

PASANTÍA LABORAL

Trabajo Final de Carrera Ingeniería Agronómica -
Departamento de Agronomía - Universidad Nacional del Sur

“Soluciones Agronómicas”

Navarro SA - John Deere:

*Una experiencia en Pehuajó,
Provincia de Buenos Aires*

Alumna: DAMILANO, Bianca

Docente tutor: CHIMENO, Patricia del Valle

Docentes consejeros:

- LOPEZ, Fernando
- MARTINEZ, Juan Manuel

Asesor externo:

- DE ANGELIS, Santiago





ÍNDICE

- I. Agradecimientos
- II. Introducción
 - II. 1 Objetivo general
 - II. 2 Objetivos específicos
 - II. 3 Objetivos personales
- III. *Navarro SA – John Deere*
 - III. 1 Misión
 - III. 2 Visión
 - III. 3 Valores
 - III. 4 Organigrama
 - III. 5 Metodologías y actividades desarrolladas durante la pasantía
- IV. Marco referencial
 - IV. 1 Agricultura de precisión
 - IV. 2 Tecnología georreferenciada
 - IV. 3 La digitalización de la agricultura de precisión
 - IV. 4 Soluciones Agronómicas: Una conceptualización
- V. “Soluciones Agronómicas” Navarro SA – John Deere: *Una experiencia en Pehuajó, provincia de Buenos Aires.*
 - V. 1 Siembra de trigo, bajo una nueva agricultura
 - V. 2 Determinación de ambientes
 - V. 3 Mapa de prescripciones para semilla y fertilizante
 - V. 4 Seguimiento satelital del cultivo
 - V. 5 La mirada de la triple dimensión
- VI. Consideraciones finales
- VII. Bibliografía
- VIII. Anexo 1



I. Agradecimientos

A la Universidad Nacional del Sur y en especial a todo el plantel docente y no docente que compone el Departamento de Agronomía por la calidez, la formación, y capacitación otorgada desde el inicio.

A mi tutora Ing. Agrónoma Patricia Chimento por su paciencia, tiempo, predisposición y apoyo, ya sea en lo profesional como en lo personal.

A todo el personal que conforma la empresa *Navarro SA – John Deere*, que me recibieron desde el inicio con un ambiente muy cálido y cómodo para trabajar. En especial destacar a mi consejero externo, jefe y responsable del área Lic. De Angelis Santiago, por su paciencia, acompañamiento, confianza y enseñanza otorgada a lo largo de la pasantía.

A mis consejeros, Ing. Agrónomo Fernando López e Ing. Agrónomo Juan Manuel Martínez, por su asesoramiento, consejos y revisiones.

A mi familia y en especial a mis padres, Claudio y Alejandra por la formación y educación que me brindan día a día. Ellos me inculcaron grandes valores y son referentes en mi vida y a mis hermanos Gian Franco, Solana y Genaro con quienes crecemos día a día y sin el apoyo incondicional de ellos, nada era posible.

A mis amigos, que siempre me acompañaron y estuvieron presentes en infinitos momentos compartidos. Sin dudas que hicieron de esta etapa, una hermosa experiencia de vida que siempre voy a recordar. Sin ellos, esto no era posible.

A todos los que directa o indirectamente, colaboraron y sumaron a que tanto mi paso por la universidad como la experiencia vivida en la pasantía laboral, sea algo único y hermoso para mí.

!!!Muchas Gracias!!!

II. Introducción

En el marco del convenio entre el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y la empresa *Navarro SA – John Deere*, se dio inicio en el año 2021 a la realización de una serie de pasantías laborales, para alumnos de la carrera de Ingeniería Agronómica en la etapa final de su formación. El presente proyecto corresponde a una de ellas que tiene por objetivo analizar un nuevo desafío de la empresa bajo la denominación “Soluciones Agronómicas”.

Navarro SA, es una firma que nació hace más de 30 años en Coronel Pringles, al sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en una zona ampliamente identificada con el campo y la producción agropecuaria. En 1984, pasa a constituirse en concesionario oficial de *John Deere* y así comienza a concretarse el sueño de su fundador Alfredo Navarro.

Con la intención de brindar soluciones al productor agropecuario en todas sus necesidades y seguir fortaleciendo la relación con John Deere, *Navarro SA* expande su zona de influencia, incorporando nuevos puntos de venta. En octubre de 2009 incorpora la sucursal de Coronel Suárez, en marzo de 2010 suma el punto de venta de la localidad de Daireaux y en abril de 2015 inaugura un punto de venta en Pedro Luro y en Bahía Blanca. Estas cinco localidades, forman el área de actividad (ADR) de la empresa.

En la década de los '90 un contexto de profundos cambios de la agricultura y la tecnología dio impulsó en nuestro país a una trayectoria tecnológica bajo la denominación de Agricultura de Precisión. La selección del ambiente y la variabilidad de las aplicaciones constituyeron los ejes del cambio del proceso productivo convencional. En los últimos años un nuevo grupo de herramientas digitales y el uso integrado de datos buscan profundizar y potenciar esta trayectoria bajo lo que se empieza a llamar “Agricultura de Precisión Digital” con el propósito de adaptar mejor las soluciones a las necesidades del productor.

Esta digitalización de la agricultura incluye las tecnologías de la información y comunicación para la gestión de datos y conocimiento, así como la aplicación sistemática de herramientas digitales, sensores para la aplicación de malezas¹, uso de imágenes

¹ Desde las Ciencias Agrarias, las investigaciones contemporáneas empiezan a utilizar la palabra *arvense* en lugar del tradicional término “malezas” para enfatizar un significado más amplio que alude a todas las especies presentes en un lote que no corresponde al cultivo objetivo.

satelitales para determinar ambientes o para seguimiento de cultivos, uso de drones que permiten realizar una pulverización de precisión o inteligencia artificial para el reconocimiento de malezas a campo, utilización de nuevos software que acompañan y facilitan todo este proceso, entre otras.

El vínculo John Deere y *Navarro SA* impulsó desde sus inicios esta transformación hacia una agricultura de precisión brindando además de sus equipos tradicionales de tractores, cosechadoras, sembradoras, pulverizadoras, picadoras y cargadores frontales, productos adaptados para esta nueva agricultura.

En los últimos años desde la empresa, observaron que los clientes adquirían máquinas con el sistema de siembra variable, pero no las utilizaban con toda su potencialidad ya que no tenían la posibilidad de acceder a un servicio de apoyo por los elevados costos que posee y la falta de capacitación para un uso adecuado. Es así, que nace “Soluciones Agronómicas” para acompañar a cada cliente en el asesoramiento y recomendaciones en lo que respecta a la siembra variable, pulverización y cosecha, teniendo como eje central a la producción sustentable.

II. 1 Objetivo general

Evaluar, la incorporación de tecnologías digitales, el uso integrado de datos y otros desarrollos como facilitadora de una agricultura de precisión digital desde la triple dimensión productiva-económica, ambiental y social.

II. 2 Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso que involucra la determinación de ambientes y generación de mapas de prescripciones para la siembra y fertilización.
- Describir el seguimiento y control de la siembra del cultivo.
- Analizar desde la triple dimensión productiva-económica, ambiental y social esta experiencia y compararla con el sistema convencional.



II. 3 Objetivos personales

Dentro de los objetivos personales perseguidos en esta pasantía destaco:

- Lograr la inserción en el ámbito laboral.
- Visualizar los cuellos de botella generados por la adopción de la propuesta de una “nueva agricultura”
- Proponer mejoras en procesos de agricultura de precisión digitalizada.
- Aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a situaciones concretas de trabajo.
- Adquirir nuevas herramientas y conocimientos para el futuro profesional.

III. *Navarro SA – John Deere*

Deere & Company, más conocida por la marca comercial “John Deere”, tiene su origen en el primer arado de autolimpieza construido en 1837, por John Deere un herrero estadounidense cuya filosofía de producción y servicio a sus clientes se destacó por su alto nivel de calidad y compromiso con la satisfacción de sus usuarios.

Esta actitud de John Deere se mantuvo a través de los años en la compañía y es la que ha hecho posible que aquel pequeño taller de herrería se transformase en el John Deere de hoy, cuya sede central se radica en Moline Illinois- Estados Unidos.

Los productos agrícolas de Deere & Company incluyen numerosos equipos destinados al agro como son tractores, cosechadoras, sembradoras, pulverizadoras, cargadores frontales, equipos forestales e irrigación. También es proveedor líder de equipos de construcción, así como los equipos utilizados para el mantenimiento de césped, motosierras, quitanieves, etc.

Actualmente, cuenta con clientes en más de 130 países, más de 55.000 empleados en el mundo y operaciones de manufactura en 15 países (Argentina, Brasil, Canadá, China, Finlandia, Francia, Alemania, India, México, Holanda, Nueva Zelanda, Rusia, Sudáfrica, España y los Estados Unidos).

En lo que respecta América del Sur y Central, John Deere cuenta con oficinas comerciales en Monterrey – México, Porto Alegre – Brasil y Rosario – Argentina, siendo esta última muy importante para el área agroindustrial de nuestro país, donde se importan productos desde el año 1894.

La red de concesionarios de John Deere en Argentina cuenta con más de 100 puntos de venta, ofrece asesoramiento comercial con un sistema de atención disponible las 24 horas, los 7 días de la semana. Desde allí brinda todo el respaldo posventa en repuestos, respetando los máximos estándares de calidad, en forma rápida y eficiente, al servicio del productor agropecuario. Cada concesionario está capacitado para ofrecer una solución integral y a la medida de las necesidades de cada cliente.

En 1984, John Deere estrecha lazos con la firma *Navarro SA*, oriunda de Coronel Pringles (suroeste de la provincia de Buenos Aires) con una trayectoria de 30 años identificada con el campo y la producción agropecuaria. Es nombrada concesionaria

oficial de John Deere y así comienza a concretarse el sueño de su fundador Alfredo Navarro.

Con la intención de brindar soluciones al productor agropecuario en todas sus necesidades y seguir fortaleciendo la relación con John Deere, *Navarro SA* expande su zona de influencia, incorporando nuevos puntos de venta siguiendo la trayectoria indicada en la Figura 1.

Figura 1: Trayectoria de expansión de las sucursales de *Navarro SA*



Fuente: Elaborado a partir de la información otorgada por *Navarro SA*, 2021.

