

ADOPCIÓN DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN ARGENTINA. UN ANÁLISIS COMPARADO CON ESTADOS UNIDOS

Autores: Martín Daniel Guaglianone

Fuente: Revista de Economía Política de Buenos Aires, Vol. 30, Año 19, (Diciembre-Mayo 2025), p. 77-121.

Publicado por: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

Este artículo analiza los niveles de adopción de Agricultura de Precisión (AP) en Argentina a través de su comparación con Estados Unidos. Principalmente, se contrastaron los datos provenientes de los censos agrarios en distintos niveles de análisis: nacional, regional, provincial-estatal y distrital, con eje en la comparación entre la Región Pampeana y el Corn Belt. Se completó este análisis con datos sobre la adopción por tecnología y por cultivo, y sobre la oferta de AP. Los resultados señalan que, si bien crecieron los niveles de adopción de AP en Argentina, aún se encuentran significativamente por debajo de los evidenciados por Estados Unidos.

Palabras clave: Agricultura de Precisión, cambio tecnológico, producción agraria argentina, producción agraria estadounidense.

Martín Daniel Guaglianone (2025). Adopción de Agricultura de Precisión en Argentina. Un análisis comparado con Estados Unidos. Revista de Economía Política de Buenos Aires, 30(19), 77-121. [https://doi.org/10.56503/rep-ba.Nro.30\(2025\)/3266](https://doi.org/10.56503/rep-ba.Nro.30(2025)/3266)



La revista opera bajo licencia Creative Commons:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas CC BY-NC-ND (CC BY-NC-ND 4.0). Es una publicación gratuita sostenida por la Facultad de Ciencias Económicas y el Instituto Interdisciplinario de Economía Política de la Universidad de Buenos Aires que protege los derechos intelectuales de sus miembros.

ADOPCIÓN DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN ARGENTINA. UN ANÁLISIS COMPARADO CON ESTADOS UNIDOS

ADOPTION OF PRECISION AGRICULTURE IN ARGENTINA. A COMPARATIVE ANALYSIS WITH THE UNITED STATES

Recibido 11/11/2024. Aceptado 5/03/2025.

Martín Daniel Guaglianone*

<https://orcid.org/0009-0005-0228-6967>

RESUMEN

Este artículo analiza los niveles de adopción de Agricultura de Precisión (AP) en Argentina a través de su comparación con Estados Unidos. Principalmente, se contrastaron los datos provenientes de los censos agrarios en distintos niveles de análisis: nacional, regional, provincial-estatal y distrital, con eje en la comparación entre la Región Pampeana y el Corn Belt. Se completó este análisis con datos sobre la adopción por tecnología y por cultivo, y sobre la oferta de AP. Los resultados señalan que, si bien crecieron los niveles de adopción de AP en Argentina, aún se encuentran significativamente por debajo de los evidenciados por Estados Unidos.

Palabras clave: Agricultura de Precisión, cambio tecnológico, producción agraria argentina, producción agraria estadounidense

ABSTRACT

This paper analyzes the levels of adoption of Precision Agriculture (PA) in Argentina through a comparison with the United States. Mainly, we compared data from census of agriculture at different levels: national, regional, provincial-state and district, focused on the comparison between the Pampean Region and the Corn Belt. This analysis was completed with adoption by technology and crops, and supply data. Results indicate that PA adoption has grown in Argentina but is significantly below U.S. levels.

Keywords: Precision Agriculture, Technological change, Argentine agricultural production, U.S. agricultural production

* Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional de San Martín, Argentina. Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales. Centro de Estudios Económicos del Desarrollo - mguaglia@unsam.edu.ar
Códigos JEL: O13, O33, Q1

I. Introducción

Dentro de los estudios económicos sobre la producción agraria, el cambio tecnológico ha sido un clásico objeto de análisis y discusión. Desde perspectivas críticas, se incluyó dentro de los debates en torno a la llamada “cuestión agraria” y los obstáculos para el desarrollo del capitalismo en el sector (Byres, 1991). En Argentina, estos debates tuvieron cierto correlato local en el llamado debate sobre el “estancamiento agropecuario” (Barsky & Gelman, 2001). Sin embargo, conforme a las transformaciones que evidenció el sector desde mediados de la década de 1990, estos debates han sido dejados atrás para dar paso un nuevo consenso sobre la superación cualquier barrera para el cambio tecnológico.

Desde su introducción a fines de la década de 1990, la Agricultura de Precisión se ha sostenido como una de las expresiones más avanzadas del cambio tecnológico en la producción agraria. Esta tecnología, también aplicada a la producción pecuaria bajo el nombre de “Ganadería de Precisión”, puede considerarse parte del llamado “paquete tecnológico” compuesto por las semillas transgénicas, la siembra directa, los fitosanitarios y los fertilizantes, y la maquinaria agrícola. En su origen fue denominada como “agricultura por ambientes”, “agricultura por tipos de suelos” o “gestión sito-específica”, pero, de manera integral, ha tendido a ser definida como estrategia o práctica de gestión de la producción agropecuaria (Robert, 2002; International Society of Precision Agriculture, 2024).¹ Considerada desde un punto de vista tecnológico puede delimitarse como un conjunto de tecnologías que actúan en las distintas etapas del proceso de trabajo agrario principalmente como fuentes proveedoras de datos sobre las distintas etapas del mismo y como complementos a la maquinaria agrícola para lograr una operación diferenciada al interior de una unidad productiva (Mantovani et al., 2006).

A grandes rasgos, puede decirse que la AP tiene una base tecnológica que es producto del salto tecnológico de la década de 1970 caracterizado

¹ Dentro de las discusiones sobre la definición, según Lowenberg-DeBoer & Erickson (2019) la AP puede ser definida como “una estrategia de gestión que utiliza información electrónica y otras tecnologías para recopilar, procesar y analizar datos espaciales y temporales con el fin de orientar acciones específicas que mejoren la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas” (p. 1553).

por los desarrollos en microelectrónica, los avances en la computarización y automatización de los procesos de trabajo y el desarrollo las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs). Dentro de las TICs que sostienen y estructuran la AP, destacamos el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), liberado para el uso civil en la década de 1980. Al interior de la noción de AP se incluye una vasta y cambiante lista de tecnologías. Los principales componentes, siguiendo la clasificación de Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer (2020),² se pueden ordenar en tres grandes grupos: *tecnologías de información espacial*, donde se incluyen imágenes satelitales y aéreas, sensores remotos y mapas de datos obtenidos mediante GPS (rendimiento y suelo), *las tecnologías de guiado a través de GPS para maquinarias*, como los pilotos automáticos; *las tecnologías de aplicación variable de insumos (AVI)* para el sembrado, fertilización y fumigación, como los dosificadores variables. En su conjunto, la adopción de AP por parte de los productores agrarios ha sido definida por Bragachini (2019) como la utilización integral de tecnologías basada en la identificación de áreas en base a herramientas digitalizadas y GPS, y la consideración de factores agronómicos para la toma de decisiones de manejo georreferenciado.

En los últimos diez años, la utilización creciente de tecnologías digitales en los procesos de producción industriales con la llamada “Industria 4.0”, dieron lugar al estudio de su convergencia tecnológica con el proceso de trabajo agrario y la posibilidad de alcanzar el establecimiento de una “Agricultura 4.0” (Araújo et al., 2021; Santos Valle & Kienzle, 2020; Vidosa et al., 2022). Dadas estas transformaciones, se ha renovado el interés sobre la AP, como también sobre la maquinaria agrícola, como vectores del cambio tecnológico 4.0 en el sector, al punto tal que se la periodiza como “Agricultura 3.0” y su adopción aparece como expresión del nivel de desarrollo tecnológico sectorial.

El objetivo de este artículo es establecer los niveles de adopción de AP en Argentina y dar cuenta de su situación respecto del estándar de

² McFadden et al. (2023) con foco en las herramientas digitales, clasifican las tecnologías de otra manera: *datos y sistemas de recopilación de datos (monitores de rendimiento, sensores, imágenes satelitales, monitoreo de suelo), herramientas de apoyo a la toma de decisiones (mapas de rendimiento, suelo, pestes y malezas), y ajustes de equipos e insumos basados en datos (sistemas de guiado, aplicación variable de insumos, control automático por secciones)*

utilización mundial de estas tecnologías. A estos fines, se despliega un análisis comparado entre los niveles de adopción de AP registrados en Argentina y Estados Unidos y se organiza el desarrollo en cuatro secciones que siguen a esta introducción. A continuación, en la sección II, se exponen los estudios especializados que anteceden en el análisis sobre el cambio tecnológico en el sector y la utilización de estas tecnologías y los estudios comparados entre la producción agraria de ambos países. El apartado III contiene los lineamientos principales de la metodología propuesta para el análisis comparado. Entrando en el análisis de los datos, la sección IV desarrolla la comparación intercensal de la evolución de la utilización de AP en Argentina, y la sección V presenta los principales resultados del estudio comparativo entre Argentina y Estados Unidos en los distintos niveles de análisis propuestos. Para finalizar, en el apartado VI se plantean las conclusiones y los principales resultados alcanzados, y las discusiones y preguntas de investigación que se abren a partir de este trabajo.

II. Antecedentes

Dentro de los estudios sectoriales, la comparación entre la producción agraria de Argentina y de Estados Unidos conformó una tradición en sí misma. De manera general, estos estudios han partido de encontrar dos regiones con similares condiciones para la producción de cultivos extensivos como son la Pampa Húmeda argentina y el Corn Belt estadounidense.

En primer lugar, Flichman (1978) planteó la existencia, en la región pampeana, de una tendencia a una mayor inversión extensiva de capital explicada por el mayor peso de la renta respecto de países como Estados Unidos. Por su parte, Bisang et al. (2013) y Bisang et al. (2022) señalan que las tasas de adopción tecnológica se acercan a la frontera mundial y comparan los rendimientos en maíz, soja y trigo y como expresión del cierre de las brechas entre Argentina y Estados Unidos, al menos hasta la primera década de los años 2000 cuando este movimiento se estanca.

Respecto de la estructura social agraria, Azcuy Ameghino (2013) y Balsa (2002) coinciden en señalar las diferencias en el origen histórico entre la estructura homogénea de la “vía farmer” en Estados Unidos y la

mayor concentración en Argentina. Analizando los censos agrarios, estos autores hallaron un mayor peso de la propiedad de la tierra en Buenos Aires, y de la combinación de arrendamiento y propiedad en Iowa (Azcuay Ameghino, 1997; Balsa, 2003). Asimismo, Azcuay Ameghino (1998; 2013) y Balsa (2002) marcan el desarrollo de procesos de concentración en ambas regiones, pero encuentran una mayor cantidad de explotaciones de tamaño mediano en el Corn Belt que contrasta con las explotaciones más grandes registradas en distritos como Pergamino y con el tamaño promedio mayor a nivel de la región pampeana. Sobre el trabajo agrario, Villulla (2018a, 2018b) señala un mayor predominio del trabajo asalariado en Buenos Aires respecto de Iowa, así como un mayor peso del empleo estacional y temporario en Iowa, y una amplia diferencia relativa entre los salarios de los trabajadores agrarios de ambos países. Como rasgo destacable, los distintos estudios reseñados coinciden en marcar una mayor difusión del contratismo de servicios de maquinaria y empleo en la región pampeana.

En un enfoque alternativo, Iñigo Carrera (2017, 2018) compara la evolución de la productividad del trabajo agrario en los cultivos de maíz, trigo y soja en ambos países y encuentra que la mayor productividad del trabajo evidenciada en Argentina es el resultado de una menor inversión intensiva y extensiva de capital.³ Tal como señala Iñigo Carrera (2007), a diferencia de los Estados Unidos, donde la producción de plusvalía relativa se realiza siguiendo las tendencias históricas del modo de producción capitalista, en Argentina el peso que tiene la renta agraria en la acumulación de capital actúa como condicionante para el desarrollo de las fuerzas productivas. En la producción agraria, los mecanismos de apropiación primaria de la renta agraria, como la sobrevaluación del tipo de cambio y los impuestos a las exportaciones, actúan recortando el precio interno que recibe el capital agrario respecto del vigente en el mercado mundial, afectando así la inver-

³ *Tal como expone Marx (1997), a diferencia de otras ramas, el movimiento de la productividad del trabajo agrario responde a los rendimientos decrecientes portados en las nuevas cuotas de capital invertidas, ya sea a través la puesta en producción de una nueva tierra o de la inversión de una cuota de capital en una misma tierra.*

sión de capital. Esta explicación de las brechas tecnológicas y productivas será retomada en la última sección del artículo.

