



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Estimación de la evolución en la adopción de componentes de Agricultura de Precisión de cara al inicio de una década de Agricultura digitalizada.

Con el comienzo de una nueva década el sistema se encuentra en un proceso acelerado de digitalización constante de la agricultura, en plena era de la Agricultura 4.0. Gran parte de este avance en Argentina, puede asociarse con los *25 años de trabajo desde el Proyecto Nacional de Agricultura de Precisión*, hoy reformulado en una nueva cartera de Proyectos del INTA como Proyecto Estructural "Desarrollo y aplicación de tecnologías de mecanización, precisión y digitalización de la Agricultura". Los agrocomponentes de precisión que fueron equipando a la maquinaria agrícola son en parte responsables de la tecnificación del campo argentino que se proyecta como un sistema mucho más eficiente que lo observado años atrás y como una fuente importante de generación de datos. Eso es lo que refleja el crecimiento sostenido que siempre tuvo la adopción de tecnologías, relevado por el INTA con colaboración de las principales empresas del rubro, pero con un incremento claro sobre algunos componentes en particular, directamente relacionados con la generación y procesamiento de los datos, la eficiencia y efectividad en las aplicaciones, así como la trazabilidad y la certificación de las actividades.

Guía automática, precisión en la siembra, monitoreo de rendimiento, sensores para aplicación selectiva en el control de malezas y telemetría en las labores de la maquinaria son los principales rubros tecnológicos que han crecido sostenidamente en los últimos 10 años. De acuerdo con los datos estimados hasta diciembre de 2019 (Tabla 1) se puede proyectar la evolución que podría tener el equipamiento de la maquinaria agrícola con el comienzo de esta nueva década, las tendencias en tecnificación, automatismo y robótica como así también la necesidad de tener un personal capacitado para sacar máximo provecho a los desarrollos actuales y futuros.

Tabla 1: Estimación de la evolución de número 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	1801	2076	2346	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 10cm	50	110	200	210	360	823	2290	3566	4831	5953
Sistemas de Corrección > a 10cm					157	431	1130	3184	5415	8426
Telemetría				37	120	196	409	839	1358	1877
Control Selectivo de Malezas					21	64	160	233	278	328
Sensor manual de N en tiempo real						80	101	104	116	120

Fuente: INTA Manfredi, 2020.

Según un informe económico presentado en noviembre de 2020 por la BCCBA (Bolsa de Cereales de Córdoba) en base a datos del INDEC, donde se menciona que, *tras el buen desempeño de la industria durante la última mitad del año 2019, el primer trimestre de 2020 presentó una caída en términos de maquinarias agrícolas vendidas, cayendo un 8% en comparación al primer trimestre de 2019, pero tanto el segundo como el tercer trimestre del 2020 mostraron un repunte de 26% en la venta de maquinarias*. Lo cual es un gran indicador de la proyección que tienen los datos de adopción de tecnologías de Agricultura de Precisión (AP) incorporada a la maquinaria agrícola, principalmente en las actividades como siembra, cosecha, pulverización y fertilización.

Ante este escenario la proyección prevé en general que la incorporación de tecnología a la maquinaria agrícola se verá reflejada en un incremento del 20% respecto a las ventas observadas en 2020 y lo contabilizado en 2019, algunos rubros con un crecimiento mayor que otros, dependiendo principalmente del rápido impacto en la producción que causen, en el retorno a la inversión, amortización y la posibilidad de adquirir créditos accesibles para su incorporación.

Respecto a la actividad de **cosecha**, según datos del INDEC de 2019, donde se declaró un parque de 24258 cosechadoras en general, con un promedio aproximado de 11 años de antigüedad, se estima que un poco más de 70% de ellas (parque activo), cuentan con la posibilidad de registrar el rendimiento georreferenciando la información, es decir que actualmente un poco más de 16140 monitores equipan a las cosechadoras del campo argentino (Gráfico 1). Es importante remarcar que según cálculos del equipo de Mecanización Agrícola de INTA Manfredi, ese parque activo de cosechadoras correspondería a aproximadamente 17000 máquinas, responsables de trillar más del 85% de la producción nacional. Esto permite suponer que el 95% de las cosechadoras cuentan con monitor de rendimiento, muchos de ellos aún no activados, pero también otro porcentaje no estimado que corresponden a monitores que están por cumplir su vida útil. También se observó que, hacia finales de 2019, aproximadamente un 38% de las cosechadoras correspondía a máquinas de menos de 5 años de antigüedad, las cuales ya cuentan con tecnologías de automatismo, autorregulación, robótica y telemetría total.