A partir de este vínculo comercial, *Navarro SA* define los lineamientos de la empresa expresados en su misión, visión y valores.

III. 1 Misión

La misión es ofrecer tecnologías, servicios y productos de calidad, enfocados en las expectativas de los clientes, produciendo un crecimiento sustentable, adaptándose a los cambios y liderando las transformaciones del mercado mediante el desarrollo del equipo, la mejora continua de los servicios y el compromiso con los accionistas y la comunidad.

III. 2 Visión

La visión de *Navarro SA – John Deere* es ser líder en soluciones para el agro de la región, basados en los valores y la calidad de la gente, que les permita satisfacer clientes y establecer relaciones sustentables en el tiempo.

III. 3 Valores

Los valores en los que se cimienta la empresa se resumen en cuatro pilares (Figura 2).

Figura 2: Valores de *Navarro SA – John Deere*



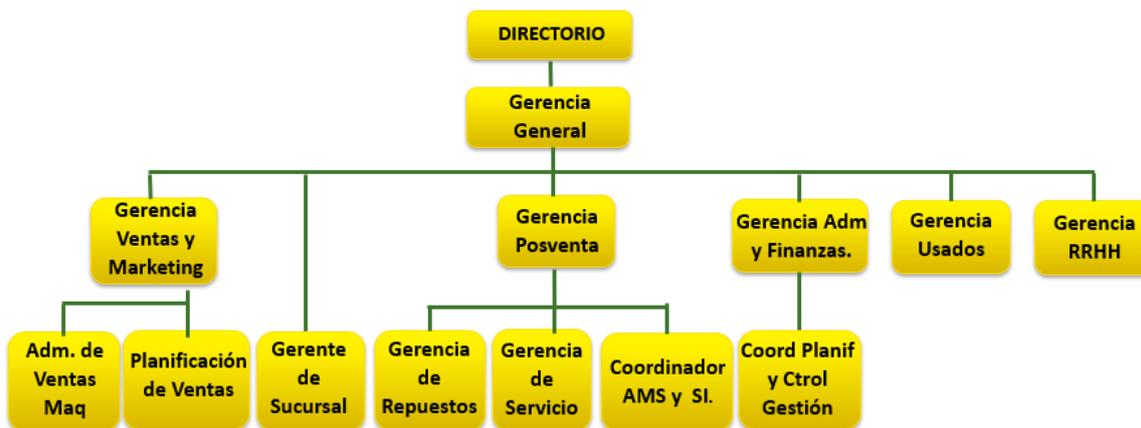
Fuente: Elaborado a partir de información otorgada por *Navarro SA*, 2021.

III. 4 Organigrama

En la Figura 3, se muestra en forma sintética el organigrama de la empresa que, a partir de su directorio y el brazo ejecutor de la gerencia general, se ordena en sucesivas gerencias y coordinadores.

La presente pasantía tiene su asiento bajo la gerencia de ventas y marketing, en el área de maquinarias.

Figura 3: Organización empresarial



Fuente: Elaborado a partir de la información otorgada por *Navarro SA*, 2021.



III. 5 Metodologías y actividades desarrolladas durante la pasantía

Las actividades que se enmarcaron en la Pasantía Laboral tuvieron lugar en la empresa *Navarro SA - John Deere*, dentro de toda el área que involucra Coronel Pringles, Daireaux, Coronel Suarez, Pedro Luro y Bahía Blanca, haciendo hincapié en el caso de estudio. Las mismas estuvieron bajo la supervisión del Gerente de Ventas y Marketing Lic. Santiago De Angelis.

La pasantía, tuvo una duración de 6 meses, desde el 22 de marzo al 22 de septiembre del 2021, sumando un total de 480 horas que incluyeron trabajo en oficina (sede central administrativa Bahía Blanca) y a campo.

Para cumplir con los objetivos planteados, se procedió a la realización de viajes y visitas. En dichos viajes se extrajeron muestras de suelo y se hizo uso de diversas plataformas y software. En particular, *Auravant* para la confección de las ambientaciones y prescripciones y *JD LINK* para la carga y manejo de datos del productor, entre otras. Además, se desarrollaron análisis económicos en base a semilla y fertilizantes.

El caso de estudio se limita a la experiencia de siembra de trigo (campana 21/22) en un establecimiento agropecuario ubicado a 14 km de la ciudad de Pehuajó - provincia de Buenos Aires.

IV. Marco referencial

IV. 1 La Agricultura de Precisión

La tecnología georreferenciada, como el sistema de navegación global por satélite (GNSS) y el sistema de posicionamiento global (GPS) aplicada a la agricultura, posibilitó un cambio radical en la forma tradicional de cultivo que tenía “al lote” como unidad de producción.

Estas tecnologías aplicadas al sector permitieron el desarrollo de una nueva agricultura a la que se conoce como “Agricultura de Precisión” (AP) cuyo principio central es la aplicación de dosis variables de insumos, por ambientes, según la heterogeneidad de cada lote. Los aportes de las nuevas tecnologías cambiaron la escala de cultivo y permitieron aprovechar y potenciar la variabilidad y/o heterogeneidad a nivel de lote, adoptando un modo diferente de trabajo.

Desde la década del 70' y 80', la AP se desarrolló en EEUU. En nuestro país su experimentación se inicia alrededor de la década del 90', de la mano del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). La Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, constituyó el epicentro de los ensayos y el Ing. Agrónomo Mario Bragachini uno de sus principales referentes. Algunas de las empresas del sector privado que acompañaron esta innovación fueron D&E, Tecnocampo, Agrometal, A&T, Agrimax, Acopio Arequito, entre otras.

En la actualidad la AP ha ampliado el objetivo de incorporar la dosis variable de insumos en los planteos productivos para profundizar la transformación de la agricultura, a partir de numerosos componentes tecnológicos que fueron surgiendo.

Esta nueva agricultura, introduce una mirada que trasciende la mera rentabilidad o el margen bruto de la empresa y se propone internalizar otros impactos que genera el sistema de producción tradicional que se resumen bajo la triple dimensión económica – ambiental y social.

Todos los avances, maquinarias y tecnologías que se sumaron durante los últimos años fueron brindando -cada vez con mayor precisión- información para poder actuar



sobre la microvariabilidad del terreno, y así poder entender y diseñar los diferentes tratamientos que se le debe dar al suelo, la semilla y el manejo del cultivo.

IV. 2 La tecnología georreferenciada

El “Sistema de Navegación Global por Satélite” (GNSS) es una tecnología de satélites que proporciona el posicionamiento, la localización y desplazamiento de la máquina en el lote.

En la actualidad GNSS está compuesto por dos constelaciones de satélites principales: GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y GLONASS (Sistema de Navegación Global por Satélite).

Para comprender el modo de operación de la AP y su relación con las tecnologías satelitales que lo componen, a continuación, se describirán las constelaciones y sus conexiones que se utilizan para lograr el posicionamiento de la máquina.

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

En su origen el GPS se denominaba “Navstar GPS”, como se observa su logotipo en la Figura 4, es un sistema de navegación basado en una constelación de satélites y una red de estaciones de supervisión y control. El Departamento de Defensa de los Estados Unidos gestiona y mantiene la coordinación del sistema con al menos 24 satélites GPS en funcionamiento en todo momento y una serie de repuesto por si alguno falla. Estos orbitan alrededor del planeta a una altitud de aproximadamente 17702.7 km (11.000 millas) ofreciendo a los usuarios información precisa sobre posicionamiento, hora y velocidad en cualquier lugar del mundo.

Figura 4: Logotipo de GPS



Fuente: John Deere University, 2021

Sistema de Navegación Global por Satélite (GLONASS)

El GLONASS, es una constelación de origen rusa formada por 20 satélites, que se estableció a mediados de la década del 2000. Tiene como función mejorar la recepción de la señal y ayudar a mantener la posición. En la Figura 5 se indica el logotipo.

Figura 5: Logotipo de GLONASS



Fuente: John Deere University, 2021

En la AP, la información generada por los satélites juega un rol fundamental para la dosificación de insumos en tiempo real, ya que el GPS es el que posiciona constantemente las máquinas.

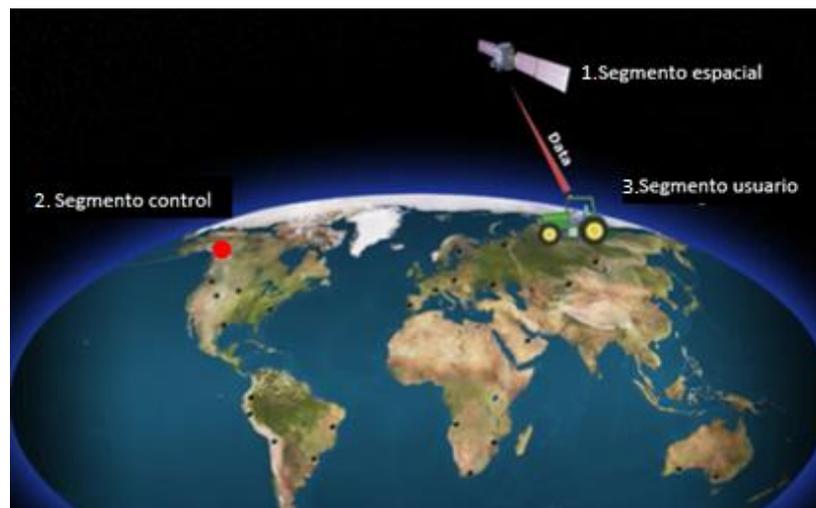
La conexión de esta información es posible explicarla a través de tres segmentos que interactúan para lograr la ubicación de la máquina:

1. El *segmento espacial* lo componen las constelaciones de satélites, GPS y GLONASS que orbitan alrededor de la Tierra. Cabe agregar para el caso puntual de los receptores de John Deere también emplea la constelación de comunicación “INMARSAT” que es una compañía con sede en Reino Unido que provee

- soluciones de Servicios Satelitales Móviles, son de propiedad privada y de órbita geosíncrona o estacionaria alrededor del planeta, proporcionando una posición constante para las necesidades de AP del productor.
2. El *segmento de control* monitoriza los satélites en las constelaciones GPS y GLONASS, proporcionando a cada satélite información orbital y horaria. Se compone de: estaciones de referencia, de enlace terrestre y centro de procesamiento.
 3. El *segmento usuario* es el que recibe y procesa las señales de los segmentos espacial y de control, proporcionando así la precisión que los agricultores necesitan para sus necesidades agrícolas.