En lo que respecta a la AP, los estudios especializados han analizado distintos aspectos parciales sobre la utilización de estas tecnologías, como ser, los tipos de empresas que las difunden, los factores cualitativos que explican su difusión y el papel de las políticas públicas, sin detenerse en profundidad en el análisis cuantitativo sobre los niveles de adopción (Carró Molas, 2007; Lachman & López, 2018b, 2018a; Schiaffino, 2020; Blanco, 2022; Gómez-Roca, 2022; Lachman, Gómez-Roca, et al., 2022). En la Argentina, las dos fuentes principales de datos sobre la utilización de AP provienen de organismos públicos. Primero, el Censo Nacional Agropecuario (CNA) realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Segundo, los informes técnicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), principalmente de la Estación Experimental (EEA) de Manfredi (Córdoba) y de la EEA Paraná (Entre Ríos) han sistematizado datos sobre las unidades vendidas acumuladas de los distintos componentes de AP y realizaron encuestas sobre su utilización (Bongiovanni, 2003; Melchiori et al., 2013, 2018a; Villarroel et al., 2018). En tercer término, cabe señalar la existencia de datos puntuales sobre la adopción de AP contenidas en otros relevamientos, informes técnicos y trabajos académicos (Centro de Agronegocios y Alimentos, 2017; Lachman & López, 2018b; Lachman et al., 2022; Bolsa de Cereales, 2024)

La comparación internacional sobre la utilización de AP ha sido llevada adelante por una serie vasta de trabajos que sistematizaron y compararon distintas fuentes de datos nacionales (Swinton & Lowenberg-DeBoer, 2001; Valero Ubierna, 2002; Bongiovanni, 2003; Griffin & Lowenberg-DeBoer, 2005; Say et al., 2018; Lowenberg-DeBoer & Erickson, 2019, entre otros). Sin embargo, hasta el momento, por las divergencias metodológicas entre las fuentes existentes, no se desarrolló un estudio que profundice la comparación entre Argentina y otro país, como es el caso de Estados Unidos, tal como se propone en este artículo.

En el caso de Estados Unidos, los datos sobre AP provienen tradicionalmente del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) a través de la Encuesta sobre la gestión de los recursos

agrícolas (ARMS, por sus siglas en inglés) y, más cercano en el tiempo, del último censo agrario realizado en 2022 y del reporte sobre Uso de Tecnología realizado en 2021 y 2023. Tal como se ha presentado en distintos informes del USDA, la encuesta ARMS recoge datos sobre la utilización de las diversas tecnologías o grupos de ellas según cultivos para diferentes años (Schimmelpfennig, 2019; Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer, 2020; McFadden et al., 2023; Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS, 2024). A su vez, cabe señalar que también se han producido datos sobre la utilización y los patrones de adopción de AP mediante las encuestas de universidades estatales en asociación con actores privados (Castle, 2016; Griffin & Yeager, 2018; Erickson & Lowenberg-DeBoer, 2020; Cossette et al., 2024).

De estos desarrollos previos se desprende que el presente artículo se propone realizar un aporte al debate sobre los alcances del cambio tecnológico en la producción agraria argentina. A estos fines, se retoma la tradicional comparación entre la región de la Pampa Húmeda y el Corn Belt, en este caso, enfocando el ejercicio comparativo en la utilización de un conjunto de tecnologías en particular como es la AP a partir de la evidencia cuantitativa disponible.

III. Metodología

Dados los antecedentes presentados, la metodología propuesta para esta investigación se basó principalmente en el análisis comparado de los niveles de utilización de AP en Argentina y Estados Unidos en base a los censos nacionales agrarios de cada país. A estos efectos, se tomaron los datos recogidos sobre la utilización de esta tecnología en los censos nacionales agrarios de Argentina de 2002 y 2018 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2002, 2021) y Estados Unidos de 2022 (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2024). En ambos censos se relevó la utilización de AP por unidad productiva, Explotación Agropecuaria (EAP) o Farm, sin discriminar por tecnología o componente. Aunque la definición de la unidad de registro censal “EAPs” y “Farms” difiere entre sí, a los fines del artículo se presentará la categoría “EAPs” como sinónimo de ambas (ver anexo metodológico). Asimismo, ambos censos

definieron de manera similar a la AP, en tanto conjunto de prácticas que utilizan una serie de técnicas y tecnologías para volver más eficiente el proceso de trabajo agrario.⁴

En este punto, se señala que las sistematizaciones de datos nacionales sobre el uso de AP contienen, siguiendo a Lowenberg-DeBoer & Erickson (2019) y Puntel et al. (2022), dificultades para lograr una comparación metodológicamente sólida entre datos relevados con métodos o criterios diferentes, tal como sucede con la comparación entre inventario o ventas acumuladas y la adopción por explotación o por superficie de cultivos.⁵ En consecuencia, los censos agrarios, por la unidad de registro por explotación y por el relevamiento de AP de manera integral aparecen como base estadística más robusta para realizar la comparación sobre el uso de estas tecnologías entre Argentina y Estados Unidos. En particular, se destaca que la comparación sobre la utilización de AP en ambos países en base a los registros censales no ha sido abordada por la literatura especializada posiblemente por la falta de un censo en Estados Unidos, como el realizado de 2022, que habilite este tipo de comparación.

El análisis de los registros censales se ordenó según los niveles de agregación nacional, regional y provincial-estatal, distrital (partidos, departamentos y condados). A nivel regional, siguiendo a la bibliografía especializada, se focalizó en la comparación entre la región pampeana o Pampa Húmeda y la región del medio-oeste norteamericano o Corn Belt, dos vastos territorios donde es posible hallar condiciones naturales similares que favorecen el desarrollo de la agricultura a través de cultivos extensivos. Al interior de estas regiones, siguiendo la literatura citada, se analizó la comparación entre la provincia de Buenos Aires y el estado de Iowa, así como también la comparación entre provincias y estados representativos de las mismas. Por último, a nivel distrital, los partidos,

⁴ *A diferencia del CNA 2002, en el CNA 2018 no hay una definición de AP. En los CNA 2002 y 2018, el relevamiento sobre AP se ubica dentro de la sección “prácticas culturales”.*

⁵ *“La mayor parte de la información sobre adopción de AP proviene de encuestas, pero en el período inicial, los inventarios de equipos se utilizaron a veces como un indicador proxy (...) Sólo Argentina ha persistido en medir la adopción de AP a través de inventarios de equipos” (Lowenberg-DeBoer & Erickson, 2019, p. 1555); “el porcentaje de adopción de las encuestas no pueden compararse entre países, ya que se abordan con metodologías diferentes; sin embargo, proporcionan una base de referencia para describir el uso de las tecnologías de agricultura digital en la región (...)” (Puntel et al., 2022, p. 558).*

departamentos y condados se escogieron en base a una combinación de criterios metodológicos que involucran la preponderancia del uso agrícola, los rendimientos promedio y la alta utilización de estas tecnologías (ver anexo metodológico).

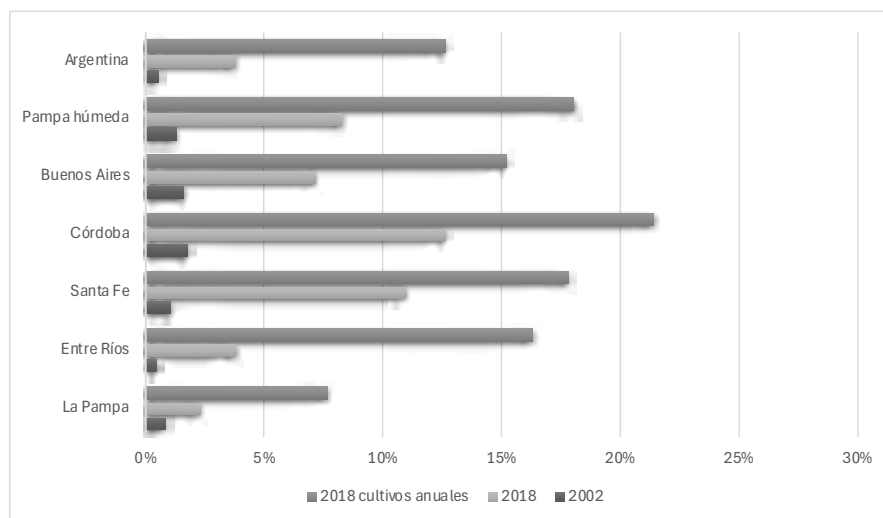
Además del análisis de los datos censales, que incluyó el acceso a datos inéditos del CNA 2018 provistos por el INDEC, se integraron datos de las fuentes complementarias, principalmente datos del INTA y del USDA, en lo que respecta a la utilización de AP según componentes y cultivos. Aquí se destaca el acceso a datos de la encuesta USDA ARMS provistos, a partir de una comunicación personal, por el Servicio de Investigación Económica del USDA (ERS, por sus siglas en inglés), y la sistematización, de manera original para este trabajo, de otras fuentes complementarias. Teniendo en cuenta las diferencias metodológicas con los censos, estas fuentes sirven de contraste y complemento al análisis censal permitiéndonos alcanzar una comprensión más acabada sobre la utilización de estas tecnologías.

En síntesis, para esta investigación se realizó un análisis cuantitativo, siguiendo la metodología comparativa propuesta por la literatura especializada, en base a los datos provenientes de los censos agrarios de Argentina y Estados Unidos y, a modo de complemento, se integraron otras fuentes que incluyen datos y sistematizaciones originales para este trabajo. A continuación, se presentan los principales hallazgos y resultados de este análisis.

IV. Evolución de la AP en Argentina entre 2002 y 2018

En esta sección, en los Gráficos 1 y 2, se presentan los resultados del análisis, en base a los registros censales, sobre la evolución de la utilización de Agricultura de Precisión en Argentina entre 2002 y 2018. En primer lugar, en el Gráfico 1 se evidencia un aumento en las EAPS que utilizan AP sobre el total de las EAPs censadas entre 2002 y 2018. A nivel nacional, el crecimiento se da de 1% a 4%, mientras que en la región de la Pampa Húmeda se aumenta del 1% al 8%. En términos provinciales, los saltos más importantes se dieron en Córdoba y Santa Fe, los cuales aumentaron su adopción del 2% y el 1%, al 13% y el 11% respectivamente.

Gráfico 1. Explotaciones que utilizan de AP sobre el total de EAPs de Argentina (2002 y 2018) y sobre el total de EAPs que realizan cultivos anuales (2018). Nivel nacional, regional y provincial. En % de EAPs



Fuente: elaboración propia en base a Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2002, 2021).

A su vez, a diferencia del CNA 2002, el registro de 2018 permitió estimar la adopción de AP por parte de las EAPs que realizan cultivos anuales. Sobre esta base, los niveles de adopción crecen de la siguiente manera: 13% a nivel nacional, 18% a nivel regional, Córdoba 21%, Santa Fe 18%, Entre Ríos 16% y Buenos Aires 15%.

Estos datos censales pueden contrastarse con los datos de fuentes complementarias. Desde la EEA Manfredi de INTA estiman 60% de utilización de estas tecnologías por parte de los productores agropecuarios para 2018 y ubican a la Argentina en el segundo puesto en la adopción global de AP desde principio de los años 2000 hasta dicho año (Bongiovanni, 2003;

Bragachini, 2019).^{6,7} Asimismo, las encuestas de la EEA Paraná de INTA, realizadas a una muestra restringida al interior de la región pampeana, señalaron un 78% de adopción para 2013 (Melchiori et al., 2013; 2018a).⁸ A diferencia de estos informes, en Lachman & López (2018) se presentan datos provenientes de una consultora privada que señalan, para distintos años, una adopción similar al 13% en cultivos anuales del CNA 2018: 11,1% para 2016/17, 16,6% para 2017/18 y 15,7% para 2018/19.⁹

A partir del Gráfico 2, veamos lo sucedido al interior de las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires, en base a una selección de partidos y departamentos escogidos por su representatividad según una combinación de criterios metodológicos (ver anexo metodológico).

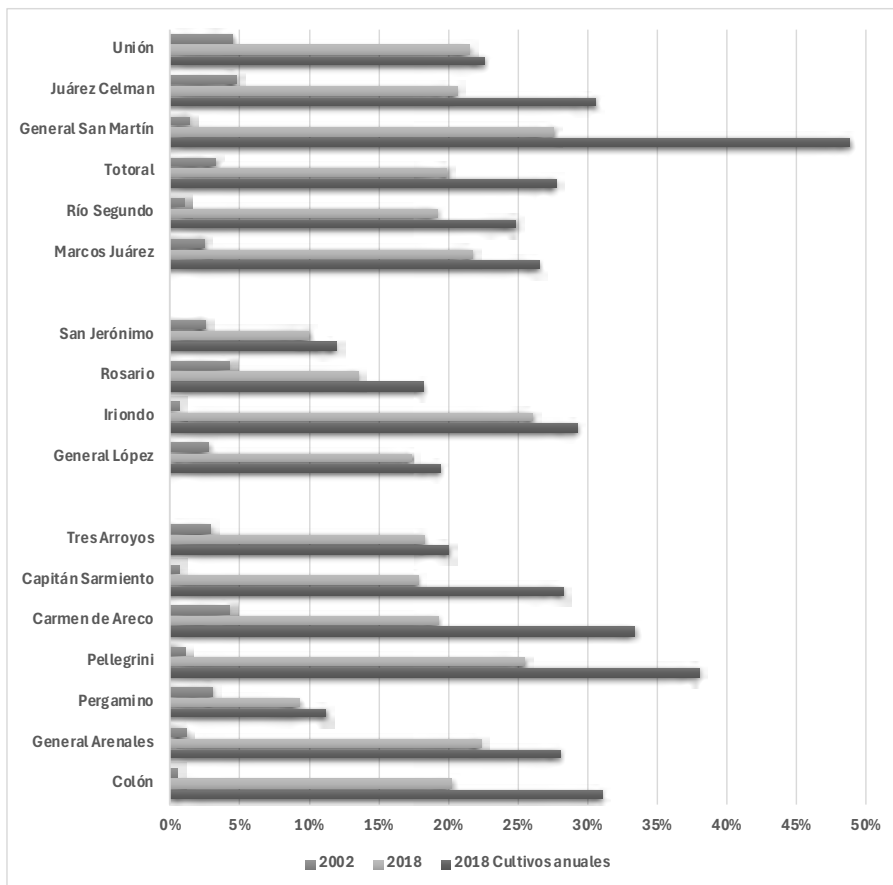
⁶ Según Bongiovanni (2003), la segunda posición mundial se da por la cantidad absoluta de monitores de rendimiento, pero, cuando se calcula la cantidad de dispositivos según superficie (monitores por millón de hectáreas), Argentina se baja al quinto lugar por detrás de Estados Unidos, Dinamarca, Suecia y Gran Bretaña

⁷ Dicha estimación se acerca al 65% presentado por la Universidad Austral para 2017 en base a la Encuesta de Necesidades del Productor Agropecuario (también efectuada otros años) que se realizó sobre a una muestra de 818 productores de las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Córdoba y Santa Fe (Centro de Agronegocios y Alimentos, 2017).