Gráfico 1: Estimación de la evolución anual de monitores de rendimiento en unidades acumuladas.

El interrogante más grande es saber cuál es el porcentaje de utilidad de los mapas de rendimiento que generan estas cosechadoras o cuantos mapas de rendimientos se logran a partir de un sistema de monitoreo correctamente calibrado, por lo tanto, qué superficie es mapeada con datos fiables. Al margen de ello, generar un mapeo con cierto grado de error puede ser válido para detectar variabilidad, pero nunca es aconsejable para analizar ensayos de evaluación de híbridos, variedades o fertilización, ya que la diferencia entre los tratamientos puede reflejar pocos kilogramos entre ellos, en este caso se aconseja trabajar con un sistema que manifieste un error inferior a 5%.

Afortunadamente los avances tecnológicos en el sistema de monitoreo de rendimiento de estos últimos años, hacen foco en el entrenamiento de algoritmos de autoregulación inteligente, en la utilización de cámaras de alta velocidad para detectar parámetros de calidad de cosecha y en la incorporación de celdas de carga en lugares estratégicos para realizar la autocalibración del peso de los granos varias veces durante la jornada de cosecha. No obstante, hasta el momento, quien entrena al sistema “inteligente” y decide cuales son los parámetros óptimos de trilla sigue siendo el operario. Una vez que estos parámetros fueron definidos por quien opera la cosechadora, el sistema se autoregulará constantemente ante variaciones puntuales, con el objetivo de ser eficientes en este proceso y por ende sacar el máximo provecho a la tecnología. Esto se va a traducir en mayor eficiencia en el uso del combustible, en un sistema de mapeo de rendimiento calibrado y altamente confiable, pero también en un sistema de trilla separación y limpieza correctamente regulado impactando en una reducción considerable de las pérdidas de grano.

Hoy podemos decir 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. Muchas veces se observa el uso de cosechadoras de varios años de antigüedad para utilizarlas en actividades puntuales donde el rendimiento es menor debido a algún factor, o por ejemplo si se tiene problemas de piso o para acompañar en tándem a un grupo de cosechadoras que trabaja en equipo. Ese tipo de maquinaria es complementaria y prácticamente no tiene o no es necesario que disponga de un monitor de rendimiento.

La tecnificación en **siembra** ya viene marcando un cambio significativo en los últimos años con el incremento en la incorporación de motores eléctricos para comandar sistemas de dosificación de insumos, con una reducción en cantidad de piezas móviles como trenes cinemáticos, ruedas de mando, engranajes y cadenas, repercutiendo positivamente en la vida útil de los diferentes componentes que conforman la sembradora. A su vez, al incorporar estos motores eléctricos, también se ha mejorado la eficiencia de la labor accionando de manera instantánea los sistemas de cortes cuerpo a cuerpo de siembra, caños de bajadas de diferentes diseños para mejorar la distribución de la semilla y sistemas estabilizadores de carga para lograr una correcta uniformidad en la profundidad de la siembra.

Hacia finales de 2020 la venta de sembradoras reflejó una suba aproximada de 22% (en el tercer trimestre), siendo ésta un 90% de industria nacional. Este crecimiento significativo de nuevos equipos de siembra marca una sostenida adopción de tecnologías de dosis variable (DV), lo cual está reflejado que viene sucediendo en los últimos años (Grafico 2).

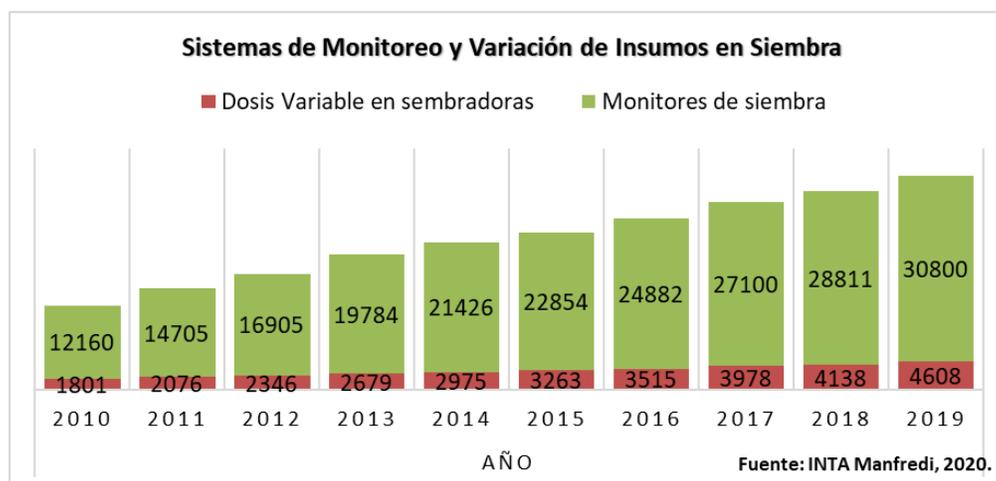


Gráfico 2: Estimación de la evolución anual de monitores de siembra y sistemas de dosis variable en unidades acumuladas.