En la Figura 6, se muestra un esquema de los tres segmentos y su vinculación.

Figura 6: Segmento espacial, control y usuario



Fuente: John Deere University, 2021.

La importancia de los tres segmentos descritos reside en que su interacción dará como resultado el posicionamiento de la máquina que constituye el aspecto central de la AP. Para que esto se logre, intervienen una serie de componentes tecnológicos que serán descritos en el siguiente apartado.

VI. 3 La digitalización de la Agricultura de Precisión

A partir del *segmento usuario*, que es el que recibe y procesa las señales satelitales, una serie de componentes tecnológicos se vinculan para potenciar la digitalización de la AP. Para un ordenamiento se los presenta en dos grupos.

El primer grupo, está integrado por el receptor, monitor (ambos ubicados en la cabina de la máquina, conectados por medio de un grupo de cables) y los softwares de gestión agrícola (que se administran a través de una tablet, computadora o celular), que son los componentes indispensables para lograr la traducción de las señales satelitales y así, la ubicación de la máquina.

- **Receptor**: es el componente que reúne y procesa las señales de satélite del GLONASS. Las envía al monitor, donde las aplicaciones del software de visualización redefinen la señal para guiar la máquina y el implemento. Existen varias marcas y modelos, a modo de ejemplo en la Figura 7, se observa un receptor StarFire 6000 de John Deere.

Figura 7: Receptor StarFire 6000 JD



Fuente: John Deere,2021.

- **Monitor**: este componente tecnológico va ubicado en la cabina, se emplea para cargar información, registrar mapeos, visualizar en tiempo real la tarea que se está realizando tanto de la máquina como del implemento, exportar e importar archivos, ver las condiciones técnicas del tractor (como por ej. consumo de combustible, velocidad, temperatura del motor y del hidráulico, tiempo de trabajo, productividad, etc) como así también nivel de insumos en el tanque,

hectáreas trabajadas, dosis que se está aplicando, realizar calibraciones, visualizar el estado de los dosificadores, prender y apagar las luces, gestionar la calefacción de la cabina, y muchas otra tareas que facilitan a través de este conjunto de acciones, la gestión y toma de decisiones.

Existen varias marcas y modelos, a modo de ejemplo en la Figura 8, se observa el último monitor John Deere modelo CommandCenter 4ta generación. Este monitor es el más completo de la línea al ofrecer la capacidad de ejecutar funciones centrales de AP que incluye documentación, control de secciones y sincronización de datos.

Figura 8: Monitor CommandCenter 4ta generación - JD



Fuente: John Deere, 2021

- **Software de gestión agrícola:** bajo este componente se incluyen los programas de computación que se utilizan para interpretar de una manera sencilla la información otorgada por los monitores y satélites, a fin de facilitar el trabajo a campo.

Estos softwares permiten realizar tres principales tareas de una AP digitalizada:

- *Determinación de ambientes:* consiste en realizar mapas que agrupan superficie de un lote con el mismo (o muy similar) potencial agronómico. Generalmente se elaboran dos o tres ambientes, según la heterogeneidad del lote.

- *Prescripciones*: a partir de los mapas generados con las ambientaciones, se le agrega un cálculo de las dosis que se deben aplicar por sitio específico en el lote.
- *Seguimiento satelital del cultivo*: por medio de los softwares que registran imágenes satelitales en tiempo real, es posible realizar un seguimiento de la variación de dos índices: NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y GNDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde), los cuales manifiestan el vigor y estado del cultivo, facilitando el monitoreo.

En el estudio de caso que se expone en este trabajo se utilizarán software como *Auravant* y *JDLINK*, para la confección de dichas ambientaciones.

En la Figura 9, se muestra cómo el uso de un software, puede solaparse con lo que realmente ocurre en el lote y así generar, por ej. mapas para aplicación variable.

Figura 9: Software de gestión agrícola

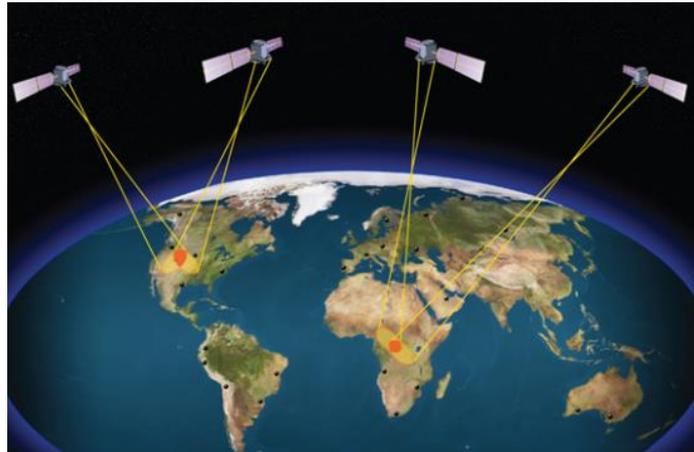


Fuente: EOS (Earth Observing System), 2020.

La forma de operar de estos componentes es a partir del receptor, y para empezar a determinar la ubicación de la máquina, cada satélite emite una señal que se utiliza para calcular la distancia satélite – receptor.

Cuando el receptor capta o adquiere la señal de dos satélites, reduce la ubicación a algún punto entre las intersecciones. Como se observa en la Figura 10 la ubicación de la máquina se encuentra en algún punto de la zona roja.

Figura 10: Intersección entre dos satélites

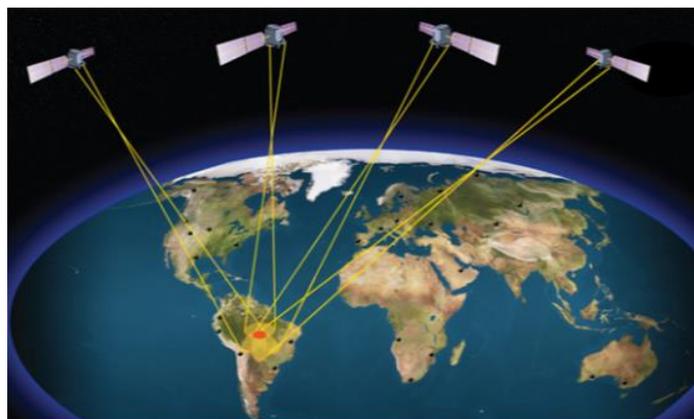


Fuente: John Deere, 2021.

Cuando el receptor reúne la señal de al menos tres satélites se produce la triangulación. Dos de ellos van a reducir la ubicación de la máquina a algún punto de la intersección entre las esferas de ellos y el tercero será el encargado de proporcionar la longitud y latitud. Este proceso se denomina: posicionamiento bidimensional o 2D.

Si capta la señal de cuatro (o más) satélites, se calcula la altitud y se obtiene el posicionamiento tridimensional o 3D, como se observa en la Figura 11.

Figura 11: Posicionamiento tridimensional



Fuente: John Deere, 2021

Por otra parte, el segundo grupo, de componentes tecnológicos de AP, está integrado por: sensores, equipos de dosificación variable, pilotos automáticos, que se explicarán a continuación.

- **Equipo de dosificación variable (DV)**

Este componente tecnológico se encuentra en las sembradoras que vienen marcando un cambio significativo en los últimos años con el incremento en la incorporación de motores eléctricos para comandar sistemas de DV, que son utilizados para la aplicación variable de insumos, como semilla o fertilizantes.

- **Sistema de corte por sección en las sembradoras**

Es una nueva tecnología que, por medio de la información del GPS, el monitor de siembra envía una señal para que el embrague desacople el implemento. Así se evita el solapamiento de las áreas sembradas, bajando el costo en semillas y fertilizantes, aumentando el rinde gracias a que baja la competencia entre las plantas. Se pueden accionar también en forma manual, mediante interruptores en la cabina del tractor. Se estima en general que el ahorro en semillas es entre el 5 y 15%.

- **Monitores de rendimiento**

En las cosechadoras, los monitores posibilitan el registro del rendimiento de cultivo georreferenciado generando “Mapas de rinde” que indican punto por punto cuantos kg o toneladas (t) se extrajeron, y al promediar dichos valores, se obtiene el rinde del lote.

La importancia de estos mapas reside en que la información que generan será de base para la toma de decisiones y en particular para crear las ambientaciones y las prescripciones de dosis variable en la siembra.

- **Pilotos automáticos**

Tradicionalmente, para el guiado de la máquina y del implemento por el campo, se utilizaban: marcadores naturales (por ej. un árbol en el horizonte), como elementos para señalar las hileras; marcadores mecánicos, para realizar una línea en el suelo que se utiliza como guía para centrar la máquina sobre ella en la siguiente pasada; y/o tan solo la mirada del maquinista que intuitivamente ubicaba la máquina en el centro para realizar la labor.

La introducción de los pilotos automáticos cambió por completo la forma de guiar el combo máquina - implemento por el lote. En conjunto con la utilización de software y

aplicaciones de unidades de control, se conectan al volante del tractor, cosechadora o pulverizadora para dar dirección automática, por señales GPS captadas por el receptor. Este dispositivo se vincula al monitor, para permitir al operario ver el trabajo a campo en tiempo real.

El uso de estos sistemas de guiado atraviesa a todos los rubros de labores agrícolas, por lo tanto, a cada actividad y economía regional. La eficiencia en siembra, la extensión de la jornada laboral sin perder precisión a lo largo del día, incluso en horas de la noche, como así también la posibilidad de incrementar el ancho de labor en sembradoras, pulverizadoras y plataformas de cosecha es posible mediante la incorporación de esta tecnología.

- **Sistemas de corrección**

Los sistemas de corrección son software que se vinculan estrechamente con la adopción de los pilotos automáticos. Tienen como función aumentar la precisión de la pasada.

Actualmente John Deere adopta el software *AutoTrac*², donde el mismo permite optar por una precisión de hasta 2 cm de desvío.

- **Telemática**

El término “telemática” se refiere a la combinación de la informática y de la tecnología de la comunicación para el envío y recepción de datos, en tiempo real.

La incorporación de la telemática, como componente tecnológico es transversal a todos los rubros agrícolas, recolectando y brindando información para dar soluciones en tiempo real. La posibilidad de gestionar y accionar sobre los datos que está generando la maquinaria en el momento, permite agilizar procesos y hacer más eficiente la toma de decisiones.