⁸ Estas encuestas fueron llevadas adelante a partir a listas de correos electrónicos que posee INTA y recogieron 300 respuestas en 2018 provenientes en casi un 90% la región pampeana (Melchiori et al., 2018).

⁹ Los datos provienen de la encuesta realizada por la empresa "Map of Agriculture" a una muestra de 30.000 productores donde se incorpora la medición sobre la utilización de AP (Lachman & López, 2018).

Gráfico 2. Explotaciones que utilizan de AP sobre el total de EAPs de Argentina (2002 y 2018). Nivel distrital. En % de EAPs



Fuente: elaboración propia en base a Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2002, 2021).

Comenzando con Córdoba, la provincia con los mayores niveles de adopción, los datos señalan que Marcos Juárez, el departamento emblema en términos de rendimientos de los cultivos, pasó de 2% a 22% de utilización de AP sobre el total de EAPs censadas entre 2002 y 2018. Por su parte, los departamentos de Juárez Celman y Unión, aquellos con mayores niveles registrados en 2002 con 5% y 4%, pasaron a tener un 21% y un 22% respectivamente. El mayor crecimiento se evidenció en Gral. San Martín,

donde se pasó de 1% en 2002 al 28% de EAPs que utilizan AP sobre el total de EAPs censadas, y un 49% sobre el total de las EAPs que producen cultivos anuales. Por su parte, en Santa Fe, el único departamento que se acerca a los niveles cordobeses es Iriondo, el cual salta de 1% en 2002 a 26% en 2018 (29% en cultivos anuales). Asimismo, otros departamentos de la zona núcleo santafesina que habían mostrado los niveles más altos en 2002, crecen hasta el 10%, 14% y 17%, como es el caso de San Jerónimo, Rosario y Gral. López respectivamente.

Por su parte, como vimos en el Gráfico 1, Buenos Aires ocupa el tercer lugar en utilización de AP en la región pampeana para 2018. En este caso, Pergamino, el partido emblema por sus rendimientos históricos promedio entre 1987 y 2023, evidenció un crecimiento moderado en la utilización de AP, pasando, entre 2002 y 2018, de 3% a 9% sobre el total de EAPs, y señalando un 11% en las EAPs que producen cultivos anuales en 2018. En contraste, el partido con mayor crecimiento entre censos es Pellegrini, el cual pasó de 1% a 26%,¹⁰ seguido de Gral. Arenales con 22% y Colón con 20%. Fuera de la zona núcleo, Tres Arroyos, destacado por la producción de trigo, es uno de los partidos que había mostrado mayor utilización en 2002, el cual pasó de 3% a un 18% de adopción de AP y 20% en cultivos anuales en 2018. Cabe señalar que los partidos con mayor adopción en 2002 fueron Saliquelló, Gral. Villegas, Leandro N. Alem, Cnel. Suarez, Lobería, Trenque Lauquen con niveles entre 7% y 14%, pero, excepto Villegas, que pasó de 7% a 17%, la mayoría creció relativamente poco hacia 2018.

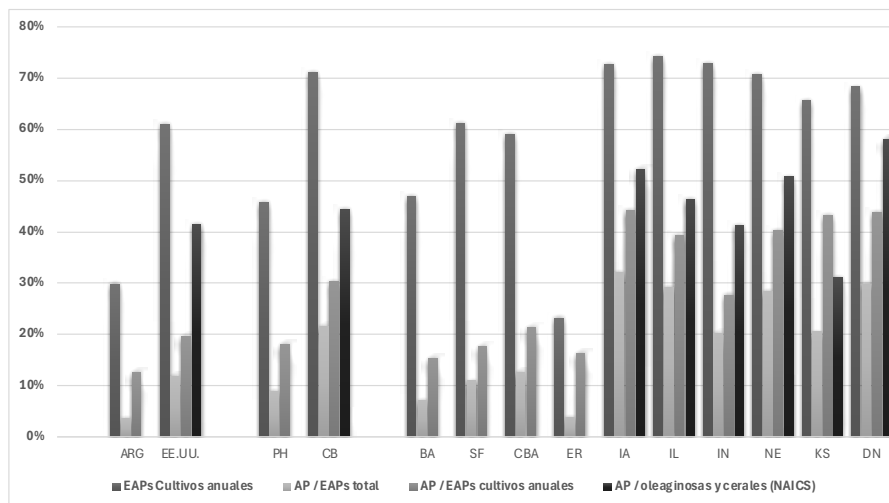
V. Comparación del uso de AP entre Argentina y Estados Unidos

V.1. Comparación nacional y regional

Ahora bien, comparemos lo sucedido en los dos últimos registros censales de Argentina (2018) y Estados Unidos (2022). Para empezar, tal como se observa en el Gráfico 3, se destaca una notable diferencia en los niveles de utilización y adopción de Agricultura de Precisión en los niveles de agregación nacionales, regionales y provincial-estatal.

¹⁰ Se trata de un partido que no se encuentra ubicado en la zona núcleo, ni se destaca por sus rendimientos promedio, se caracteriza porque el 67% de sus EAPs se dedican a cultivos anuales y donde la AP se utiliza a un 38% sobre el total de las EAPs que realizan este uso de la tierra.

Gráfico 3. Utilización de AP en Argentina y Estados Unidos. Nivel nacional, regional y provincial-estatal. En % de EAPs



Nota: ARG: Argentina; EE.UU.: Estados Unidos; PH: Pampa Húmeda; CB: Corn Belt; BA: Buenos Aires; SF: Santa Fe; CBA: Córdoba; IA: Iowa; IL: Illinois; IN: Indiana; NE: Nebraska; KS: Kansas; DN: Dakota del Norte.

Fuente: elaboración propia en base a Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2021) y Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2024).

A nivel nacional, Estados Unidos, con 12%, triplica el nivel de utilización de AP de 4% de Argentina medida sobre la totalidad de las EAPs y se impone con un 20% sobre un 13% en términos de cultivos anuales. Por su parte, el censo estadounidense nos permite acceder a datos de adopción de las EAPs que producen oleaginosas y cereales, donde los niveles aumentan hasta el 41% a nivel nacional. A nivel regional, el Corn Belt duplica los niveles de la Pampa Húmeda, siendo la relación 22-9% sobre el total de EAPs y de 30-18% en EAPs con cultivos anuales respectivamente, la cual aumenta si tomamos el 44% en oleaginosas y cereales para Estados Unidos.

V2. Pampa Húmeda vs. Corn Belt: provincias y estados

Al interior de las regiones de la Pampa Húmeda (PH) y del Corn Belt (CB) se encuentran distintas expresiones de las brechas en la utilización de AP. En primer lugar, siguiendo con la comparación clásica entre Buenos Aires

y Iowa, encontramos una diferencia favorable al estado norteamericano aún mayor que la brecha nacional y regional: 32-7% sobre el total de EAPs totales y 44-15% sobre el total de EAPs con cultivos anuales (52% si tomamos la adopción en cereales y oleaginosas). En este sentido, continuando el Gráfico 3, si recortamos a las provincias con los mejores registros de la PH en las dos categorías medidas (“AP/EAPs total” y “AP/EAPs cultivos anuales”, en el Gráfico 3), como son Córdoba con 13% y 21%, y Santa Fe con 11% y 18%,^{11 12} se encuentran muy por debajo de los estados con los mejores registros del CB, como son Iowa, Illinois, Nebraska y Dakota del Norte. Estos cuatro estados se ubican entre 29%-32% en el uso de AP sobre el total de EAPs y entre 39%-44% en cultivos anuales.^{13 14} Comparando con los peores registros del Corn Belt, Córdoba y Santa Fe solamente superan a Missouri, estado que presenta 10% y 16% en cada medición, así como también superan al estado de Wisconsin y su 17% en cultivos anuales. Sin embargo, si tomamos los registros de ambos estados en cereales y oleaginosas, con 33% y 27% respectivamente, las dos provincias argentinas se ven superadas nuevamente.

Dentro de los territorios donde se produce trigo, Idaho mostró niveles de adopción de AP de 12% sobre el total de EAPs, 21% sobre las EAPs de cultivos anuales y 42% en cereales y oleaginosas,¹⁵ asemejándose a Córdoba (59% de superficie dedicada a cultivos anuales) en los dos primeros registros (13% y 21%, como señala el Gráfico 3). Ahora bien, los estados con mayores promedios de producción de trigo de invierno y de prima-

¹¹ Los datos de adopción en cultivos anuales se acercan a los datos de la consultora “Map of Agriculture” que presentan Lachman & López (2018): Buenos Aires con 15%, Córdoba con 18% y Santa Fe con 11%.

¹² Las provincias de Entre Ríos y La Pampa evidenciaron un 4% y 2% de adopción sobre EAPs totales, y un 16% y un 8% en cultivos anuales respectivamente. La provincia de San Luis, que algunos recortes incluyen dentro de la región pampeana, expresó una utilización de 3% y 16% en cada medición. Las tres provincias tienen 30% o menos de EAPs dedicadas a cultivos anuales.

¹³ Los datos de Nebraska difieren del 95% de adopción presentado por Castle (2016).

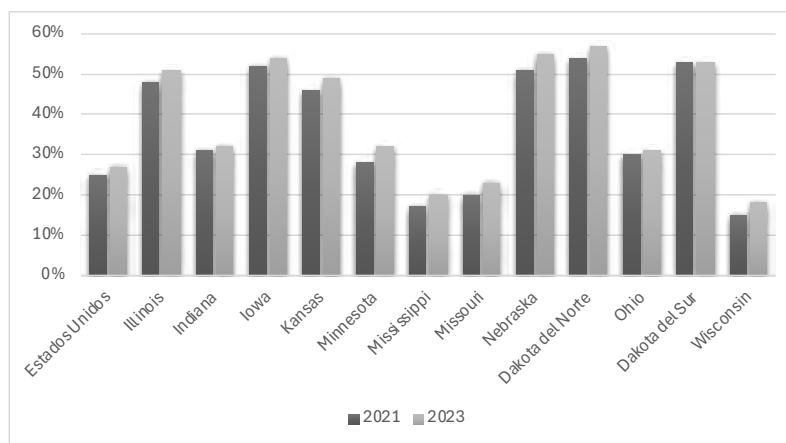
¹⁴ Si reemplazamos a Dakota del Norte por Indiana, estamos en presencia de los estados con mejores rendimientos promedio entre 1987 y 2023 (en soja entre 32 y 31 qq/hh, y en maíz entre 100 y 94 qq/hh) y con una dedicación agrícola por encima del 70% en EAPs dedicadas a cultivos anuales. Dentro de los estados con mayor rendimiento en maíz se cuenta Minnesota, el cual tuvo 24% AP/EAPs total, 33% en AP/EAPs cultivos anuales y 46% en cereales y oleaginosas. Tomando esta selección, las provincias pampeanas quedan nuevamente por debajo en la adopción de AP.

¹⁵ Idaho no forma parte del Corn Belt sino de la región oeste, el 57% de sus EAPs realizan cultivos anuales y tiene el mayor rendimiento promedio en trigo de invierno.

vera respectivamente, superan holgadamente a las provincias de la región pampeana: Dakota del Norte expresó una adopción de 30% sobre el total de EAPs, 44% en EAPs de cultivos anuales y 58% en cereales y oleaginosas, mientras que Kansas expresó 20%, 43% y 31% en las tres mediciones.¹⁶

Como complemento de los datos del censo estadounidense, el informe sobre Uso de Tecnología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos NASS (2023) provee estimaciones sobre el uso de AP para los años 2021 y 2023.¹⁷ Según el Gráfico 4, a nivel nacional este relevamiento registró un 27% de adopción para 2023 y ubicó al Corn Belt como la región con mayor utilización de AP. Al interior de esta región, de manera similar al censo agrario, se destacaron Kansas, Illinois, Iowa, Nebraska, Dakota del Sur y Dakota del Norte, sosteniendo valores de uso de AP entre 49% y 57%. Se resalta que los datos este reporte coinciden, en su gran mayoría, con los datos de uso de AP cereales y oleaginosas del censo (Gráfico 3).

Gráfico 4. Explotaciones que utilización de AP en Estados Unidos según el informe sobre Uso de Tecnología del USDA. En % de EAPs



Nota: "Estados Unidos" excluye a Alaska y Hawaii.

Fuente: elaboración propia en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos NASS (2023).

¹⁶ Los datos de Kansas difieren del 84% de adopción sobre el total de EAPs en 2018 presentados en Griffin & Yeager (2019).

¹⁷ Se trata de un informe bienal realizado en base a la Encuesta Agrícola de Junio y que se centra en el uso de computadoras y acceso a internet (Departamento de Agricultura de Estados Unidos NASS, 2023).

