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/el-cambio-tecnologico-obliga-a-poner-la-vara-en-lo-mas-alto-nid10042021/>

Oficina de información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (2018). *Agronomía de Precisión*, Núm. 015, Ciudad de México. Disponible en: https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-015.pdf

Ogando, F. A.; Raspa, F. A.; Pita, M.; Alvarez, C.; Vega, C. R. (2017). *Influencia de la interacción entre la densidad poblacional y la disponibilidad de nitrógeno sobre el rendimiento del maíz sembrado en verano*. Disponible en: http://www.ecofisiovegetal.com.ar/sema_papers_ecofis/1.28 RENogando - 2.pdf

Pordomingo, E. (2018). *Decisiones agropecuarias: estrategia y gerenciamiento*. La Pampa: Edunlpam. Colección libros académicos de interés regional.

Rambauth-Ibarra, G. (2021). “Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola”. *J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl.*, Vol. 3, Núm. 1, pp. 34–38.

Scaramuzza, F; Vélez, J; Villarroel, D. (2016). “Adopción de la agricultura de precisión en Argentina. Evolución de los principales segmentos”. *15° Curso internacional de Agricultura y Ganadería de precisión con agregado de valor en origen*.

Scharf, P.C.; Kitchen, N.; Sudduth, K.; Davis, J.; Hubbard, V. y LORY, J. (2005). “Field Scale Variability in optimal Nitrogen Fertilizer Rate for Corn”. *Agron. J.* Nú, 97, pp. 452-461

Sinde Cantorna, A.; Diéguez Castrillón, M. y Gueimonde Canto, A. (2006). “Difusión y adopción de nuevas tecnologías: propuesta de marco conceptual”. *Icade. Revista*

cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales,
Núm. 70, enero-abril, pp. 269-292.

Sunding, D. y Zilbermann, D. (2001) “The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector”.

Valero, C. (2019). “La evolución de la agricultura de precisión”. *Revista de Fruticultura*, Núm. 68, marzo-abril, pp. 30-39.

Vicini, L. (2015). “Adopción de tecnología Agrícola”. *Horizonte Agroalimentario*, pp. 10-13.