En la actualidad, por medio de la telemetría de la maquinaria, el dueño de la misma, a través de su propia intervención, o por medio del concesionario tiene la posibilidad de monitorear la labor en tiempo real, resolviendo inconvenientes mecánicos

² AutoTrac es un sistema de guiado automático que dirige a la máquina automáticamente por el campo. Es una de las mejores soluciones de guiado del mercado, ya que brinda a los operadores una solución de totalmente automática.

o de logística en el momento en que el operario está conduciendo esa máquina en el lote.

Asimismo, la adopción de esta tecnología en conjunto con el servicio de conectividad permite certificar el trabajo agrícola, al permitir el testeado por un profesional acreditado, un técnico del municipio u otro ente de control.

- Tecnologías de aplicación selectiva (Weed IT/Weed seeker) en pulverizadoras

Estos componentes tecnológicos, tienen el objetivo de lograr el control localizado y en tiempo real de malezas difíciles, principalmente en barbechos. También, se utilizan para controlar aquellas que están más altas o más chicas que el cultivo.

Los sensores, por medio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) o la relación roja/rojo lejano, captan las malezas y una vez logrado esto, se envía la orden al pico correspondiente para que aplique el fitosanitario solo en el lugar que se capta la presencia del blanco.

A modo de resumen, la tabla 1, sintetiza los componentes ya descriptos y su principal función, siguiendo el agrupamiento presentado.

Tabla 1: Resumen de los componentes tecnológicos

Grupo	Componente tecnológico	Función
Primero	Receptor	Reúne y procesa las señales satelitales
	Monitor	Ejecuta tareas técnicas y almacenar información
	Software agrícola	Interpreta y procesa información
Segundo	Equipo de dosificación variable	Aplicación variable de insumos
	Sistema de corte por sección en las sembradoras	Evita el solapamiento de trabajo
	Monitores de rendimiento	Registro georreferenciado del rinde en un lote
	Pilotos automáticos	Guía la máquina y el implemento por señales GPS
	Sistemas de corrección	Ajusta la pasada aumentando la precisión
	Telemática	Envío y recepción de los datos en tiempo real
	Weed IT/Weed seeker	Aplicación selectiva de herbicidas en pulverizadoras

Fuente: Elaboración propia, 2021.

VI. 4 Soluciones Agronómicas: Una Conceptualización

Los sistemas productivos modernos a partir de la etapa conocida bajo el término “posfordismo³” han incorporado nuevos conjuntos de conocimiento y aprendizaje en la Economía. La literatura especializada los enmarca en el contexto de tres fenómenos interconectados: el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación - “las TIC”-; el movimiento hacia la especialización flexible y los cambios en los procesos de innovación.

Estos cambios afectan la demanda de conocimiento en diferentes maneras:

- Necesidad para mayor participación en procesos de aprendizaje.
- Requerimiento de habilidades múltiples, interpersonales y de red.
- Capacidad de aprender y aplicar aprendizaje a los procesos de producción y comercialización.

Para abordar estos cambios, Lundvall (1985, 1988) propone una perspectiva económica alternativa a la tradicional, centrada en el aprendizaje como un proceso interactivo involucrado con las actividades de innovación.

El autor define el concepto de “aprendizaje por la interacción” (*learning by interacting*) para explicar cómo la interacción entre productores de tecnología y usuarios de la innovación, mejora la competencia de ambos.

Entre algunas características de la perspectiva usuario-productor se destaca:

- La “innovación” es un proceso continuo de actividades innovadoras, que incluye cambios técnicos graduales y saltos discretos en oportunidades técnicas.
- Las innovaciones resultan del encuentro entre las oportunidades técnicas y las necesidades de los usuarios. Esto exige lograr acceso a la información sobre estas oportunidades y necesidades del usuario.

³ El posfordismo es un sistema productivo que se caracteriza por el uso de las llamadas nuevas tecnologías de información, producción a pequeña escala y especialización flexible. Para una mayor profundidad véase “El mundo del postfordismo” Lipietz, A. (1997).

- La interacción usuario-productor toma las formas de intercambio de productos, de información y de cooperación.
- Los usuarios y productores interactúan y construyen relaciones duraderas.

Este enfoque contribuye a analizar los cambios de la economía moderna y en particular el proceso disruptivo generado por la AP a partir de las TIC que impulsa a establecer entre los productores de tecnología y los usuarios un nuevo modo de interactuar que se expresa en términos de “Soluciones Agronómicas”. En esta interacción, los usuarios buscan imperiosamente mejorar la productividad y por sobre todas las cosas, la sustentabilidad de su negocio estableciendo con el productor de tecnología una relación “win to win” en la que ambas partes ganan. La Figura 12 sintetiza esta perspectiva usuario-productor adaptada a la introducción de la AP digitalizada.

Figura 12: Perspectiva usuario-productor



Fuente: Propia, 2021.

Las nuevas herramientas tecnológicas y los sistemas productivos que se enmarcan en la AP digitalizada requieren de esta aproximación con el objetivo de acompañar el proceso de cultivo. De acuerdo a la especificidad del servicio, la “Solución Agronómica” adopta el nombre de la actividad, labor o tarea a desarrollar, así es posible definir tres principales soluciones:

- **“Solución siembra”:** la solución tiene como objetivo realizar la implantación del cultivo incorporando la tecnología de precisión que logre un mejor manejo de los recursos. Es con este propósito que la confección de las ambientaciones de los lotes, y las prescripciones constituyen algunas de las principales actividades que se incorporan.
- **“Solución cosecha”:** en este caso la solución se centra en la recolección del cultivo. Las estimaciones de rinde por ambiente y mapeos, permiten interpretar la micro variabilidad del lote.
- **“Solución pulverizadora”:** la solución tiene el propósito de brindar la aplicación de productos en forma selectiva para el control de malezas.

A fin de dimensionar el avance de este proceso de transformación de la AP, se muestra en la Tabla 2 la cantidad de empresas y los servicios que ofrecen a partir de un estudio realizado por Lachman, J. et al. (2021).

Tabla 2: Soluciones que brindan las empresas de la AP

Pulverización	67%
Monitoreo de cultivos, plagas o malezas	64%
Micro-ambientación	58%
Fertilización	58%
Control de labores a campo	55%
Manejo integral de estrategias productivas	52%
Cosecha	42%
Riego/manejo del agua	39%
Implantación	36%

Fuente: Lachman, J. et al, 2021.

La evolución de los componentes tecnológicos adoptados por las empresas se detalla en la Tabla 3. Se los ordenó en cuatro grupos de acuerdo a su vinculación con las soluciones agronómicas presentadas: 1. Componentes relacionados a la “solución siembra”; 2. Componente relacionado a la “solución cosecha”; 3. Componentes relacionados a la “solución pulverizadora”; 4. Componentes comunes a las tres soluciones.

Tabla 3: Evolución de los componentes tecnológicos (en unidades)

	Componentes tecnológicos	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Variación promedio (%) (*)
1	Monitores de siembra	12160	14705	16905	19784	21426	22854	24882	27100	28811	30800	10,99
	Dosis variable	1801	2076	2346	2679	2975	3263	3515	3978	4138	4608	11,05
	Corte por sección	25	45	55	79	103	119	189	263	288	319	34,45
2	Monitores de rendimiento	7400	8365	8865	9643	10544	11540	12456	13815	14767	16140	9,07
3	Banderillero satelital	12298	13270	14589	15797	17087	18342	19158	20347	20647	21018	6,17
	Corte por sección	640	1081	1481	2121	2410	2738	3375	4256	4309	4351	25,33
	Control selectivo en malezas					21	64	160	233	278	328	87,54
	Sensor manual de N						80	101	104	116	120	11,05
4	Pilotos automáticos	1150	2710	3610	4120	5530	6708	9035	12308	14430	17174	38,41
	Sistemas de corrección > a 10 cm	50	110	200	210	360	823	2290	3566	4831	5653	77,04
	Sistemas de corrección < a 10 cm					157	431	1130	3184	5415	8426	128,83
	Telemetría				37	120	196	409	839	1358	1877	100,26

Fuente: Elaboración propia en base a INTA Manfredi. (*) Se determinó la tasa anual y el promedio del período.

De la tabla es posible destacar:

La adopción de equipos de AP evidencia un crecimiento en Argentina con una tendencia a incorporar mayor tecnología en busca de potenciar la precisión. Se observan segmentos más consolidados, como monitores de rendimiento, de siembra, banderilleros satelitales con guías automáticas y equipos de DV. Asimismo, cabe agregar a las herramientas complementarias como los diferentes sistemas de guía automática, telemetría o transmisión de datos en tiempo real a través de la maquinaria y su vínculo con una plataforma web o un dispositivo celular.

1. Componentes relacionados a la “solución siembra”: se puede observar un incremento promedio del 10,99% para monitor de siembra, 11,05% para DV, y 34,45% para corte por sección. En este último, se destaca su adopción reciente que tiene por finalidad evitar el solapamiento de trabajo.

2. Componente relacionado a la “solución cosecha”: se destaca un crecimiento más sostenido en el tiempo, con una tasa promedio de 9,07% para monitores de rendimiento. Es importante señalar que un poco más de 16.000 monitores equipan a las cosechadoras y son las responsables de trillar más del 85% de la producción

nacional. Esto significa que de las 24.200 cosechadoras activas⁴, el 70% de ellas contaría con la posibilidad de registrar el rendimiento georreferenciado.

3. Componentes relacionados a la “solución pulverizadora”: se destaca el avance de la aplicación selectiva para el control de malezas, aunque expresado en unidades descubren un proceso aún incipiente, como así también la incorporación de los banderilleros satelitales, que son fundamentales para aumentar la precisión entre pasadas, lo que asegura que no quedan áreas sin pulverizar.

4. Componentes comunes a las tres soluciones: el aumento de este conjunto de componentes pone en evidencia la búsqueda de mayor exactitud sobre la labor. En este sentido, se ve como en el caso del sistema de corrección de mayor a 10 cm arroja una tasa promedio de crecimiento de 77,04% y el sistema de corrección de menor a 10 cm un aumento de 128,83%.