En síntesis, los estados del medio-oeste o Corn Belt, destacados por sus rendimientos y volúmenes de producción, expresaron niveles más altos en adopción de AP respecto de las provincias argentinas. Asimismo, de manera destacada, dentro de esta selección se ubican los estados con mejores niveles de adopción de AP en Estados Unidos, como son Iowa, Illinois, Nebraska y North Dakota, y cuyos registros duplican o triplican los niveles de adopción de las provincias argentinas con mejores registros según la medición que se tome.

V.3 Pampa Húmeda vs. Corn Belt: distritos

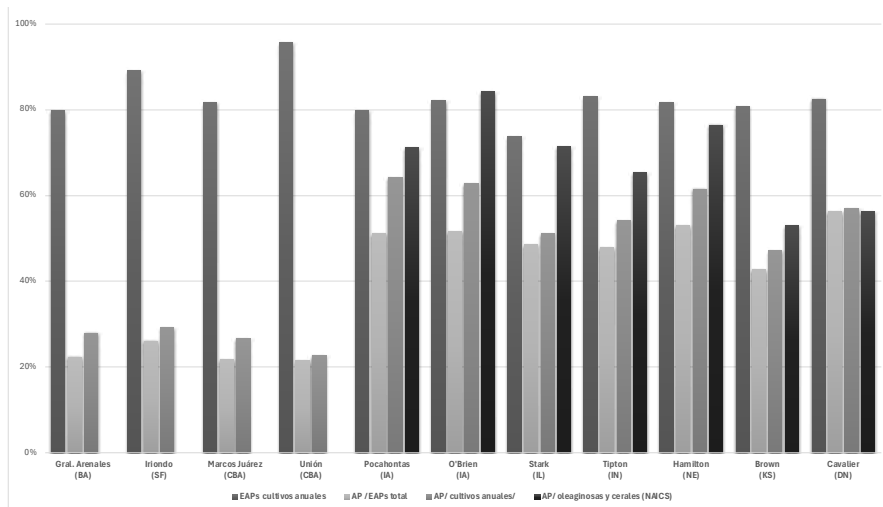
Sigamos el análisis con el mayor grado de desagregación que permiten los datos a nivel distrital (departamentos, partidos y condados). A los fines de abarcar distintas dimensiones de análisis, se combinaron distintos criterios metodológicos (ver anexo metodológico). Comencemos, retomando la propuesta de Azcuy Ameghino, (2013), con la comparación de dos distritos de Buenos Aires y de Iowa con una dedicación agrícola similar, como son Pergamino y Carroll (83% y 81% EAPs con cultivos anuales).¹⁸ Sobre el total de EAPs que utilizan AP, Carroll arroja una adopción de 42%, muy superior al 9% de partido bonaerense. En cultivos anuales, mientras Pergamino tiene 11% de uso de AP, Carroll mostró un 52%, medición que aumenta a 67% estimando en la categoría de cereales y oleaginosas.

V.3.a. Distritos agrícolas con altos niveles de uso de AP

A continuación, se comparan los partidos y condados de ambas regiones que, dentro de los distritos con mayor predominio agrícola, expresaron los niveles más altos de uso de AP. En el Gráfico 5, siguiendo estos criterios metodológicos y replicando los estados seleccionados del Gráfico 3, se presentan los resultados principales de esta parte del análisis.

¹⁸ Azcuy Ameghino (2013) incluye al condado de Calhoun dado que, en los censos de 1988 y 2002, sumaban la misma superficie total similar a la de Pergamino y porque tenía un carácter más puramente agrícola que el condado de Carroll donde también se realiza producción pecuaria. Sin embargo, los datos de adopción de Calhoun o de ambos condados en promedio son similares a los de Carroll. Dado que la unidad de análisis es la adopción por explotación, se privilegió la similitud en la proporción de explotaciones dedicadas a cultivos anuales para realizar la comparación.

Gráfico 5. Utilización de AP en PH y CB. Comparación de distritos agrícolas con altos niveles de adopción en 2018 y 2022. En % de EAPs



Fuente: elaboración propia en base a Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2021) y Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2024).

Los tres distritos seleccionados de la zona núcleo, Gral. Arenales (BA), Iriondo (SF) y Marcos Juárez (CBA), tienen niveles de adopción que se ubican por encima de la media regional pampeana, pero por debajo de la mitad de los niveles que señalan los condados agrícolas de O'Brien (Iowa), Pocahontas (Iowa), Stark (Illinois), Tipton (Indiana), Hamilton (Nebraska), Brown (Kansas), Cavalier (Dakota del Norte). Sobre el total de EAPs censadas, el mejor exponente fue Iriondo y demostró 26%, mientras que Pocahontas, O'Brien, Hamilton y Cavalier se encuentran superando el 50% en la misma medición. Las brechas se amplían cuando medimos en cultivos anuales y en cereales y oleaginosas, donde los niveles de adopción superan el 70% (en el caso de O'Brien en un 84%). Incluso, saliendo de esta selección, podemos tomar a Pellegrini, en tanto mejor exponente de Buenos Aires, y compararlo con Haskell de Kansas, dado que ambos se caracterizan por un predominio agrícola similar (63-67% de EAPs con cultivos anuales). En este caso, también notamos que el distrito norteamericano se impone 72% a 38% en la categoría "AP/cultivos anuales". En síntesis,

dentro de los distritos donde hay primacía agrícola y altos niveles de utilización de AP, las brechas entre distritos pampeanos y del medio-oeste son significativamente amplias.

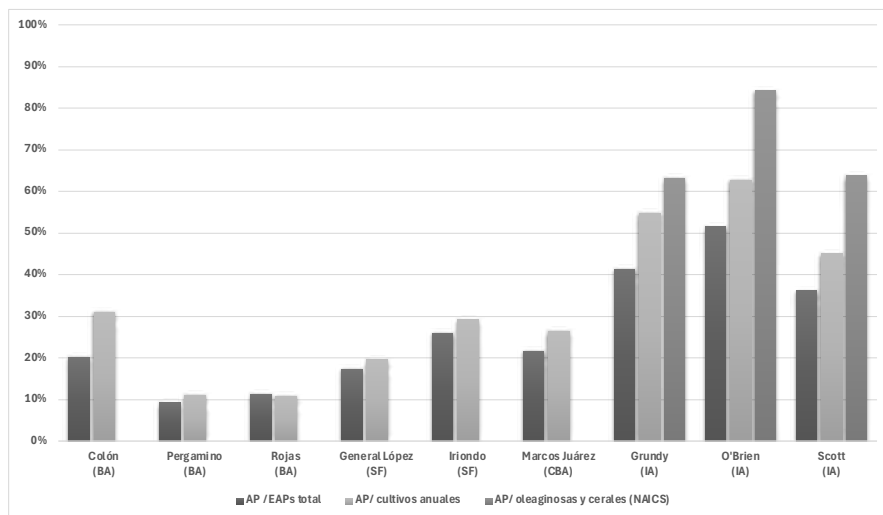
V.3.b. Distritos agrícolas con rendimientos altos en soja, maíz y trigo

Veamos lo sucedido cuando llevamos la comparación hacia los datos por rendimientos en los cultivos. En el caso de la soja y el maíz, incluimos una selección de distritos con preminencia agrícola que poseen los rendimientos promedio más altos entre 1987 y 2023. Aquí, siguiendo este criterio, se seleccionaron los partidos de Colón, Pergamino y Rojas (Buenos Aires), Marcos Juárez (Córdoba), Gral. López e Iriondo (Santa Fe), y Grundy, O'Brien y Scott (Iowa).¹⁹

Tal como denota el Gráfico 6, en la medición de utilización de AP sobre EAPs totales, los seis distritos de la región pampeana varían entre 9-26%, mientras que los tres condados de Iowa se encuentran en el rango 36-52% para la misma medición. Si comparamos la adopción de AP en cultivos anuales, los distritos argentinos evidencian un rango de 11-31% de utilización, mientras que los condados norteamericanos están entre 45-63%. Como vimos con las comparaciones anteriores, estos últimos valores aumentan cuando se los mide respecto de la medición en cereales y oleaginosas, en este caso a un rango de 63-84% de utilización de AP para Grundy, Scott y O'Brien.

¹⁹ Según los censos, estos distritos expresaron una dedicación de cultivos anuales entre 86% y 79% respectivamente. En rendimientos promedio, entre 1987 y 2023, los distritos argentinos estuvieron en soja entre 29 y 31 qq/hh y entre 68 y 79 qq/hh en maíz, mientras que Grundy, O'Brien y Scott tuvieron rendimientos promedio de 36 y 37 qq/hh en soja y de 104 y 106 qq/hh en maíz (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2024; Departamento de Agricultura de Estados Unidos NASS, 2024).

Gráfico 6. Utilización de AP en PH y CB. Comparación de distritos productores de soja y maíz en 2018 y 2022. En % de EAPs



Fuente: elaboración propia en base a Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2021) y Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2024).

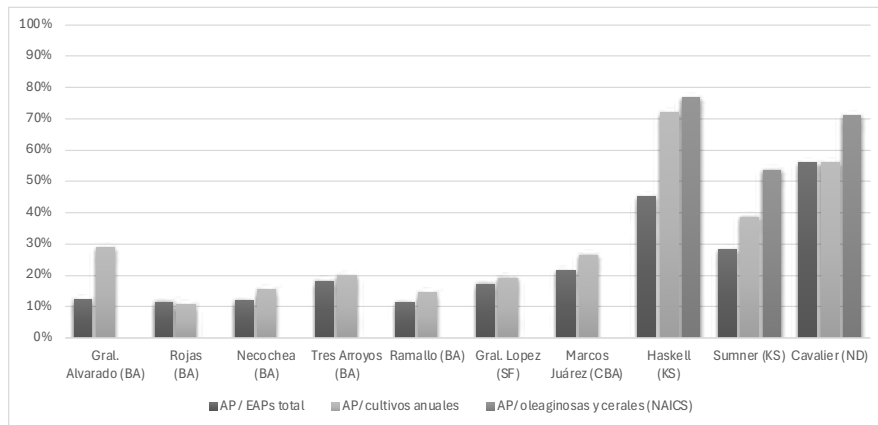
En el caso del trigo, se tomaron los distritos destacados por sus rendimientos y volúmenes de producción: Gral. Alvarado, Rojas, Necochea, Tres Arroyos y Ramallo (Buenos Aires), Gral. López (Santa Fe) y Marcos Juárez (Córdoba),²⁰ Haskell y Sumner (Kansas) y Cavalier (Dakota del Norte).²¹ Tal como refleja el Gráfico 7, aquí se mantienen las brechas en la utilización de estas tecnologías en cada una de las mediciones realizadas. Se resalta que la menor diferencia hallada es entre Marcos Juárez y Sumner, con 20% y 28% en “AP/EAPs total”. Al contrario, la brecha más amplia fue de 11-56% entre los distritos de Ramallo y Cavalier. Esta tendencia se profundiza cuando consideramos las mediciones en cultivos anuales y en cereales y oleaginosas: los distritos argentinos con los mejores registros en

²⁰ Entre 1987 y 2023, tuvieron rendimientos promedio entre 29 y 37 qq/hh, mientras que, Gral. López, Marcos Juárez, Tres Arroyos y Necochea tuvieron volúmenes de producción promedio entre 339.508 toneladas (M. Juárez) y 526.629 toneladas (T. Arroyos) (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2024).

²¹ Entre 1987 y 2023, Haskell (KS) y Cavalier (ND) detentan los rendimientos promedio más altos con 28 qq/hh, mientras que Sumner (KS) es históricamente el condado que más volumen de trigo produce en el mayor estado productor de este cereal en Estados Unidos (3.467.581 quintales promedio 1987-2023).

cultivos anuales son Gral. Alvarado con 29% y Marcos Juárez con 27%, se ubican lejos de Haskell del 72% y 77% en ambas categorías.

Gráfico 7. Utilización de AP en PH y CB. Comparación de distritos productores de trigo en 2018 y 2022. En % de EAPs



Fuente: elaboración propia en base a Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2021) y Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2024).

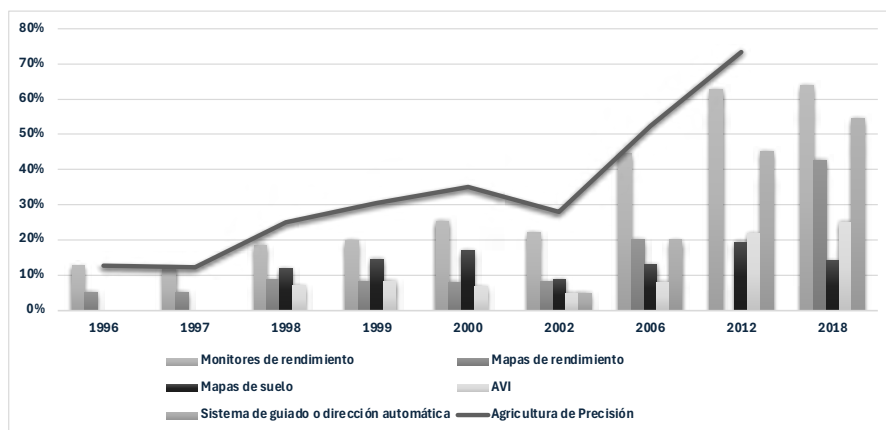
V.3.c. Utilización de AP por tecnología y por cultivo

El análisis por cultivo de los datos censales de Estados Unidos pueden complementarse con la Encuesta de Gestión de Recursos Agrícolas (ARMS, por sus siglas en inglés) llevada adelante por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024), donde se recogen datos sobre la adopción desagregada por tecnologías, por cultivos y por EAPs (McFadden et al., 2023; Schimmelpfennig, 2019; Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer, 2020). A partir de analizar la base de datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024), se confeccionaron los Gráficos 8, 9 y 10 sobre la utilización de AP según superficie en los cultivos de soja, maíz y trigo.