El mercado es muy variado en cuanto a ofertas de equipamiento, el número de marcas es muy amplio para elegir la tecnología que mejor se adapte a la sembradora que requiera cada caso en especial. De todos modos, desde fábrica un gran número de sembradoras salen con la tecnología de DV incorporada, incluso con tecnología de precisión de diferentes marcas. A su vez, las empresas mencionan una gran cantidad de sembradoras ya existentes en el parque de maquinaria, que son adaptadas y/o modificadas para incorporarles diferentes sistemas de DV. En este rubro se observa la participación de muchas empresas nacionales, con tecnología de alta calidad desarrollada en el país, pero también se observa una gran inclusión en el mercado adaptando a sembradoras que salen equipadas desde fábrica, como así también aquellas que son modificadas. En este sentido, por ejemplo, la incorporación de sistemas de corte por tramo o cuerpo a cuerpo claramente creció más de 3 veces hacia fines de 2019 respecto a los números observados en 2015, con una proyección a seguir incorporando esta tecnología también en 2021.

Esta digitalización de la siembra tiene que ver con un paquete tecnológico que incluye la eficiencia de la siembra y la efectividad de cada uno de los componentes de una sembradora. El propósito es ser más eficiente con el uso de los insumos y de poder realizar una siembra variable en función de la caracterización realizada a partir de un análisis de la variabilidad de los lotes. Claramente la eficiencia en la siembra es un indicador de la utilización de tecnología de precisión y todas las empresas están apuntando a lograr ello, tanto en el desarrollo de la sembradora como en la incorporación de la electrónica en la misma. La evidencia en cuanto a disminuciones en el rendimiento por fallas en la siembra o por una mala regulación de la sembradora afectan directamente sobre la rentabilidad de la producción, principalmente cuando se evalúan números en el cultivo de maíz. Por ello la incorporación de tecnología de precisión en la sembradora es una realidad que se viene manifestando año tras año.

La pulverizadora, una de las máquinas más versátiles del sistema agrícola argentino cierra un 2020 con récord de ventas, un 70% (3er trimestre) respecto al mismo período del año 2019, de las cuales

también el 70% corresponde a industria nacional. En lo que corresponde a aplicación de fertilizantes, tanto líquido como sólido, se ha incrementado de manera significativa la incorporación de sistemas de DV. Pulverizadoras o fertilizadoras de arrastre y autopropulsadas incorporan en mayor medida sistemas de precisión e incluso la adopción de las mismas van acompañadas de la simplicidad que hoy tienen estos sistemas en cuanto a compatibilidad de archivos de prescripción.

Las pulverizadoras desde el punto de vista de la aplicación de fitosanitarios están equipadas con una tecnología completamente desarrollada y ampliamente adoptada (Grafico 3). En los últimos años se ha aumentado la precisión entre pasadas, mejorado de manera significativa la conducción a través de la incorporación de pilotos automáticos, incluyendo también nuevas computadoras de aplicación, estaciones meteorológicas, como así también electroválvulas que reaccionan a la variación en la aplicación en fracciones de segundos y sistemas de modulación por pulso (PWM).

Tecnología de Precisión en Pulverización

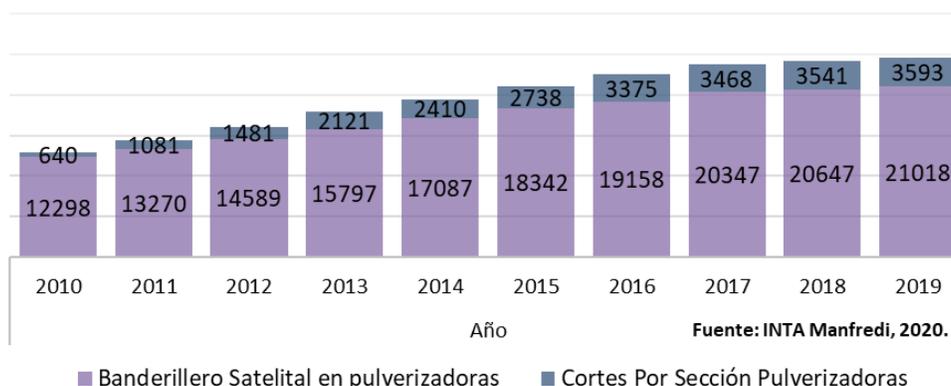


Gráfico 3: Estimación de la evolución anual de banderilleros satelitales y sistemas de corte en pulverizadoras en unidades acumuladas.