Estas tendencias marcan un proceso de transformación de la agricultura, que aun en sus diversos grados de avances, exigirá a través de la perspectiva usuario-productor una mayor profundización de los conocimientos en relación a los requerimientos de los usuarios, de los lugares geográficos y de la heterogeneidad de los sistemas productivos, en pos de lograr la sustentabilidad del proceso en su triple dimensión económica, ambiental y social.

Esta presentación avanzará en esta dirección centrándose en la contribución de la “**Solución de siembra**”, a través del uso de la tecnología de precisión, en particular de ciertos software y componentes que se encuentran incluidos en la maquinaria utilizada.

⁴ Según datos del INDEC 2019.

V. “Soluciones Agronómicas” Navarro SA – John Deere: *Una experiencia en Pehuajó, provincia de Buenos Aires*

Las actividades que se enmarcaron en la Pasantía Laboral realizadas en la empresa *Navarro SA - John Deere* tuvieron como propósito participar de la experiencia en la implementación de la “Solución siembra” en un establecimiento productivo. En este sentido se expondrán como resultado de esta Práctica Profesional las actividades centrales que conformaron la aplicación de esta *Solución* mediante la utilización de AP digitalizada que giraron en torno a: la ambientación, la prescripción, la siembra y el seguimiento de satelital del cultivo.

V. 1 Siembra de trigo, bajo una nueva agricultura

A continuación, se mostrará la ubicación del lote, la caracterización climática y edáfica de la zona en donde se sitúa el caso de estudio y las características propias del cultivo a sembrar y su rotación.

Ubicación del lote

El caso de estudio se encuentra ubicado en la provincia de Buenos Aires, a 14 km dirección Este de la localidad de Pehuajó (Figura 13).

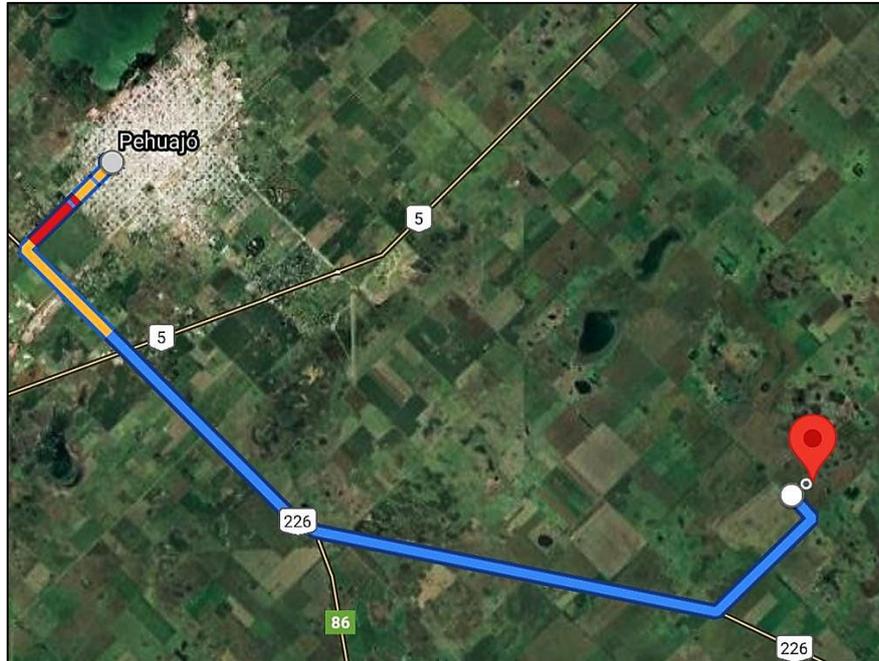
Figura 13: Localización del Partido de Pehuajó



Fuente: Mundo Agrario, 2011

La localización exacta es 35°48'00" latitud Sur y 61°52'00" longitud Oeste. Al lote en cuestión, se ingresa por la ruta provincial 226 (Figura 14).

Figura 14: Ubicación del lote



Fuente: Google Earth, 2021

La superficie total del mismo es de 140 ha productivas (Figura 15).

Figura 15: Área del lote



Fuente: Google Earth, 2021

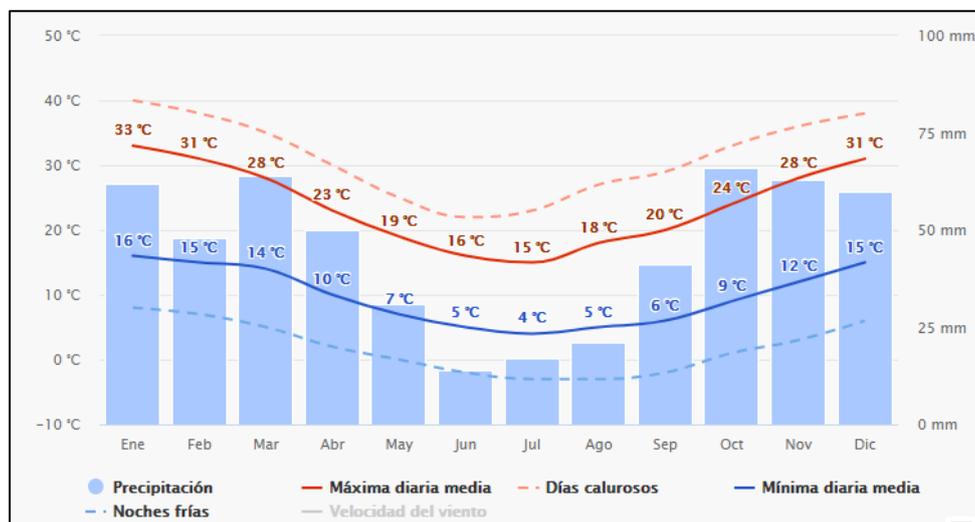
Caracterización climática

El clima es templado húmedo intermedio. La temperatura en el verano ronda los 10 °C a 15 °C por las noches y 27 a 35 °C durante el día. En el invierno son frecuentes las heladas, con mínimas de unos pocos grados bajo cero, siendo la media anual de 16 °C.

La precipitación promedio de los últimos 30 años en Pehuajó es de 950 mm. El mes más seco del año es junio, mientras que el mes más lluvioso es marzo.

En la Figura 16, se muestra el promedio acumulado por mes de las precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas, en un periodo de 30 años (1991 – 2021).

Figura 16: Temperaturas medias y precipitaciones



Fuente: MeteoBlue, 2021.

Caracterización edáfica

Los suelos de la zona están formados por sedimentos de origen eólico correspondientes a dos ciclos de sedimentación superpuestos. El más antiguo de textura franco arcillo limosa, dio lugar a suelos de perfil A1, B2, B3 y C, cuyo horizonte superficial fue posteriormente eliminado por erosión eólica. Sobre el B2 arcilloso se acumuló una capa arenosa moderna de más de 30 cm de espesor donde se formó un nuevo horizonte A. Cuando el espesor de la capa superior alcanza más de 150 cm, aparecen Hapludoles énticos o típicos generados sobre un solo material originario. En las planicies se desarrollan Hapludoles; en la transición a áreas más bajas y sectores deprimidos se encuentran Hapludoles y Natralboles.

Cultivo y secuencia

El cultivo a sembrar en esta solución fue Trigo, variedad *Ñandubay (Don Mario)*. Teniendo en cuenta los antecesores, la secuencia agrícola queda planteada como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Secuencia de cultivos del lote

2018/2019	2019/2020	2020/2021
TRIGO/ SOJA 2DA	MAÍZ TARDÍO	SOJA / TRIGO

Fuente: Elaborado a partir de la información otorgada por el productor, 2021.

V. 2 Determinación de ambientes

La ambientación permite generar mapas que agrupan hectáreas de un mismo o similar potencial agronómico, para que sea la base, a través de las prescripciones, de determinar las recomendaciones para cada ambiente y así establecer la dosificación variable de insumos. Para el reconocimiento de la variabilidad del lote, se hizo uso de dos plataformas *online Auravant* y *JDLINK*, que tienen la posibilidad de vincularse entre ellas.

En base a las imágenes de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) extraídas de *Auravant* y los mapas de rinde del lote descargados de *JDLINK*, se procedió a realizar la ambientación del lote como se describe a continuación.

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Teniendo en cuenta la secuencia, se tomaron las imágenes satelitales de NDVI correspondientes a cada período crítico de los cultivos antecesores, se seleccionó las que más se correlacionaban con el lote, utilizando las del día 22/01/2018 (Figura 18) y 02/03/2021 (Figura 19).

Figura 18: Imagen de NDVI correspondiente al 22/01/2018



Fuente: Auravant, 2021.

Figura 19: Imagen de NDVI correspondiente al NDVI 2/3/2021



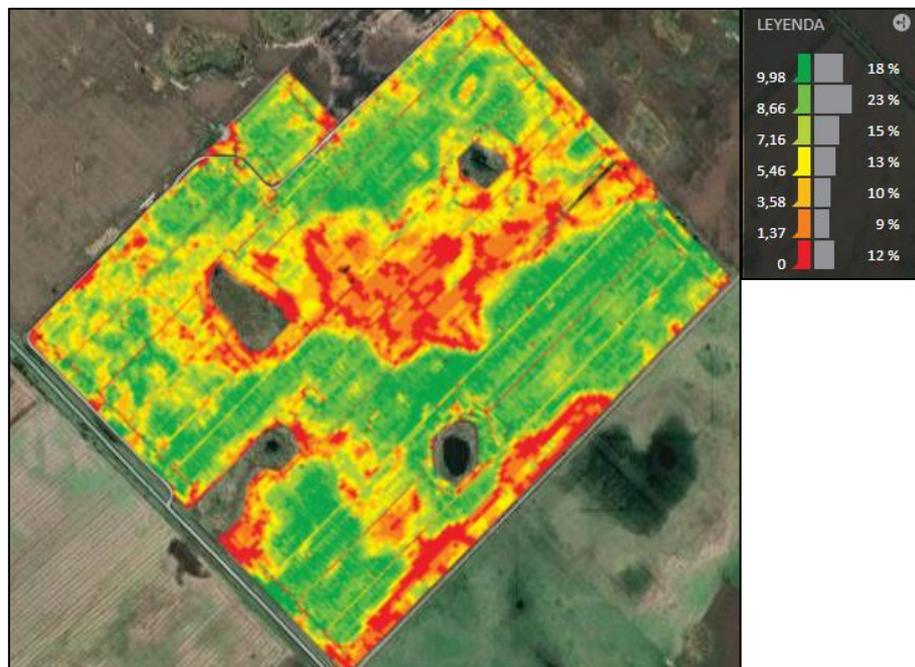
Fuente: Auravant, 2021.