Según consignan los datos de adopción de AP por superficie, las tecnologías de información espacial registraron 43% en soja en 2012, 48% en maíz en 2016 y 32% en trigo 2017, mientras que el guiado por GPS obtuvo 52% en soja en 2012, 67% en maíz en 2016 y 61% en trigo en 2017 (Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer, 2020). Cabe destacar que, en los infor-

mes citados se incluyen datos sobre utilización por explotación, donde las tecnologías de información espacial tuvieron su mejor marca en maíz y soja con tasas de adopción entre 31-29%, mientras que los sistemas de guiado señalaron entre 33-34% (41% en trigo de invierno) y las tecnologías de aplicación variable evidenciaron entre 24-19% (Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer, 2020).²²

Gráfico 8. Utilización de AP en el cultivo de soja en Estados Unidos (1996-2018). En % de superficie plantada



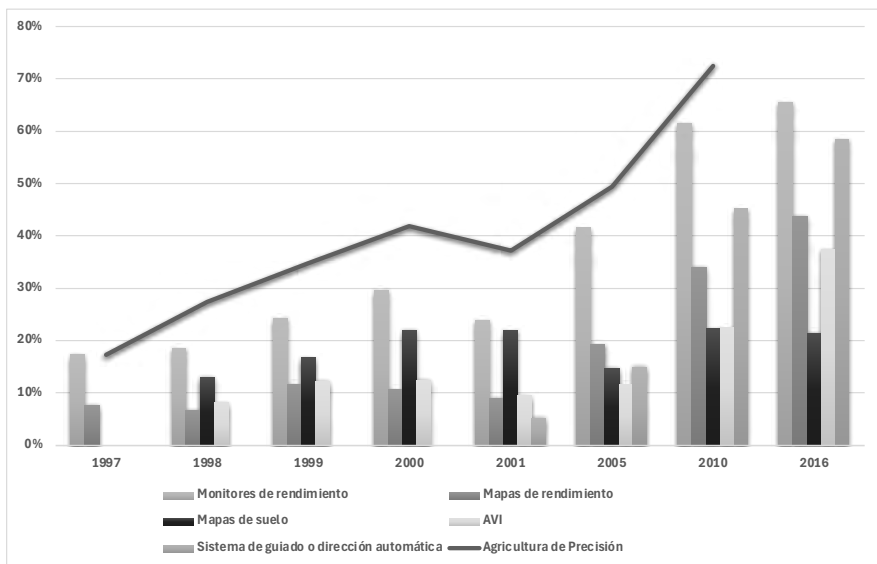
Fuente: elaboración propia en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024) y a una comunicación personal con el USDA ERS.

En lo respectivo al cultivo de soja, siguiendo el Gráfico 8, se observa un salto en la utilización de AP en Estados Unidos desde 2002 a 2012, pasando de un 28% a un 73% de adopción de la superficie plantada. Para el año 2018, primero sobresale la utilización de monitores de rendimiento y sistemas de guiado en torno al 60%, seguida por los mapas de rendimiento creados con GPS con 43% y por la AVI con 25%. Situación similar se registra en maíz donde, tal como señala el Gráfico 9, el salto en la utilización de AP se dio

²² Los informes del USDA incluyen dentro de las tecnologías de información espacial las imágenes satelitales y aéreas, sensores remotos y datos sobre rendimiento obtenidos mediante GPS (mapas de rendimiento y mapas de suelo), y dentro de las tecnologías de aplicación variable se incluye el sembrado, fertilización y aplicación de pesticidas a partir de GPS y la prescripción de la aplicación de insumos

también desde el año 2000, alcanzando un 72% hacia 2010. Aquí también sobresale la utilización de monitores de rendimiento y sistemas de guiado automático en 2016 con 66% y 58% respectivamente, seguidos un 44% mapas de rendimiento y un 37% en AVI. Cabe mencionar que estos valores tienen registros similares en otros cultivos incluidos por este relevamiento.²³

Gráfico 9. Utilización de AP en el cultivo de maíz en Estados Unidos (1997-2016). En % de superficie plantada



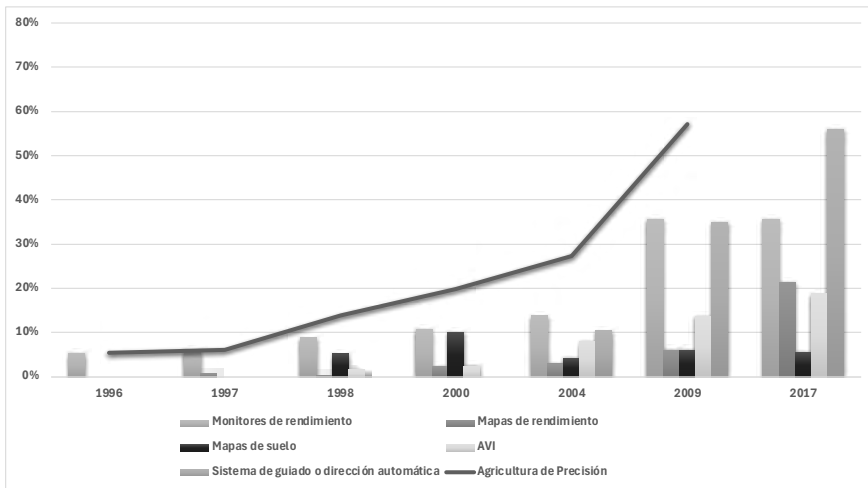
Fuente: elaboración propia en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024) y a una comunicación personal con el USDA ERS.

Siguiendo con la utilización de AP en trigo, los datos provistos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024) marcan una adopción más moderada respecto del maíz y la soja. Como señala el Gráfico 10, para 2009 se alcanzó un 57% de utilización de AP en trigo, por debajo del 72% de maíz en 2010. Al igual que en soja y maíz, aquí también

²³ En 2019, algodón, cebada y sorgo expresaron una utilización por superficie plantada de 65%, 67% y 73% en pilotos automáticos respectivamente y, a diferencia de la soja, el maíz y el trigo, expresaron menores tasas de utilización en el resto de las tecnologías (Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS, comunicación personal, 25 de junio de 2024).

destacaron los monitores de rendimiento y los sistemas de guiado con 36% y 56% de utilización, seguidos por el 21% en mapas de rendimiento y 19% en AVI sobre la superficie plantada para 2017. A modo de complemento, Griffin & Yeager (2019) señalan que, para 2018 el 68% utilizó guiado por GPS, el 41% utilizó monitores de rendimiento en cosechadoras, y en AVI se utilizó un 25% para fertilización y 16% para sembrado, mientras que, para Dakota del Norte, Cossette et al. (2024) encuentran una utilización de 48% para corte automático por sección, 58% para sistema de guiado por GPS y 30% para AVI en fertilización.²⁴

Gráfico 10. Utilización de AP en el cultivo de trigo en Estados Unidos (1996-2017). En % de superficie plantada



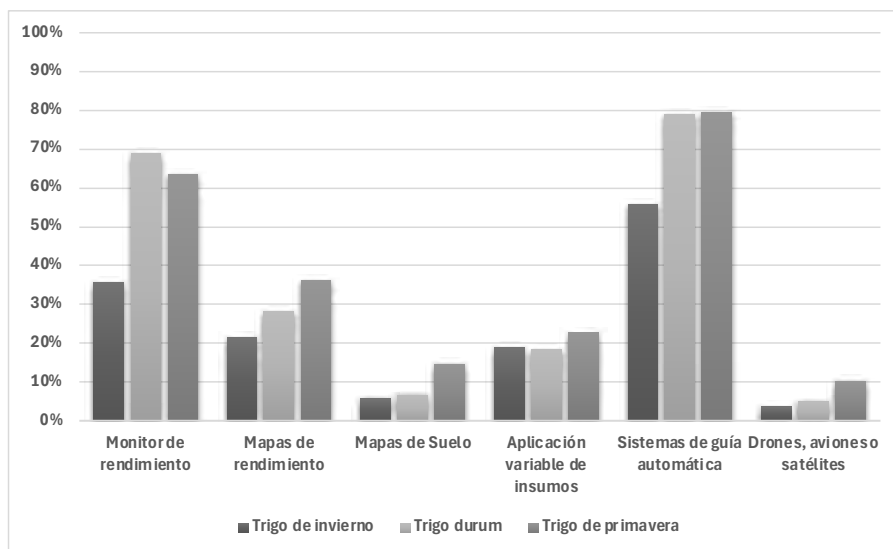
Fuente: elaboración propia en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024) y a una comunicación personal con el USDA ERS.

Dadas las variedades de trigo, la adopción de AP también puede explicarse según los datos provistos por el USDA ERS. Tal como denota el Gráfico 11, para 2017 se destacan los niveles de adopción en las variantes “durum” y “primavera”, con los sistemas de guiado y los monitores de

²⁴ Griffin & Yeager (2019) se basan en una encuesta realizada a 621 miembros de la Asociación de Gestión Agrícola de Kansas (KFMA, por sus siglas en inglés) y Cossette et al. (2024) en una encuesta a 237 productores y terratenientes de Dakota del Norte.

rendimiento como las tecnologías más utilizadas, con registros en torno al 80% y 60-70% respectivamente.

Gráfico 11. Utilización de AP en el según tipo trigo cultivado en Estados Unidos en 2017. En % de superficie plantada



Fuente: elaboración propia en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024) y a una comunicación personal con el USDA ERS.

El análisis por tecnología, para el caso argentino, puede nutrirse con los datos sobre AVI presentados por el Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA) confeccionado por la Bolsa de Cereales (2024).²⁵ Tal como expresa la Tabla 1, hay una tendencia creciente en la utilización de esta tecnología a nivel nacional, y un pico en 2019/20 en la región pampeana en torno al 19% que luego baja y se estanca en 12-13%.

²⁵ A partir de encuestas telefónicas, la Bolsa de Cereales recopila datos sobre tecnología y producción en los principales cultivos de grano en cada campaña agrícola en cada las diferentes zonas agrícolas productivas de la Argentina (Bolsa de Cereales, 2019, 2024).

Tabla 1. Aplicación variable de insumos en Argentina

Campaña	Argentina	Región Pampeana	Sudeste Buenos Aires
2016/17	6%	3%	5%
2017/18	9%	S/D	S/D
2018/19	12%	S/D	S/D
2019/20	14%	19%	15%
2020/21	16%	12%	12%
2021/22	18%	13%	14%

Nota: S/D: Sin Datos.

Fuente: elaboración propia en base a Bolsa de Cereales (2024).

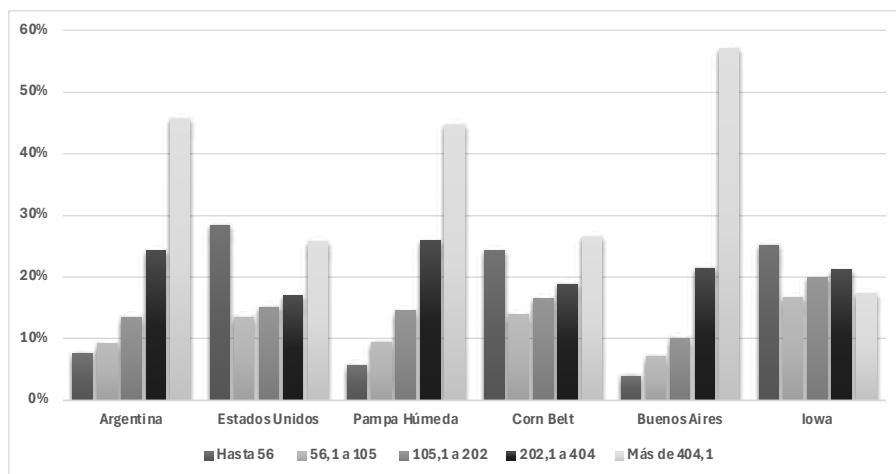
A pesar de tratarse de una tecnología aislada y de las diferencias en la forma de medición, se halló una relativa coincidencia entre los presentes datos del ReTAA con los registros censales. Recordemos que, según el CNA 2018, la adopción de AP en cultivos anuales nos señaló un 13% a nivel nacional y un 18% en la Pampa Húmeda, datos que se asemejan a los recabados por el ReTAA para la campaña 2019/20. En este sentido, se resalta también que los partidos de la zona núcleo y el sudeste de Buenos Aires no se alejan en promedio a las cifras recabadas en este relevamiento. En términos comparativos con Estados Unidos, estos niveles de adopción de AVI en Argentina, entre 13% y 18% para 2021/22, se encuentran por debajo del 19% en soja (2012) y 24% en maíz (2016) e igual o por encima del 13% en trigo (2017) por explotación registrado en Estados Unidos por Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer (2020).