La pulverizadora es una de las maquinarias que realiza varias actividades durante el año, incluso sobre la misma superficie, por lo tanto, cada tecnología que se le incorpora suele amortizarse en el corto o mediano plazo. Esta situación se ve reflejada en el aumento de la incorporación de tecnologías de aplicación selectiva (Grafico 4), principalmente utilizada para controlar malezas en barbechos. Estos últimos años ha tenido un crecimiento promedio interanual que ronda el 20% en las ventas de esta tecnología, que trae aparejado un manejo más consiente de la aplicación de fitosanitarios, disminuyendo notablemente el volumen de aplicaciones de agroquímicos, con un manejo más sustentable, muchas veces combinando diferentes criterios agronómicos para controlar malezas. Las empresas que los comercializan brindan capacitaciones específicas donde cada operario o técnico asesor adquiere los conocimientos necesarios para sacar el mayor provecho a esta tecnología de sensores. A su vez, en este rubro se proyecta en esta nueva década un crecimiento en la oferta e incorporación de desarrollos nacionales, donde se observa una combinación de autonomía, automatismo, robótica e inteligencia artificial. Empresas que van a mejorar sus productos y serán altamente competitivas con sus pares internacionales, trabajando fuertemente en la efectividad de las aplicaciones y disminuyendo el volumen de aplicación de fitosanitarios, logrando disminuir el impacto ambiental. De hecho, el crecimiento en la

incorporación de sistemas de telemetría para controlar las aplicaciones también ha manifestado un crecimiento y justamente ésta es una forma de transparentar y certificar el trabajo en un marco de buenas prácticas agrícolas.



Gráfico 4: Estimación de la evolución anual de equipos de aplicación selectiva en unidades acumuladas.

La incorporación de **pilotos automáticos** en la maquinaria agrícola, principalmente en tractores, unidades autopropulsadas y cosechadoras ha tenido un constante crecimiento en los últimos años, observándose un incremento promedio interanual del 20% en los últimos 5 años (Gráfico 5). El uso de banderilleros satelitales fue migrando a plataformas multifunción de guiado virtual con sistemas de piloto automático incorporado. 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. Por lo tanto, ya se observa como un insumo en la maquinaria agrícola que es fundamental y muchas empresas lo incorporan como una tecnología que incluye la maquinaria.

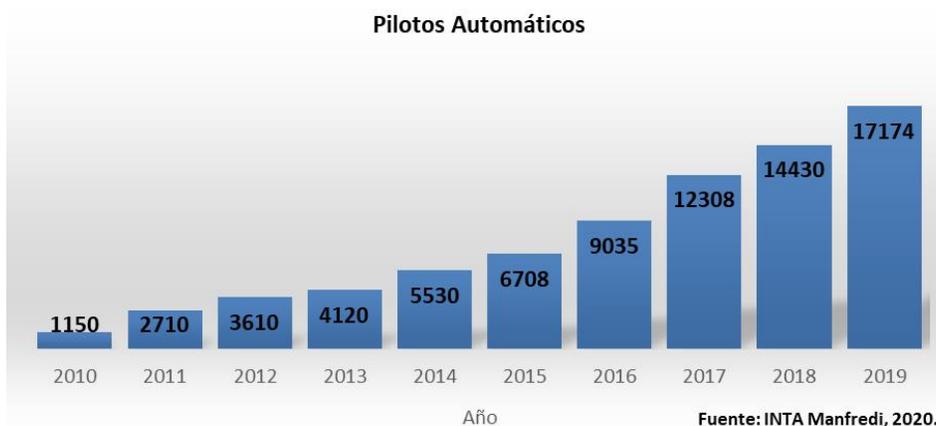


Gráfico 5: Estimación de la evolución anual de pilotos automáticos en unidades acumuladas.