Mapa de rinde

Para añadir exactitud al procedimiento de la ambientación, se utilizaron dos mapas de rendimiento que el productor tenía disponibles de los cultivos antecesores.

En este caso, el primero corresponde a maíz con fecha de 07/07/2020 con un rinde promedio de 6,7 t/ha. En la Figura 20, se observa el mapa con su respectiva leyenda que indica las t/ha extraídas según el punto en el mismo.

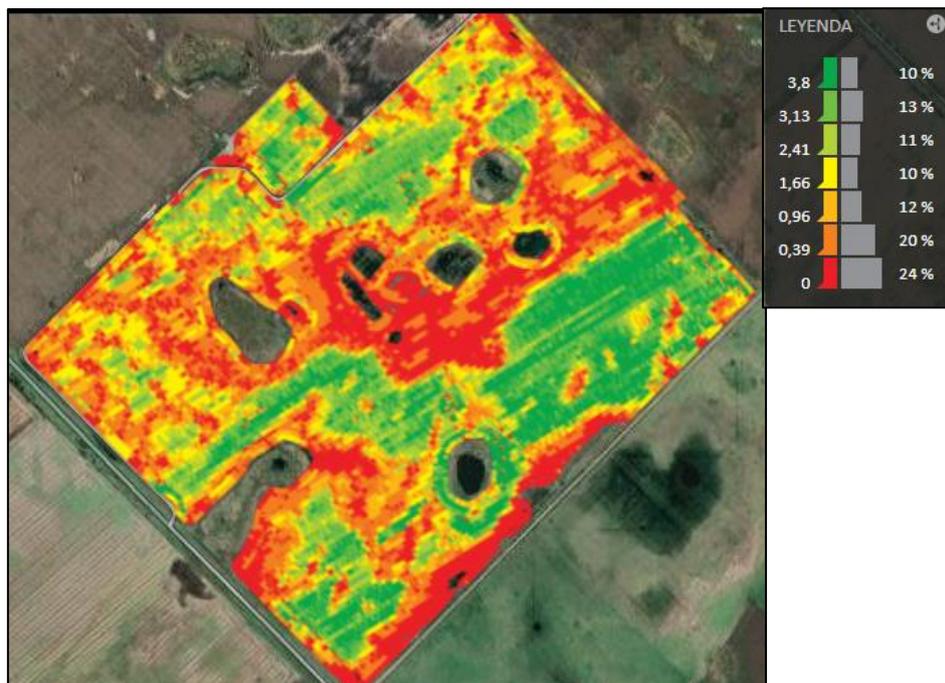
Figura 20: Mapa de rinde de Maíz (07/07/2020)



Fuente: JDLINK,2021

El segundo mapa, corresponde a soja cosechada al día 09/05/2021 con un rinde promedio de 1,75 t/ha. En la Figura 21 se observa el mapa con su respectiva leyenda que indica las t/ha extraídas según el punto en el mismo.

Figura 21: Mapa de rinde de Soja (09/05/2021)



Fuente: JDLINK, 2020

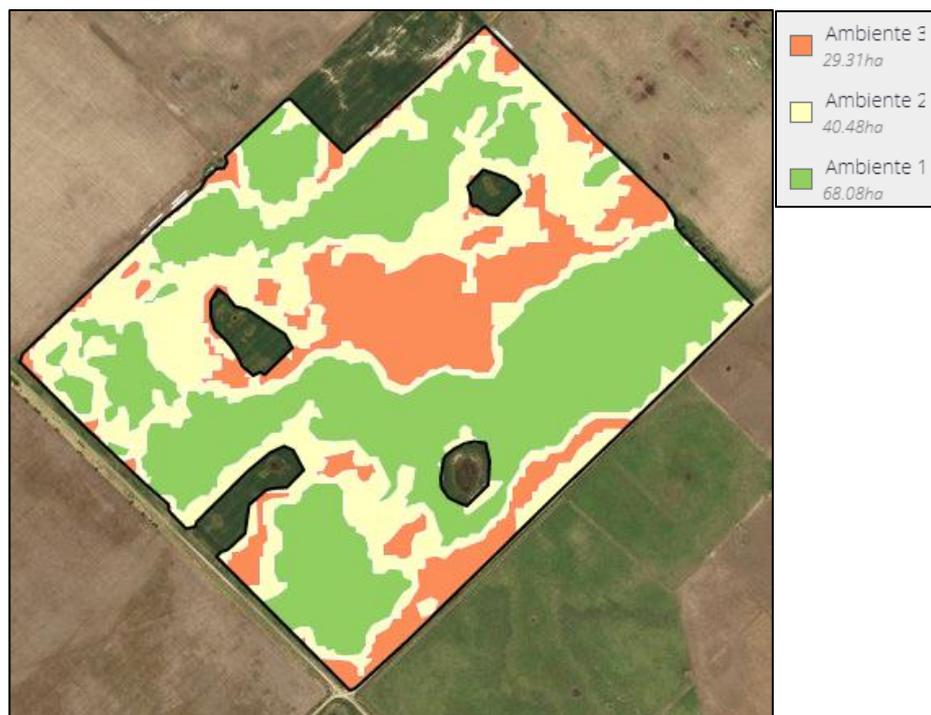
Una vez cargada y procesada la información utilizando el software, se creó el mapa final que determinó tres ambientes:

- Ambiente 1: Mayor productividad, correspondiente a las zonas más altas del lote en donde el rendimiento potencial en maíz es alrededor de las 8 t/ha y en soja 3,5 t/ha⁵.
- Ambiente 2: Mediana productividad, correspondiente a zonas de media loma en donde el rendimiento potencial en maíz es alrededor de las 6 t/ha y en soja 2 t/ha.
- Ambiente 3: Productividad más baja, por ser zona frecuentemente inundable y con salinidad, en donde muchas veces el cultivo no puede ser cosechado.

En la Figura 22, se muestra la ambientación y a la derecha se observa una tabla de referencia con los tres ambientes generados y las hectáreas que componen cada uno.

⁵ Rendimiento potencial tomado solo de los cultivos de gruesa de campañas anteriores ya que no se cuenta con mapeos o estimaciones de fina por ambiente.

Figura 22: Ambientación del lote, con tres ambientes



Fuente: Auravant, 2021.

Corroboración de ambientes a campo

La corroboración de ambientes a campo tiene el propósito de comprobar si verdaderamente lo que se creó por medio del software coincide con la realidad. Para ello, una vez efectuada la determinación de ambientes se realizó una visita al lote que consistió en observar las características edáficas para ajustar cada uno de ellos.

La visita se llevó a cabo el día 26 de mayo de 2021 (Figura 23), en donde se realizaron las siguientes observaciones:

- Cobertura: el lote se encontraba con rastrojo de soja, cosechada el del 9/05/2021. A su vez, en las zonas más bajas que son indudables se encontraba rastrojo de cultivos antecesores.
- Textura (determinada en forma manual): franco – arenosa.
- Profundidad efectiva: suelo profundo, no presenta limitantes.
- Posición en el paisaje: presencia de loma, media loma y bajos con acumulación de agua.

Figura 23: Recorrida a campo.



Fuente: Recorrida realizada el día 26/05/2021.

Una vez realizada las modificaciones (en base a los criterios agronómicos), la ambientación final resultante se observa en la Figura 24. La tabla de referencia a la derecha indica los tres ambientes modificados y las hectáreas que los componen.

Figura 24: Ambientación final con el ajuste correspondiente



Fuente: Auravant, 2021.

De este proceso de corroboración a campo, se determinó lo siguiente: los ambientes 1 y 2 variaron en hectáreas, pero no en gran magnitud y el ambiente 3 se mantuvo con la misma superficie.

En resumen, la elaboración de las ambientaciones permitió determinar la variabilidad del lote por medio de imágenes satelitales e información recolectada a campo que son procesadas por softwares específicos.

V. 3 Mapa de prescripciones para semilla y fertilizante

La prescripción consiste en determinar las dosis de insumos por ambiente. Para ello, se realizó el muestreo de suelo de forma georreferenciado por ambiente, a dos profundidades 0-20 cm y 20 – 40 cm. Como se muestra en la Figura 25, una vez realizada la ambientación se marcaron los puntos para extraer cada muestra simple.

Figura 25: Puntos de extracción de las muestras simples de suelo



Fuente: Auravant, 2021.

De esta forma, al llegar al lote por localización GPS (Figura 26) se extrajo cada muestra simple de suelo, las cuales fueron homogeneizadas por profundidad y por ambiente, para lograr así las muestras compuestas⁶.

Figura 26: Utilización del GPS, por medio de un teléfono celular para la extracción de las submuestras de suelo



Fuente: Propia, 2021.

A partir de esta recolección, se enviaron las muestras al laboratorio IACA (Bahía Blanca) para ser procesadas y determinar las dosis a aplicar de fertilizante. No se contó con análisis de suelos anteriores, que permitan dar referencia a los resultados del mismo.

Con la información de los análisis, se procedió a realizar el mapa de prescripciones tanto de semilla como de fertilizantes. Para este fin y con el propósito de poder comparar los resultados, a la ambientación final ajustada a campo, se le agregó una línea testigo que atraviesa los tres ambientes planteados y se le colocó la dosis de semilla y fertilizante que aplicaría en forma convencional (Figura 27).

⁶ En total se obtuvieron 6 muestras compuestas, una de cada ambiente y a dos profundidades 0-20 y 20-40 cm. Al laboratorio se envió 1 kilo de suelo para analizar.

Figura 27: Mapa para prescripción final de insumos



Fuente: Auravant, 2021

Una vez definidos los ambientes, con la línea testigo y obtenidos los resultados del análisis de suelo (Anexo 1), a través de un trabajo interactivo con el Ingeniero Agrónomo a cargo del establecimiento se determinaron las dosis a aplicar de insumos al momento de la siembra (Tabla 4) en base al rinde esperado por ambiente y teniendo en cuenta la reposición de nutriente para el caso del fósforo.

Los insumos a aplicar fueron:

- Semilla: Trigo – variedad *ñandubay* (*Don Mario*).
- Fertilizante: Fosfato monoamónico (MAP) (grado 11-23-0).