V.5. Adopción según escala de las explotaciones

Siguiendo con el análisis censal, los datos encontrados nos permiten contrastar la relación entre la escala de las explotaciones y el uso de AP. Tal como indica el Gráfico 12, podemos observar el patrón de adopción por escala en ambos países según nivel de agregación. En el caso argentino, encontramos una relación directa entre la utilización las tecnologías de AP y el aumento de la escala de las EAPs. Esta tendencia se replica casi con exactitud entre

los niveles nacional y regional, tal como señalan otros estudios (Melchiori et al., 2018; Lachman & López, 2018; Lachman, Braude, et al., 2022), mientras que se profundiza cuando se analiza la provincia de Buenos Aires. En cifras, esto se traduce en que el 45% de las EAPs que utilizan AP se sitúa en el segmento de explotaciones con más de 404,1 hectáreas en ambos niveles. Por su parte, en Buenos Aires el 57% se ubica en dicho segmento. Siguiendo con las otras provincias, notamos que en Córdoba las EAPs que utilizan AP se distribuyen de manera similar, con un 42% en el segmento de más de 404,1 hectáreas y con un 30% en las explotaciones que tienen entre 200 y 404 hectáreas. En Santa Fe se encontró una expresión atenuada de la tendencia regional y nacional. Allí, la utilización de AP se reparte en un 31% para las EAPs de mayor tamaño, y seguida de 26% y 20% en las escalas más reducidas de 202,1-404 ha y 105,1 a 202 ha respectivamente.

Gráfico 12. Distribución de las EAPs que utilizan AP según escala en Argentina y Estados Unidos en 2018 y 2022. En % de EAPs y en hectáreas



Fuente: elaboración propia en base a una comunicación personal con el INDEC y a Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2024).

En Estados Unidos alrededor de la mitad las EAPs que adoptan AP se distribuyen en los dos extremos de las escalas. Se destaca que, a nivel

nacional y en la región del Corn Belt, las EAPs más pequeñas, que tienen hasta 56 hectáreas, concentran el 29% y el 24% de la utilización de AP, mientras que las EAPs con mayor escala, con más de 404,1 ha, concentraron un 26% en ambos casos.²⁶ Ahora bien, exceptuando el primer segmento de la escala (hasta 56 ha), a nivel nacional y regional hay una relación directa entre el crecimiento de la escala y la utilización de AP. En este punto, la excepción se encontró en Iowa, cuya distribución fue relativamente más homogénea en todas las escalas. Si comparamos Argentina y Estados Unidos, notamos que el mayor contraste se da entre Buenos Aires y Iowa. En el primer caso, el 57% de utilización de AP se concentra en las explotaciones que tienen más de 404 hectáreas. En Iowa, sólo el 17% se concentra en dicho segmento y el 25% se ubica en las de menor tamaño, donde sólo se ubica el 4% en Buenos Aires.

Esta explicación puede complementarse con la distribución según escala de las EAPs que realizan cultivos anuales. En este punto, se encontró que ambos países tienen patrones diferenciados de distribución. A nivel nacional, Argentina y Estados Unidos comparten la primacía de las EAPs de menor tamaño, con una magnitud mucho más grande en el segundo país (68% contra 32%), y se diferencian en el peso de las EAPs de mayor escala, siendo Argentina donde hay mayor cantidad en ese segmento (25% contra 7%). A nivel regional, la Pampa Húmeda evidencia una relación directa entre la escala y las EAPs que producen cultivos anuales, siendo de un 34% la cantidad de EAPs de mayor tamaño. En cambio, en el Corn Belt, el 53% de las EAPs se encuentran alojadas en el segmento de menor escala y el resto de los segmentos se distribuye de manera relativamente homogénea. Por último, a nivel provincial, Buenos Aires sigue la tendencia regional con un mayor peso de las EAPs de más tamaño con 42%, mientras que Iowa señaló un 35% de EAPs en la escala más chica, y el resto de los segmentos en torno al 14-17%.

²⁶ Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer (2020), en maíz, soja y trigo, encuentran que la mayor adopción se da por encima de las 404 ha, aunque no se da de la misma manera en todas las tecnologías y cultivos. Por ejemplo: los sistemas de guiado tienen mayor adopción cuanto más grande es la escala en maíz y trigo, mientras que los mapas de rendimiento tienen una distribución relativamente más homogénea en los tres cultivos.

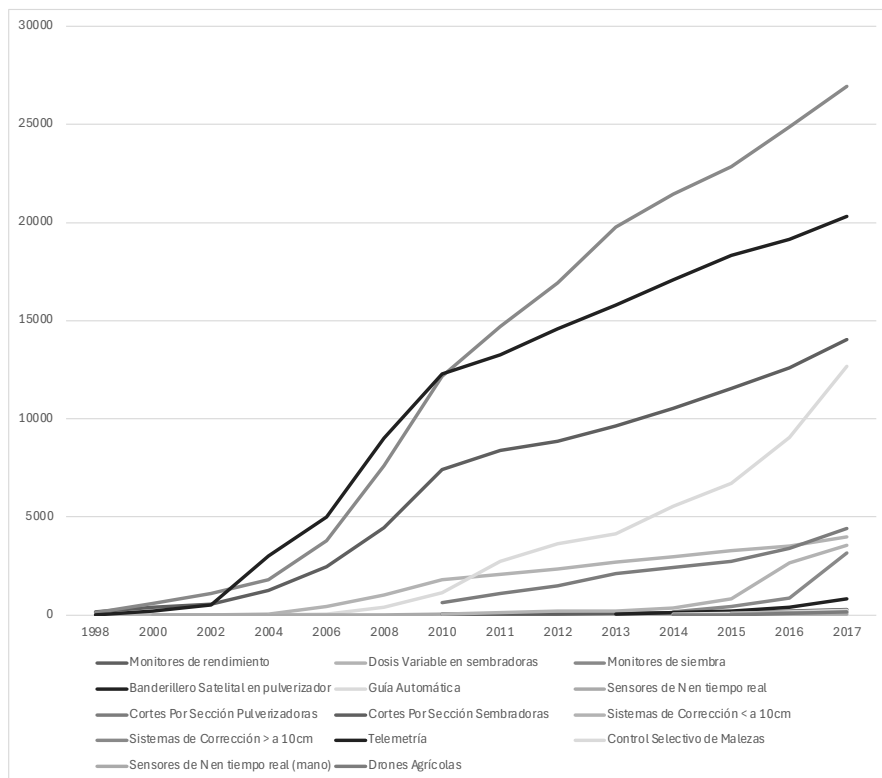
En síntesis, si comparamos ambos países no hay una diferencia sustancial entre la utilización de AP y la escala de las explotaciones. En Argentina, fundamentalmente, a nivel regional y de la provincia de Buenos Aires, se encontró una correlación entre el crecimiento de la escala y la utilización de estas tecnologías. Por su parte, en Estados Unidos la relación entre escala y uso de AP no aparece tan nítidamente expresada como en Argentina, lo cual deja abierta una pregunta a ser respondida por futuras investigaciones sobre este punto.

V.6. Comparación de la oferta de AP

Partiendo de los datos que recogen desde INTA Manfredi de las empresas proveedoras de AP y las cámaras empresariales, se pueden identificar los componentes y tecnologías de AP más vendidos desde su introducción a fines de la década de 1990 y su evolución relativa (Villarroel et al., 2018).²⁷ En primer lugar, en el Gráfico 13 se puede observar que, dentro de las tecnologías de AP que presentan los mayores niveles de adopción, superando las 20 mil unidades de ventas acumuladas desde 1998, se ubican los monitores de siembra y los banderilleros satelitales, y por encima de las 12 mil ventas los pilotos de guía automática y los monitores de rendimiento.

²⁷ También señalan que, aunque las ventas de maquinaria agrícola son un indicador sobre la proyección de la adopción de componentes y tecnologías de AP, es difícil afirmar cuántos de los componentes incorporados a la maquinaria desde su fabricación están activos y siendo utilizados.

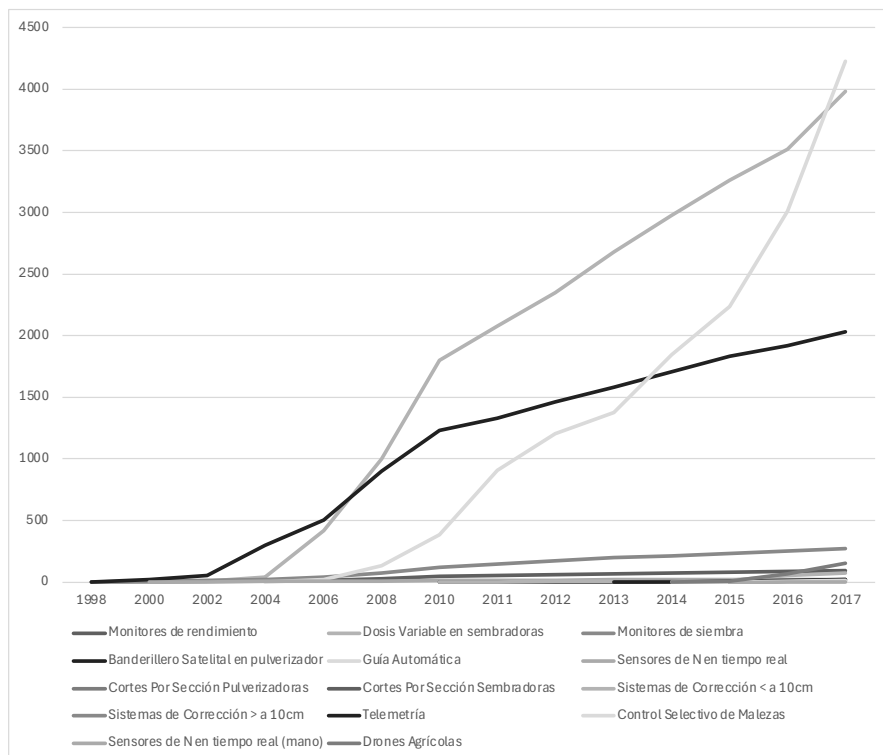
**Gráfico 13. Ventas acumuladas de AP en Argentina (1998-2017).
En unidades vendidas**



Fuente: elaboración propia en base a Villarroel et al. (2018).

A su vez, partiendo de los datos que presentan desde INTA Manfredi, se estimó la evolución relativa de dichas ventas acumuladas para identificar los componentes que más crecieron. En el Gráfico 14 se observa que los componentes con mayor crecimiento relativo fueron las dosis variables de sembradoras (desde 2004), las guías automáticas (desde 2008) y, en menor medida, los banderilleros satelitales (desde 2002).

Gráfico 14. Índice de evolución relativa de las ventas acumuladas de AP en Argentina (1998-2017) (1998=1)

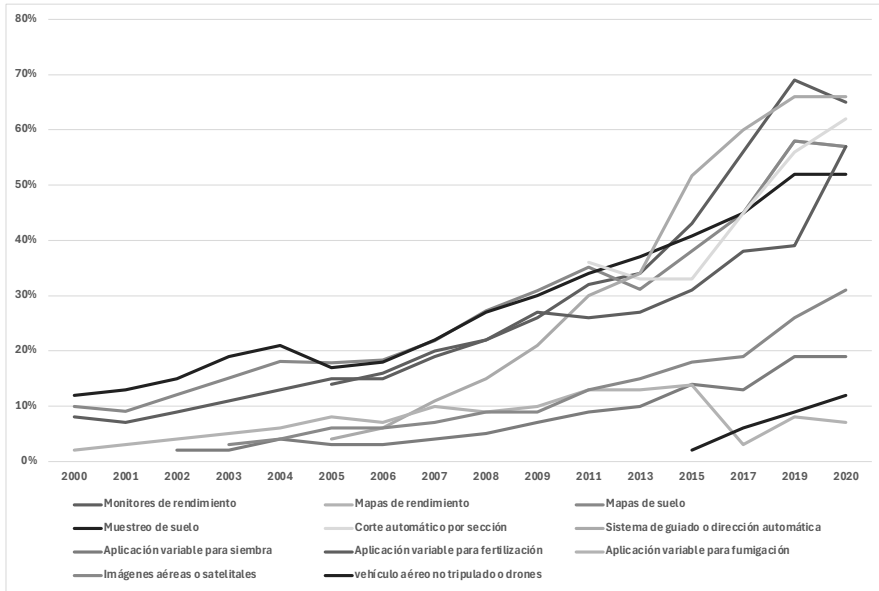


Fuente: elaboración propia en base a Villarroel et al. (2018).

En Estados Unidos, los movimientos de la oferta de AP se reflejan en los datos que presentan conjuntamente la Universidad de Purdue y la revista "Crop Life" (Erickson & Lowenberg-DeBoer, 2020; Erickson & Widmar, 2015b; Holland et al., 2013).²⁸ De manera original para este artículo, en el Gráfico 15 se sistematizaron los datos de esta encuesta sobre la proporción de superficie de su área de mercado local que utilizan diversas tecnologías de precisión.

²⁸ Esta encuesta es realizada por correo a una muestra reducida de proveedores o concesionarios de AP de Estados Unidos y cuyo mayor índice de respuestas proviene de estados ubicados en el Corn Belt. Para la edición 2020, se respondieron 189 encuestas, de las cuales utilizaron 169 Erickson & Lowenberg-DeBoer, 2020, p. 5).

Gráfico 15. Utilización de AP por parte de los productores estimada por los proveedores de AP (2000-2020). En % de área de mercado



Fuente: elaboración propia en base a Holland et al. (2013), Erickson & Widmar (2015) y Erickson & Lowenberg-DeBoer (2020).

Estos datos expresaron un nivel alto y sostenido en el tiempo en lo relativo a sistemas de guiado o dirección automática, monitores de rendimiento, corte automático por sección, mapas de suelo, muestreo de suelo y aplicación variable para fertilización. Al mismo tiempo, estos registros coinciden con las tendencias observadas en los Gráficos 8, 9 y 10 referentes a la utilización de AP por tecnología y por superficie en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024). En aquel caso, los monitores de rendimiento, guías automáticas y mapas de suelo alcanzaron respectivamente 66%, 58%, 22% de utilización en maíz (2016), y 64%, 55%, 26% en soja (2018). Por su parte, el relevamiento de la Universidad de Purdue, señaló, para estas mismas tecnologías, una utilización de 69%, 56% y 68% para 2019, sin discriminar por cultivo (Erickson & Lowenberg-DeBoer, 2020). En términos comparativos, los datos de INTA volcados en el Gráfico 12, señalan, de manera similar, que la mayor cantidad de ventas

se acumularon en monitores de siembra, banderilleros satelitales, monitores de rendimiento y guías automáticas.