Un párrafo aparte lo dan los sistemas de **telemetría** de la maquinaria, que son transversales a todos los rubros agrícolas, recolectando y brindando información para dar soluciones o tomar decisiones en tiempo real. Esta es otra tecnología que creció fuertemente en los últimos años, detectando en 2019 un incremento 10 veces mayor a lo observado en el 2015 (Gráfico 6). La posibilidad de gestionar y accionar sobre los datos que está generando la maquinaria en el momento es algo que agiliza procesos y hace más eficiente la toma de decisiones. Hoy a través 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 o de logística en el momento en que el operario está conduciendo esa misma máquina en el lote. A su vez, con la interacción que pueda tener con una estación meteorológica, una pulverizadora certifica su aplicación a través de la conectividad que tenga la maquinaria con quien deba corroborar el trabajo, un profesional responsable, el municipio, la sociedad o cualquier ente de control.

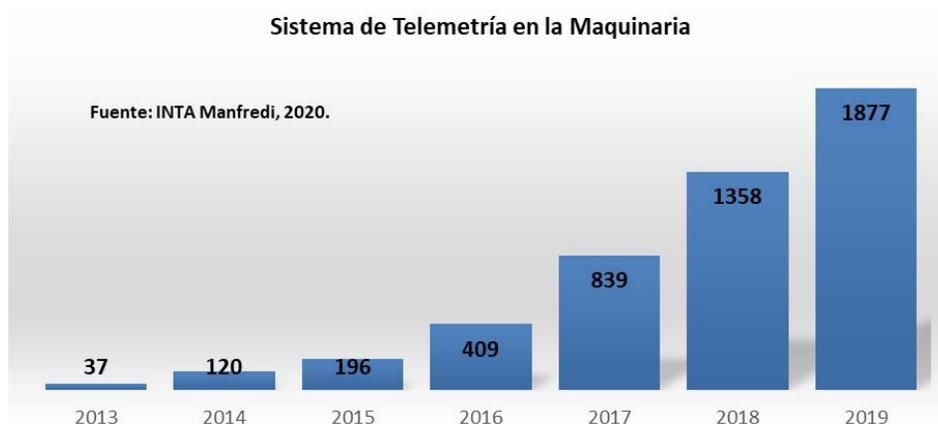


Gráfico 6: Estimación de la evolución anual de sistemas de telemetría en maquinaria agrícola en unidades acumuladas.

Hoy a pesar de no tener resuelto en gran medida la cobertura de conectividad que se presentan en algunas zonas, cada maquinaria tiene la posibilidad de generar sus datos y enviarlos a un servidor en particular en el momento en que adquiera señal. Esto marca un antes y un después en el análisis y gestión de la información en las actividades a campo. Claramente en esta década el insumo más importante para las empresas serán los datos generados a campo, tanto por parte de la maquinaria como por el productor asesor en cada recorrida y monitoreo que realiza. En este sentido, la propiedad intelectual de la información va a ser un punto que va a tener que dejar en claro el usuario y la empresa que proporciona la plataforma para visualizar la información.

El crecimiento de esta tecnología ha sido notable en los últimos años, ya que es el medio por el cual la maquinaria se mantiene conectada en tiempo real con una plataforma de gestión de la información. Es difícil cuantificar qué superficie o número de máquinas están conectadas de esta manera, lo cierto es que la tecnología incorporada en los últimos años está apta para realizar este tipo de gestión inteligente de datos. Desde fábrica es una tecnología incorporada, pero también existen dispositivos que permiten tomar la información mediante protocolos específicos y reproducir la misma en una plataforma o en una app. Siembra, pulverización, fertilización y cosecha

son labores que actualmente se pueden seguir al instante a través de la telemetría, por lo tanto, la trazabilidad y la certificación de estas actividades son totalmente transparentes.

En resumen, estamos 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. Ser pioneros en la adopción de la siembra directa, en la incorporación de genética en los cultivos y desarrollo de maquinaria agrícola por parte de fabricantes nacionales, hace que la tecnificación e incorporación de sistemas de agricultura de precisión se de en constante crecimiento y asimilación por el agricultor argentino. Éste, con toda la tecnología incorporada en los últimos años y de cara al comienzo de una nueva década, lo encuentra como líder en adopción e implementación de herramientas de agricultura de precisión a nivel mundial, proyectando un incremento en la eficiencia del uso de los insumos para producir la mayor cantidad de las toneladas de granos por hectárea en los próximos años.

Ing. Agr. Diego Villarroel¹

Ing. Agr. MSc Fernando Scaramuzza¹

Ing. Agr. MSc Ricardo Melchiori²

Agricultura de Precisión – EEA INTA Manfredi¹ – EEA INTA Paraná²