Tabla 4: Dosis de semilla y fertilizante por ambiente

Ambiente	Superficie (ha)	Rinde esperado (t/ha)	Semilla (kg/ha)	Total semilla (kg)	MAP (kg/ha)	Total MAP (kg)	PI/m2
1	68,64	4	133	9.129	100	6.864	320
2	41,12	3,5	116	4.770	80	3.290	280
3	26,75	3	100	2.675	105	2.809	240
4 (Testigo)	3,25	3,5	140	455	115	374	336
TOTAL				17.029		13.336	

Fuente: Elaborado a partir de la información del análisis de suelo, características de la semilla, fertilizante y los datos obtenidos del productor, 2021.

Carga de prescripción a la maquinaria, siembra y mapa de respuesta

La siembra se inició el día 25 de junio del corriente año, finalizando el 28 del mismo mes por cuestiones climáticas. Para efectuar la labor, se utilizó un tractor John Deere modelo 8245 R con una sembradora 1890 *Airdrill* de 11 metros (Figura 28).

Figura 28: Tractor y sembradora John Deere



Fuente: Visita el día de la siembra 25/06/2021.

Previo a iniciar la siembra propiamente dicha, se cargó la prescripción al tractor del cliente desde el software *JDLINK* y cuando el maquinista encendió el monitor de la unidad, se lo guió telefónicamente con unos simples pasos para que pueda dar inicio a la siembra, siguiendo el mapa con las dosis propuestas.

Uno de los cambios radicales más marcados de la AP digitalizada es la introducción de un nuevo modo de control y seguimiento de cultivo al permitir monitorear en forma remota (es decir desde cualquier celular o computadora) el trabajo que se está ejecutando en el lote en tiempo real, como se observa en la Figura 29.

Figura 29: Acceso a la pantalla del monitor en forma remota, para monitorear la labor



Fuente: JDLINK, 2021.

Finalmente, al culminar la labor de siembra en el lote, se comparó la prescripción cargada al monitor con lo que hizo la máquina en el lote a través del “mapa de respuesta de la máquina” que es emitido por el monitor a medida que va ejecutando la labor⁷. Como se observa en la Figura 30, el tractor con el implemento tradujo la información según se había definido, aplicando las dosis correspondientes a cada sector.

Figura 30: Mapa de respuesta de la máquina



Fuente: JDLINK, 2021.

⁷ Una vez finalizada la misma, se puede descargar para su comparación y análisis.

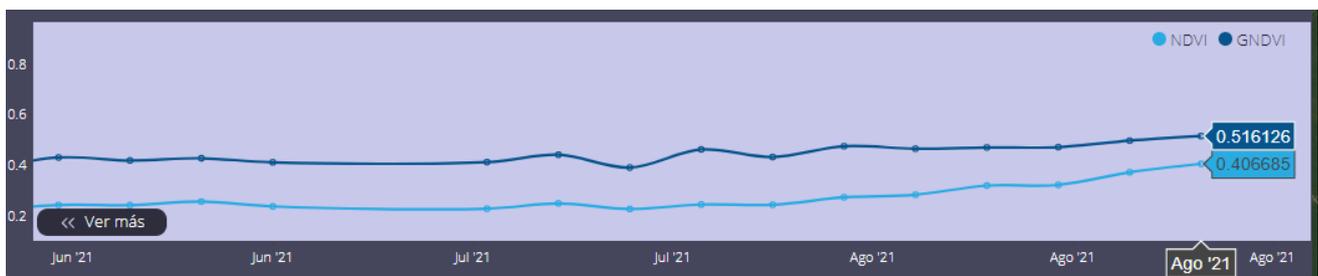
En resumen, las prescripciones elaboradas para semilla y fertilizante, constituyen el procedimiento a través del cual se determinan las dosis de los insumos según la variabilidad establecida en la ambientación.

V. 5 Seguimiento satelital del cultivo

Una vez efectuada la siembra, y gracias a la implementación de nuevas tecnologías, se dio inicio al seguimiento de cultivo en forma satelital. Esto se realiza por medio del índice NDVI utilizado para la elaboración de ambientaciones, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde (GNDVI) y las imágenes satelitales en luz visible.

El NDVI es adecuado para estimar el vigor del cultivo durante las etapas iniciales. Por otra parte, la incorporación de índice GNDVI en el seguimiento ofrece la ventaja que al ser más sensible a la variación de la clorofila en el cultivo y presentar un punto de saturación más alto, puede ser utilizado en cultivos con canopeos densos o en etapas más avanzadas de desarrollo (Figura 31).

Figura 31: Evolución del NDVI y GNDVI del cultivo desde a siembra



Fuente: Auravant, 2021

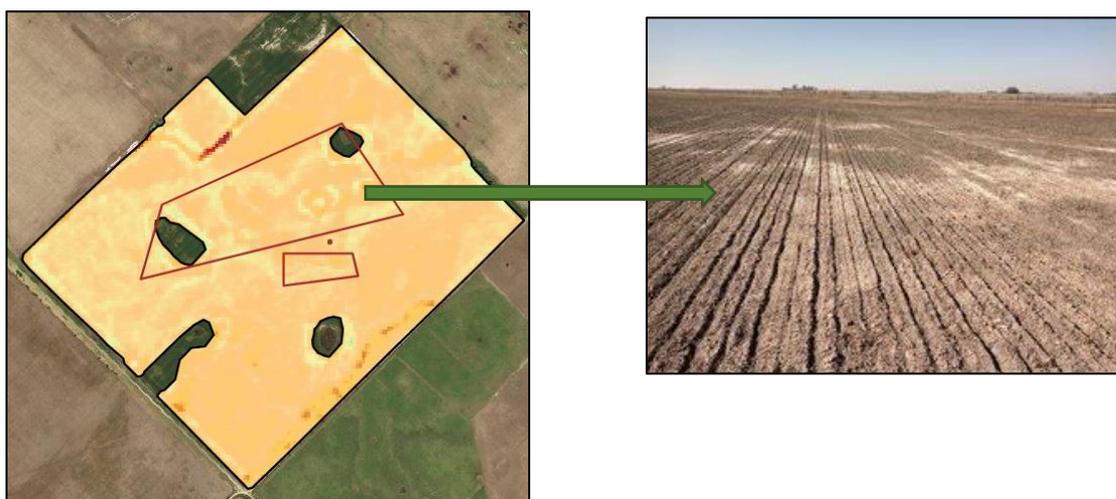
Ambos índices, permitirán visualizar la evolución del cultivo. El uso de la luz visible durante el seguimiento permite constatar que la imagen no tenga nubes y además para identificar fácilmente aquellas particularidades del lote (camino, el casco, alambrados, etc.).

Hasta el mes de agosto, se determinó que el nivel de NDVI expresado por el cultivo es de 0,40 y el de GNDVI es de 0,51 lo que está indicando que el cultivo está evolucionando y en desarrollo.

No sólo el seguimiento de los índices es importante, si no que *Auravant* en forma automática emite alertas cuando detecta alguna anomalía en el lote. Estas son guardadas en algún dispositivo (celular o computadora) para que luego, el Ingeniero o encargado pueda dirigirse al sitio y en forma georreferenciada constatar de que se trata (ej. arvense, enfermedad, helada, falla en la germinación, etc.) y tomar alguna acción o medida si es necesario.

En la Figura 32, se muestra el ejemplo de una anomalía reconocida a partir de una alerta que, al corroborarla a campo, se confirmó que se trataba de un bajo con eflorcencias salinas.

Figura 32: A la izquierda se muestran las alertas emitidas en el lote en la semana del 3/08 y a la derecha la corroboración



Fuente: Elaborado a partir de alertas extraídas de *Auravant*, 2021.

En resumen, el seguimiento de cultivo a través de la tecnología satelital permite evaluar el estado y evolución del cultivo por medio de los índices (NDVI y GNDVI), el monitoreo continuo y contar con el aviso de situaciones irregulares a través de alertas emitidas por el software.

V. 6 Desde la mirada de la triple dimensión

Desde la mirada de la triple dimensión se busca analizar la solución de siembra a través de los impactos económicos, ambientales y sociales que generan.

En **términos económicos** la solución de siembra, mediante el concepto de variabilidad que hace operativo, brinda la posibilidad de determinar las dosis variables de insumos por ambiente para que cada sitio exprese su potencial de acuerdo a sus características. La eficiencia productiva de este procedimiento redundará en una mejora económica.

En la tabla 5, se muestra la comparación de la cantidad de insumos (semilla y fertilizante) utilizados con variable y en forma convencional, con su respectivo porcentaje de ahorro.

Tabla 5: Comparación entre siembra variable y convencional

	Superficie Ha (*)	Semilla			MAP		
		kg/ha	Total (kg)	% Ahorro	kg/ha	Total (kg)	% Ahorro
Convencional	140	140	19600	13%	115	16100	17%
AMBIENTE 1	69,69	133	9268		100	6969	
AMBIENTE 2	41,93	116	4863		80	3354	
AMBIENTE 3	28,15	100	2815		105	2955	

Fuente: Elaborado a partir de los datos aplicados (2021). (*) Las hectáreas indicadas son de la prescripción sin la línea testigo para poder comparar con una siembra convencional.

Como se observa en la tabla, y principalmente en los porcentajes de ahorro, la aplicación de todas estas tecnologías en lo que respecta a la AP genera un impacto positivo en la rentabilidad y sustentabilidad de la producción.

Desde la **mirada ambiental**, la incorporación de tecnología y nuevos planteos productivos bajo una siembra directa de precisión contribuye a través de los beneficios ya reconocidos de la labranza sin remoción de suelo sobre el ambiente. La AP refuerza estos beneficios por medio de la adecuación de la dosis variable de insumos. Si bien en el presente estudio no se ha medido el impacto ambiental, a partir de la información de

algunas investigaciones realizadas con este propósito, es posible señalar algunos aspectos que servirán de base para orientar futuras líneas de estudio:

- La reducción de las cantidades de fertilizantes utilizadas y de agroquímicos, generan menor contaminación de suelos y masas de agua por la escorrentía de los residuos proveniente de los insumos utilizados.
- La adopción de planteos de alta tecnología de trigo aporta mayor cobertura y presencia de biomasa, alcanzando así mayor captación de carbono, que provoca una reducción de gases de efecto invernadero⁸.
- La implementación de la siembra directa en AP impacta positivamente en uno de los factores que provoca el aumento de la Huella de Carbono, como es el consumo de combustible⁹.
- Los planteos de trigo lograrían menor valor real del “Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ)¹⁰, ya que por medio de una densidad optimizada con una biomasa equilibrada se lograría un mayor control de malezas y, por ende, daría un coeficiente más bajo. Este resultado mejoraría más aún si se tiene en cuenta la incorporación de aplicaciones selectivas, en donde el impacto es mucho mayor.