VI. Conclusión

El presente artículo se propuso avanzar sobre el conocimiento de los grados de utilización de AP en Argentina y su estado de situación respecto del estándar mundial mediante una comparación con Estados Unidos. A partir de recabar y contrastar las principales fuentes de datos sobre esta temática, se concluyó que los censos nacionales agrarios, a diferencia de otras fuentes de datos, posibilitan una comparación estandarizada entre ambos países.

La metodología comparativa incluyó el análisis de los distintos niveles de agregación que posibilitaron los datos provistos por los censos agrarios de Argentina y de Estados Unidos. En ambos casos, estos datos se complementaron y contrastaron con otras fuentes de datos provenientes de informes técnicos y trabajos académicos. En primer término, se analizó la evolución entre los dos censos de Argentina que recolectaron datos sobre el uso de AP. Se encontró que, entre 2002 y 2018, en la región pampeana sobresalieron las provincias de Córdoba y Santa Fe por su tasa de adopción más acelerada y elevada. A nivel distrital se destacó la adopción de AP evidenciada por los departamentos de Unión, Marcos Juárez y Gral. San Martín (Córdoba), Iriondo (Santa Fe) y los partidos de Colón, Gral. Arenales y Pellegrini (Buenos Aires).

Incorporando al análisis el censo de Estados Unidos de 2022, se desarrolló la comparación entre ambos países a nivel nacional, regional, provincial-estatal y distrital. A nivel nacional, se halló que, sobre el total de las explotaciones censadas, Estados Unidos triplica los niveles de utilización de AP en Argentina. A nivel regional, se verificó que el Corn Belt duplica los valores registrados en la Pampa Húmeda. A nivel provincial, se compararon distintas provincias y estados. Por un lado, se encontró que Iowa y Buenos Aires profundizaron las señaladas diferencias regionales. Por su parte, Córdoba y Santa Fe, los mejores exponentes provinciales de Argentina, excepto contadas excepciones, evidenciaron brechas importantes con los estados norteamericanos que tuvieron los mayores niveles de

adopción. Considerando los rendimientos de los cultivos, se volvieron a encontrar brechas en el uso de AP entre Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe y los estados con los mejores rendimientos en soja y maíz, como son Illinois, Indiana, Iowa y Nebraska, y con aquellos destacados por los rendimientos y la producción de trigo, como son Kansas y Dakota del Norte. En este último punto, únicamente se encontró paridad entre la provincia de Córdoba y el estado de Idaho.

En el nivel distrital, la comparación se realizó entre distritos seleccionados a partir de una combinación de criterios como la preponderancia agrícola, los rendimientos de los cultivos y los elevados niveles de utilización de AP. Aquí, se halló que los mejores exponentes de la región pampeana estaban por debajo de la mitad de los mejores condados del medio-oeste norteamericano. Esta misma brecha se confirmó a través de la comparación de Pergamino, partido emblema de la zona núcleo pampeana, con Carroll, un condado de Iowa con similares características productivas. Cuando se consideraron distritos con altos rendimientos históricos promedio en los cultivos de soja, maíz y trigo, se encontraron nuevamente brechas importantes en la utilización de AP entre ambos espacios nacionales. Cabe destacar que, cuando se tomó la medición de utilización de AP en cereales y oleaginosas que permite el censo del USDA, las diferencias se ampliaron en favor de Estados Unidos en todos los niveles de agregación comparados.

En adición a los datos censales, el análisis por cultivo se complementó con otras fuentes de datos. Para el caso norteamericano, se destacan los datos por superficie plantada por cultivo provistos por una encuesta del USDA, que incluyeron la desagregación por tecnología o componente de AP. A nivel de cultivo, los registros de adopción de AP más altos se encontraron en soja y maíz, mientras que en trigo se mostraron más moderados. En trigo, se diferenció una mayor utilización de AP en las variedades durum y primavera que en el trigo de invierno. Estos datos por cultivo incluyeron la desagregación por tecnología, donde se verificó que los componentes más utilizados y con mayor crecimiento fueron los sistemas de guiado y los monitores de rendimiento, seguidos por los mapas de rendimiento y la aplicación variable de insumos. Para el caso argentino, se

hallaron datos sobre la utilización de la aplicación variable de insumos por productor que se ubicaron por debajo de la mayoría de los niveles registrados por el USDA a nivel de cultivos.

Asimismo, el análisis por tecnología se completó con los relevamientos sobre la oferta de AP provenientes de fuentes no censales. Para Argentina, los datos de INTA Manfredi, mostraron que los segmentos con mayores ventas acumuladas son los monitores de siembra, los banderilleros satelitales, los pilotos de guía automática y los monitores de rendimiento. Para Estados Unidos, los datos de la Universidad de Purdue, señalaron también la utilización destacada de los sistemas de guiado y los monitores de rendimiento, así como también de otras tecnologías con tendencias similares a las encontradas por la encuesta ARMS del USDA.

Por último, se marca que los datos censales también posibilitaron el análisis de adopción de AP respecto de la escala de las explotaciones. Al comparar ambos países, se encontró una tendencia similar referente a la mayor utilización de AP según el aumento de las escalas, pero más marcada en los tres niveles de agregación relativos a Argentina. El análisis de esta sección abrió la pregunta acerca de la relación entre la escala de las explotaciones y la adopción de las tecnologías de AP.

A partir de los niveles de análisis explorados y de los resultados presentados, la conclusión principal de este artículo es la existencia de una marcada brecha en la utilización de AP entre Argentina y Estados Unidos. Las distintas expresiones de esta brecha lograron situar el estado de utilización de estas tecnologías en Argentina en una posición de marcado atraso tecnológico respecto del país que expresa las tendencias históricas capitalistas para el cambio tecnológico en el sector agrario, en este caso, como referente en la utilización de AP. De aquí se desprende como segunda conclusión general que, en este segmento tecnológico, el capital agrario estadounidense aparece con un nivel mayor de tecnificación que el capital agrario argentino o, lo que es igual, aparece invirtiendo una porción mayor de capital fijo en estas tecnologías. En suma, estos resultados pueden aportar al debate sobre los alcances del último salto tecnológico en el sector.

Dadas estas conclusiones se desprenden dos hipótesis de trabajo. Primero, partiendo de que la AP es un vector para las “tecnologías 4.0”, las

diferencias nacionales en los niveles de adopción de AP refieren que el establecimiento de una “Agricultura 4.0” aparece más cerca en los Estados Unidos que en la Argentina. Esta presunción, sin embargo, requiere avanzar en un conocimiento mayor de la evolución de la utilización de otros medios de producción que actúan como vectores de las tecnologías 4.0, como la maquinaria agrícola. Cabe señalar que este artículo se inserta en una línea e investigación más amplia que avanza en ese sentido. Segundo, dadas las similitudes en las condiciones de producción de ambos países, las diferencias en la aplicación de capital fijo vía la utilización de AP y el consecuente rezago tecnológico sectorial se explica principalmente por limitaciones estructurales de la economía argentina. Tal como se señaló en la segunda sección de este artículo, estos límites derivan de la forma particular en la cual se estructura la economía argentina en torno a la apropiación de la renta agraria, en particular, en su efecto sobre los precios internos agrarios y la inversión de capital.

VII. Referencias bibliográficas

- Araújo, S. O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F., & Ramalho, J. C. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape—Emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*, 11(4), 1-18. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>
- Azcuy Ameghino, E. (1997). *Buenos Aires, Iowa, y el desarrollo agropecuario en las pampas y las praderas*. Cuadernos del Programa Interdisciplinario de Estudios Agrarios.
- . (1998). La evolución histórica de las explotaciones agropecuarias en la Argentina y Estados Unidos: Los casos de Pergamino y Iowa, 1888-1988. *Realidad Económica*, (159), 119-132.
- . (2013). Pergamino sigue sin ser Iowa, pero en algunos aspectos se parece: Una comparación en base a los censos de 2002. *Documentos del CIEA*, (10), 85-118.
- Balsa, J. (2002). La concentración de la agricultura entre 1937 y 1988: El Corn Belt y la pampa maicera argentina. *Boletín del Instituto de Historia Argentina y Americana Dr. Emilio Ravignani*, (25), 121-156.
- . (2003). Transformaciones en la tenencia del suelo en el “Corn Belt” norteamericano y en la pampa maicera argentina, 1947-1988. *Anuario IEHS: Instituto de Estudios Histórico-Sociales*, (18), 397-430.
- Barsky, O. y Gelman, J. (2001). *Historia del agro argentino. Desde la conquista hasta fines del siglo XX*. Mondadori.
- Bisang, R., Anlló, G., y Campi, M. (2013). ¿Schumpeter de visita en las pampas Argentinas? En *Claves para repensar el agro argentino* (Eds: Anlló, G., Bisang, R. & Campi, M.). Eudeba.
- Bisang, R., Carciofi, R., Piñeiro, M. E., y Tejada Rodríguez, A. (2022). *Agroindustria transformaciones recientes y su papel en el desarrollo argentino*. Teseo.
- Blanco, M. (2022). Entramado tecnológico-social de la innovación de la agricultura digital: El caso de Pergamino, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional*, 6(10), 89-110. <https://doi.org/10.48162/rev.42.048>
- Bongiovanni, R. (2003). *Estado actual de la agricultura de precisión en Argentina*. 7mo Congreso Argentino de Ingeniería Agrícola. Balcarce, Buenos Aires. 7-9 de mayo.
- Bragachini, M. (2019). *Adopción de Tecnología en el Sector Agropecuario Argentino en los últimos 28 años*. INTA Manfredi.
-

- Byres, T. J. (1991). Agraria Question. En *A Dictionary of Marxist Thought* (ed: Botto-
more, T.), 9-11. Blackwell Publishers.
- Castle, M. H. (2016). *Has the usage of precision agriculture technologies actually led to
increased profits for Nebraska producers?* Department of Agricultural Economics,
University of Nebraska. <https://digitalcommons.unl.edu/agecondiss/35/>
- Centro de Agronegocios y Alimentos. CEA. (2017). *Encuesta nacional del producto
agropecuario 2017*. Universidad Austral. [https://www.terminal-c.com.ar/docu-
mentos/1/1862_Encuesta%20sobre%20necesidades%20del%20productor%20
agropecuario%20argentino.pdf](https://www.terminal-c.com.ar/documentos/1/1862_Encuesta%20sobre%20necesidades%20del%20productor%20agropecuario%20argentino.pdf)
- Corró Molas, A. E. (2007). *Difusión de la agricultura de precisión en la región semiárida
pampeana central*. Universidad Nacional de General Sarmiento. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/749>
- Cossette, M. K., Hanson, E., Roberts, D. C., & Flores, P. (2024). *NDSU Research Exam-
ines Precision Agriculture Technology Adoption and Usage*. North Dakota State Uni-
versity. [https://www.ndsu.edu/vpag/newsletter/ndsu_research_examines_pre-
cision_agriculture_technology_adoption_and_usage/](https://www.ndsu.edu/vpag/newsletter/ndsu_research_examines_precision_agriculture_technology_adoption_and_usage/)
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (2024). *2022 Census of Agriculture*.
U.S. Department of Agriculture's National Agricultural Statistics Service. [https://
www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2022/index.php](https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2022/index.php)
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS. (2024). *ARMS Farm Finan-
cial and Crop Production Practices*. U.S. Department of Agriculture's Economic
Research Service [https://www.ers.usda.gov/data-products/arms-farm-financial-
and-crop-production-practices.aspx](https://www.ers.usda.gov/data-products/arms-farm-financial-and-crop-production-practices.aspx)
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos NASS. (2023). *Technology Use (Farm
Computer Usage and Ownership)*. U.S. Department of Agriculture's National Agri-
cultural Statistics Service. [https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/
h128nd689](https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/h128nd689)
- . (2024). *Agricultural Yield survey*. USDA U.S. Department of Agriculture's Na-
tional Agricultural Statistics Service. [https://www.nass.usda.gov/Surveys/Gui-
de_to_NASS_Surveys/Agricultural_Yield/index.php](https://www.nass.usda.gov/Surveys/Guide_to_NASS_Surveys/Agricultural_Yield/index.php)
- Erickson, B., & Lowenberg-DeBoer, J. (2020). *2020 Precision Agriculture Dealership
Survey*. Department of Agronomy, Purdue University. [https://ag.purdue.edu/
idaas/precision-agriculture-dealer-survey.html](https://ag.purdue.edu/idaas/precision-agriculture-dealer-survey.html)
- Erickson, B., & Widmar, D. A. (2015). *2015 Precision Agriculture Dealership Survey*.
Department of Agronomy, Purdue University. [https://ag.purdue.edu/idaas/pre-
cision-agriculture-dealer-survey.html](https://ag.purdue.edu/idaas/precision-agriculture-dealer-survey.html)
-