La **dimensión social** está íntimamente relacionada a la económica y ambiental dado que una mejora en ellas, redundaría en un mejor bienestar para la sociedad. Para los fines de esta experiencia se consideran los recursos humanos involucrados a la Solución de Siembra para cubrir esta dimensión. Se deja planteado para futuros estudios incorporar otros aspectos que amplíen y complementen¹¹.

⁸ De acuerdo al trabajo elaborado por el INTA e INTI (2021)- “La huella de carbono del trigo argentino” la incorporación de tecnología reduce la emisión de los gases, basándose en la incorporación de prácticas de manejo (como la Siembra Directa) y uso eficiente de los fertilizantes (dosis, fuente, momento y lugar de aplicación correctos).

⁹ El consumo de gasoil en Siembra Directa (SD) es menor que en una labor convencional. Si se compara un planteo con 100% de labranza convencional vs 100% de siembra directa, la Huella de Carbono reduce un 10% realizando SD. Fuente: trabajo elaborado por el INTA e INTI (2021)- “La huella de carbono del trigo argentino”

¹⁰ EIQ: modelo desarrollado por el Programa de manejo integrado de plagas de la Universidad de Cornell (Kovach et al,1992), y a través de un valor numérico y adimensional permite evaluar el impacto ambiental de los plaguicidas.

¹¹ Incorporación de capacitaciones y seguimiento en nuevas tareas que surjan dentro de Soluciones Agronómicas, como será al momento de la pulverización o cosecha, donde también se necesitara el soporte de recursos humanos en carácter de enseñanza y seguimiento de procesos.

Las tres figuras directas que participan de la Solución son:

- El **productor agropecuario** es quien recibe en primera instancia la información necesaria para entender e interpretar los beneficios de esta nueva agricultura. A partir de ello, se realiza el nexo con el asesor, y en conjunto acceden a estas herramientas tecnológicas para luego tomar las decisiones.
- **Técnicos de Navarro SA – John Deere**: la empresa se vio en la necesidad de incorporar especialistas agrónomos para que aporten desde su formación a la Solución Agronómica. Es en este sentido, que surgió el acercamiento al Departamento de Agronomía (UNS) dando inicio por medio de pasantías laborales, a una nueva experiencia para la propia empresa, en la que se involucraron dos alumnos avanzados en la carrera de Ingeniera Agronómica bajo la supervisión del Gerente de Ventas y Marketing.
- El **tractorista** como principal figura operativa de la solución, quien con una vasta experiencia en la labranza convencional precisó para esta transformación de capacitaciones a través de cursos formales presenciales y a campo, dictadas al momento de la entrega de la máquina, en donde se explica cada componente, como funciona, sus respectivos cuidados, etc.

Previo a realizar la labor (en este caso de siembra) se realizó otra capacitación para efectuar la configuración de la máquina, en este caso por vía telefónica. Por último, se efectúa un seguimiento remoto en continua comunicación ante cualquier consulta o duda que surja.

En forma permanente *Navarro SA – John Deere* acompañó a los participantes de la solución, especialmente a través de:

- John Deere ofrece continuo acompañamiento en lo referido a las TIC's estando en comunicación con la sede central de Argentina, Brasil y Estados Unidos.
- *Navarro SA* brindó el acceso a cursos dictados desde John Deere University (AMS I, AMS II, Relación suelo – planta y ambiente y Fundamentos Agronómicos), *Auravant*, *AAPRESID*, *PLA* como así también participación congresos como por ej: *Sembrar Saber* orientado al uso y manejo de imágenes satelitales.

Para finalizar y a modo de resumen del análisis de la “Solución de Siembra”, en la Figura 33, se esquematizan las actividades centrales que caracterizaron la determinación de ambientes, mapa de prescripciones para semilla y fertilizante, la siembra y el seguimiento satelital del cultivo desde la triple dimensión sustentable.

Figura 33: Resumen de la experiencia “Solución de Siembra”



Fuente: Elaborado a partir del trabajo realizado, 2021.

VI. Consideraciones finales

Las actividades que se enmarcaron en la pasantía laboral en la empresa *Navarro SA - John Deere* tuvieron el propósito de realizar una experiencia de siembra en el cultivo de trigo bajo la adopción de nuevas tecnologías y de nuevas formas de interacción entre el proveedor y el productor agropecuario.

Bajo lo que se conoce como “Soluciones Agronómicas” la pasantía cubrió la “Solución de Siembra”. Los resultados de la experiencia permiten extraer las siguientes conclusiones:

1. La oportunidad de efectuar la pasantía en una empresa como *Navarro SA – John Deere* ha superado claramente mis expectativas profesionales. A la diversidad de tareas y relaciones humanas que se construyeron, se sumó la generosa actitud de los directivos que, bajo la guía del Gerente de Marketing y Ventas, me otorgaron un nivel de protagonismo que me permitió y exigió utilizar todas las herramientas obtenidas en la universidad.
2. La participación en el diseño, planificación y seguimiento de la “Solución de Siembra” especialmente en lo concerniente a la elaboración de ambientación y de prescripción, permitió advertir el altísimo nivel de competencia, idoneidad y flexibilidad que se requiere de un Ingeniero Agrónomo.
3. La Solución de Siembra exigió de un trabajo interdisciplinario entre el área técnica de la empresa, el área de ventas y el centro de soluciones conectadas, para la puesta a punto de todos los componentes tecnológicos involucrados. Esto demandó un entrenamiento y capacitación de los participantes de la Solución con el nivel más alto de profesionalismo. La unión de esfuerzos de manera colaborativa se expresó finalmente en la concreción de los objetivos propuestos en la Solución.
4. La elaboración de la ambientación y prescripción constituyen las dos tareas que más desafían a la agricultura tradicional y que exigió una adecuación de todo el



equipo de trabajo de la empresa en términos de adoptar nuevo vocabulario, construir relaciones interpersonales y comprensión del proceso de siembra.

5. De las innumerables tareas que demandó la solución de siembra, la que más interpeló a mi formación académica fue la interpretación de las imágenes satelitales. El reconocimiento de una nueva fuente de datos que por medio de inteligencia humana y artificial puedan convertirse en información para generar acciones más eficientes y productivas de manera sustentable, me resultaban impensables en mis años de estudio en la Escuela Agraria.
6. Restan un sin número de ajustes, mediciones y testeos para hacer de la Solución de Siembra una alternativa competitiva para el productor. Destaco la incorporación de nuevas tecnologías y componentes digitales que permitirían la medición de la calidad comercial de cereales y oleaginosas con imágenes e inteligencia artificial, que sean fuente de ventajas para agregar valor a la cadena. La implementación de indicadores y mediciones (principalmente del impacto ambiental de las actividades realizadas) por su parte harán de la triple dimensión sustentable, un proceso en el sendero por recorrer.

VII. Bibliografía:

Historia de John Deere. Disponible en <https://www.deere.com.ar/es/nuestra-compa% c3% b1% c3% ada/historia/>.

Marco institucional. *Navarro S.A – John Deere*. Actualizado a la fecha.

García, E., y Flego, F. (2012) “Agricultura de Precisión”- Tecnología Agropecuaria. Universidad de Palermo. Disponible en: <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>.

Villarroe, D., Scaramuzza, F. y Melchiori, R. (2021) Agricultura de Precisión – EEA INTA Manfredi – EEA INTA Paraná. <https://inta.gob.ar/documentos/estimacion-de-la-evolucion-en-la-adopcion-de-componentes-de-agricultura-de-precision-de-cara-al-inicio-de-una-decada-de-agricultura-digitalizada>

Lachman, J., Lopez, A., Tinghitella, G., Gómez-Roca, S. (2021). Las *Agtech* en Argentina: desarrollo reciente, situación actual y perspectivas. Serie Documentos de Trabajo del IIEP, 57, 1-55. http://iiep-baires.econ.uba.ar/documentos_de_trabajo.

Lipietz, A. (1997). El mundo del postfordismo. Ensayos de Economía, 7(12), 11-52. Recuperado a partir de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ede/article/view/23729>.

Moreno, M. (2011). La estructura social agraria en el partido de Pehuajó (2010). Mundo Agrario, volumen 12, pág. 23. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.5038/pr.5038.pdf.

MeteoBlue. Información climática histórica Pehuajó - Disponible en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/pehuaj% c3% b3 _argentina_3841679.

Álvarez, R., Leavy, S. y Marino., M (2009). Zonas Agroeconómicas Homogéneas Buenos Aires Norte. EEA INTA General Villegas & EEA INTA Pergamino. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-zahs_bs_as_norte.pdf.

Regeiro., D - Analista agrícola del Departamento de Investigación y Prospectiva de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2021). “La huella de carbono de la cadena de Trigo”.



VIII. Anexo 1

Resultados del laboratorio



Corresponde a : Navarro SA
Solicitado por : Bianca Damilano
Ingresos : 003-65896-1630 1643 1667 1712 1726 1751

ANALISIS DE SUELOS

Material examinado.....: Suelos
Fecha emisión informe.....: 01 / 06 / 2021

MUESTRA	N-NO3 (mg kg ⁻¹ /ppm)	P disponible (mg kg ⁻¹ /ppm)	pH	MO (%)
Lote 10 Ambiente 1 0.0-0.2 m	18.4	10.6	6.7	3.21
Lote 10 Ambiente 1 0.2-0.4 m	12.6	--	--	--
Lote 10 Ambiente 2 0.0-0.2 m	21.1	13.5	6.6	3.16
Lote 10 Ambiente 2 0.2-0.4 m	11.9	--	--	--
Lote 10 Ambiente 3 0.0-0.2 m	17.6	9.9	6.7	3.31
Lote 10 Ambiente 3 0.2-0.4 m	10.9	--	--	--

N-NO3: Nitratos - Espectrofotométrico.

P disponible: Fósforo extraíble -Bray-Kurtz.

pH: pH - potenciométrico.

MO: Materia Orgánica - Walkley y Black.