-
- Flichman, G. (1978). Notas sobre el desarrollo agropecuario en la región pampeana argentina (o por qué Pergamino no es Iowa). *Estudio CEDES*, 1(4/5), 1-52.
- Gómez-Roca, S. (2022). Determinantes de la difusión tecnológica en el sector agrícola argentino: El caso de la agricultura de precisión. *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional*, 6(10), 37-54. <https://doi.org/10.48162/rev.42.046>
- Griffin, T. W., & Lowenberg-DeBoer, J. (2005). Worldwide adoption and profitability of precision agriculture Implications for Brazil. *Revista de Política Agrícola*, 14(4), 20-37.
- Griffin, T. W., & Yeager, E. A. (2018, 24-27 de junio). *Adoption of precision agriculture technology: A duration analysis*. 14th International Conference on Precision Agriculture, Montreal-Quebec, Canada. https://www.researchgate.net/publication/334306511_How_quickly_do_farmers_adopt_technology_A_duration_analysis
- Holland, J. K., Erickson, B., & Widmar, D. A. (2013). *2013 Precision Agriculture Dealership Survey*. Department of Agronomy, Purdue University. <https://ag.purdue.edu/idaas/precision-agriculture-dealer-survey.html>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INDEC. (2002). *Censo nacional agropecuario*. INDEC. https://sitioanterior.indec.gob.ar/cna_index.asp
- . (2021). *Censo Nacional Agropecuario 2018: Resultados definitivos*. INDEC. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-8-87>
- Iñigo Carrera, J. (2007). *La formación económica de la sociedad argentina. Volumen I, Renta agraria, ganancia industrial y deuda externa. 1882-2004*. Imago Mundi.
- . (2017). *La renta de la tierra. Formas, fuentes y apropiación*. Imago Mundi.
- . (2018). Precios, productividad y renta de la tierra agraria: Ni “términos de intercambio deteriorados”, ni “intercambio desigual”. *Realidad económica*, 47(317), 41-78.
- International Society of Precision Agriculture. ISPA. (2024). *Precision Ag definition*. International Society of Precision Agriculture. <https://www.ispag.org/about/definition>
- 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*. *Argentina Productiva Documento 28*. Ministerio de Desarrollo Productivo. <https://www.argentina.gob.ar/produccion/cep/investigaciones-sobre-la-estructura-productiva/documentos-complementarios-del-plan>
-

- Lachman, J., Gómez-Roca, S., y López, A. (2022). Adopción de tecnologías de agricultura de precisión en los grupos CREA. *Documentos de trabajo del Instituto Interdisciplinario de Economía Política*, (79), 43-43. <https://ojs.economicas.uba.ar/DT-IIEP/issue/view/427>
- Lachman, J. y López, A. (2018a). Innovación, habilidades y nuevas áreas de conocimiento en sectores tecnológicos emergentes: El caso de la Agricultura y Ganadería de Precisión. *Pymes, Innovación y Desarrollo*, 6(3), 60-85.
- . (2018b). 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 Instituto Interdisciplinario de Economía Política*, 38, 1-46. http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/econ/collection/docin/document/docin_iiep_038
- Lowenberg-DeBoer, J., & Erickson, B. (2019). Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111(4), 1552-1569. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>
- Mantovani, E., De Carvalho Pinto, F. de A., y Marcal de Queiroz, D. (2006). Introducción a la Agricultura de Precisión. En *Agricultura de Precisión: Integrando Conocimientos para una Agricultura Moderna y Sustentable* (eds: Bongiovanni, R., Mantovani, E., Best, S., Roel, A.) . PROCISUR/IICA.
- Marx, K. (1997). *El capital. Crítica de la economía política. Tomo III/Vol. 8. Siglo XXI*.
- McFadden, J., Njuki, E., & Griffin, T. (2023). *Precision Agriculture in the Digital Era: Recent Adoption on US Farms*. Economic Information Bulletin, (248), Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- Melchiori, R., Albarenque, S. M. y Kemerer, A. C. (2018, 19 y 20 de septiembre). *Evolución y cambios en la adopción de la agricultura de precisión en argentina*. 17 Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión. Manfredi.
- . (2013, 17-19 de septiembre). *Uso, adopción y limitaciones de la agricultura de precisión en Argentina*. 12 Curso Internacional de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas. Manfredi.
- Puntel, L. A., Bolfe, É., Melchiori, R., Ortega, R., Tiscornia, G., Roel, A., Scaramuzza, F., Best, S., Berger, A., Hansel, D., & others. (2022). How digital is agriculture in a subset of countries from South America? Adoption and limitations. *Crop and Pasture Science*. 74(6), 555-572. <https://doi.org/10.1071/CP21759>
- Robert, P. C. (2002). Precision agriculture: A challenge for crop nutrition management. *Progress in Plant Nutrition. Plant and Soil*, 247(1), 143-149
-

-
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. SAGyP. (2024). *Estimaciones Agrícolas*. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación. <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Santos Valle, S., & Kienzle, J. (2020). *Agriculture 4.0—Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. Integrated Crop Management (24)*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb2186en>
- Say, S. M., Keskin, M., Sehri, M., & Sekerli, Y. E. (2018). Adoption of precision agriculture technologies in developed and developing countries. *The Online Journal of Science and Technology, 8*(1), 7-15.
- Schiaffino, G. N. (2020). Fenómeno técnico y modernización del campo en el área concentrada de Argentina: Las empresas de agricultura de precisión: Array. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía, (28)*, 058-058. <https://doi.org/10.37838//unicen/est.28-058>
- Schimmelpfennig, D. (2019). Precision agriculture. En *Agricultural resources and environmental indicators- Economic Information Bulletin (208)* (eds: Hellerstein, D., Vilorio, D., and Ribaud, M.). Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details?pubid=93025>
- Schimmelpfennig, D., & Lowenberg-DeBoer, J. (2020). Farm types and precision agriculture adoption: Crops, regions, soil variability, and farm size. *Global Institute for Agri-Tech Economics Working Paper 01-20*, Harper Adams University y Global Institute for Agri-Tech Economics, Newport. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3689311
- Swinton, S. M., & Lowenberg-Deboer, J. (2001, 18-20 de junio). *Global adoption of precision agriculture technologies: Who, when and why*. 3rd European conference on precision agriculture, Montpellier. https://www.researchgate.net/publication/228911901_Global_adoption_of_precision_agriculture_technologies_Who_when_and_why
- Vidosa, R., Iglesias, N., Jelinski, F., Tapia, E. y Lavarello, P. (2022). Reestructuración de la industria de maquinaria agrícola mundial: nuevos estándares frente a la agricultura 4.0. *SaberEs, 14*(1), 85–110. <https://doi.org/10.35305/s.v14i1.269>
- Villarroel, D., Melchiori, R. J. M.y Scaramuzza, F. (2020). *Estimación de la evolución en la adopción de componentes de Agricultura de Precisión de cara al inicio de una década de Agricultura digitalizada*. INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9513>
- Villarroel, D., Scaramuzza, F.y Vélez, J. P. (2018, 19-20 de noviembre). El Progreso en la tecnificación del Agro. 17 Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión. Manfredi, Córdoba
-

- Villulla, J. M. (2018a). Pergamino, Iowa y los salarios en la agricultura pampeana: Viejos mitos y nuevas realidades. *Realidad Económica*, 47(316), 69-97. <https://ojs.iade.org.ar/index.php/re/article/view/20>
- . (2018b). Tiempo, espacio y trabajo en la agricultura de Argentina y Estados Unidos. ¿Un problema técnico? *Pegada*, 19(3), 76-101. <https://doi.org/10.33026/peg.v19i3.6017>
-

A. ANEXO METODOLÓGICO

Censos agrarios - Gráficos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 12.

Argentina: Censos Nacionales Agropecuarios de 2002, 2018, recuperados de <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-8-87>.

Estados Unidos: Census of Agriculture 2022, recuperado de <https://www.nass.usda.gov/AgCensus/>.

Definición censal de explotaciones agropecuarias (EAPs): “(...) la unidad de organización de la producción, con una superficie no menor de 500 m² y ubicada dentro de los límites de una misma provincia que, independientemente del número de parcelas (terrenos no contiguos) que la integren, reúne los siguientes atributos: 1. Producir bienes agrícolas, pecuarios o forestales destinados al mercado; 2. tener una conducción única que ejerce la gestión de la EAP, recibe los beneficios y asume los riesgos de la actividad productiva, por lo tanto, tiene un único tipo jurídico; 3. utilizar en todas las parcelas que la integran algunos de los mismos medios de producción de uso durable y parte de la misma mano de obra permanente. En caso de que no cuente con medios de producción de uso durable ni mano de obra permanente, la EAP se define por las dos primeras condiciones” (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021: pp. 28-29).

Definición censal de Farms: “cualquier lugar en el que se hayan producido y vendido, o normalmente se hubieran vendido, 1.000 dólares o más en productos agrícolas durante el año censal” (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2024: p. VIII).

Cultivos anuales: los censos de ambos países miden cultivos anuales de la superficie implantada (Argentina) y cultivos cosechados del total de cultivos (Estados Unidos), pero cuya definición censal es la categoría que más los equipara en términos de su composición. Los datos del CNA 2018 proveen las EAPs que realizan cultivos anuales, pero los datos sobre AP no se vinculan directamente, por lo que se trata de una estimación realizada

para este artículo. El censo de Estados Unidos provee datos de las EAPs que realizan cultivos anuales y utilizan AP.

Cereales y oleaginosas: el censo del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2022) refleja la cantidad de Farms que utilizan AP según la categoría “Oilseed and grain farming” correspondiente al sistema de clasificación de industrias de Norteamérica (NAICS, por sus siglas en inglés) para el nivel nacional y estatal. Los datos de condados son una estimación para esta investigación. En el caso argentino, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2018), únicamente presenta las EAPs que utilizan AP, sin mediar ninguna clasificación adicional.

AP según escala - Gráfico 12: los datos de Argentina provienen de una comunicación personal con el INDEC del 3 de septiembre de 2024. Para una mejor visualización de los datos se tomaron las categorías del censo de Estados Unidos. Los datos del censo agrario de Argentina se agruparon en las siguientes categorías: “50 a 100”, “100,1 a 200”, “200,1 a 500”, y “más de 500” hectáreas.

Región pampeana o Pampa Húmeda: Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Santa Fe.

Corn Belt: Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Minnesota, Missouri, Nebraska, North Dakota, Ohio, South Dakota, Wisconsin.

Distritos: La elección de los distritos se basó en combinaciones de criterios metodológicos: **a-** la comparación entre distritos presentada en Azcuy Ameghino (2013), aunque en este caso Pergamino solamente con Carroll (ver nota 19), por ser dos distritos con similar proporción de EAPs dedicadas a cultivos anuales (83% y 81%); **b** – los niveles altos de utilización de AP (Gráficos 2 y 5); **c-** la preponderancia agrícola medida en la cantidad de EAPs con cultivos anuales sobre el total de las EAPs censadas en Argentina (2018) y Estados Unidos (2022) (Gráfico 2, 5, 6 y 7); y **d-** los rendimientos (quintales por hectárea) y producción (quintales) promedio más altos en soja, maíz y trigo entre 1987 y 2023 (Gráfico 2, 6 y 7). **Fuentes:** Pampa Húmeda: Estimaciones históricas, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, recuperadas de <https://datosestimaciones.magyp.gov.ar/>; Corn Belt: USDA, National Agricultural Statistics Service, recuperadas de

<https://quickstats.nass.usda.gov/>. Aclaraciones: **1 -Gráficos 3, 5 y 7:** Kansas y North Dakota se tomaron por tener el volumen promedio más alto en la producción de trigo de invierno y de primavera respectivamente; **3-Gráfico 5:** los distritos tienen 70% de EAPs que se dedican a cultivos anuales sobre el total de EAPs censadas, y dentro de esa selección, se tomaron aquellos con mayor utilización de AP. Haskell y Pellegrini tienen 63-67% de EAPs dedicadas a cultivos anuales; **2-Gráficos 6 y 7:** Gral. Alvarado y Colón tienen menos de 70% de EAPs con cultivos anuales, pero se incluyeron por sus altos rendimientos en trigo, y en soja y maíz respectivamente. **Estados Unidos – Gráfico 4:** confeccionado en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos NASS (2023) recuperado de <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/h128nd689>

Utilización de AP por tecnología y por cultivo

Estados Unidos - Gráficos 8, 9, 10 y 11: elaborado en base a Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS (2024) recuperado de <https://data.ers.usda.gov/reports.aspx?ID=17883>, Schimmelpfennig & Lowenberg-DeBoer (2020, Tabla 1, p. 12), McFadden et al. (2023, pp. 9-18) y a una comunicación personal con técnicos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos ERS el 25 de junio de 2024.

Estados Unidos Gráfico 15: elaborado en base a Holland et al., (2013), Erickson & Widmar (2015) y Erickson & Lowenberg-DeBoer (2020) recuperados de <https://ag.purdue.edu/idaas/precision-agriculture-dealer-survey.html>

Argentina - Tabla 1: elaborado en base al ReTAA elaborado por la Bolsa de Cereales (2024) recuperado de <https://www.bolsadecereales.com/tecnologia-informes>. Tabla 1: AVI incluye semillas, fertilizantes y herbicidas. En la columna “Región Pampeana” se incluyen los datos de la “zona núcleo VII” del ReTAA (incluye distritos de los Gráficos 5 y 6) y la columna “Sudeste Buenos Aires” (incluye distritos del Gráfico 9).

Argentina - Gráficos 13 y 14: elaborado en base a la serie de Villarroel et al., (2018). Existen datos más actuales como los de Villarroel et al. (2020), pero, al no coincidir las dos series se tomó la más completa en cantidad de años.
