
Artículos

Perfil empresarial y agricultura de precisión en la pampa argentina: el caso de la Provincia de Buenos Aires



Publicación del Centro de Estudios de la Argentina Rural - UNQ

Entrepreneurial profile and precision agriculture in the Argentinean pampas: the Province of Buenos Aires case

Perfil empreendedor e agricultura de precisão nos pampas argentinos: o caso da Província de Buenos Aires

Pascale Phélinas

Instituto de Investigación para el Desarrollo, Centro de Estudios e Investigación sobre el Desarrollo Internacional (CERDI), Francia
Pascale.phelinas@ird.fr

Valeria A. Hernández

Instituto de Investigación para el Desarrollo, Centro de Estudios en Ciencias Sociales de los Mundos Africanos, Americanos y Asiáticos (CESSMA), Francia
Valeria.Hernandez@ird.fr

Estudios Rurales. Publicación del Centro de Estudios de la Argentina Rural

vol. 15, núm. 31, 2025
Universidad Nacional de Quilmes, Argentina
ISSN: 2250-4001
Periodicidad: Semestral
estudiosrurales@unq.edu.ar

Recepción: 14 marzo 2024
Aprobación: 05 febrero 2025

DOI: <https://doi.org/10.48160/22504001er31.555>

URL: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/181/1815236001/>

Resumen: Este artículo analiza la adopción de la agricultura de precisión (AP) en la región pampeana de la Argentina, focalizando en la provincia de Buenos Aires a partir de una encuesta realizada en 2017-2018 a un total de 265 productores agropecuarios y los resultados de un trabajo de campo cualitativo realizado entre septiembre 2017 y enero 2018. El estudio busca identificar las trayectorias de adopción, sus impulsores económicos e institucionales, así como los principales rasgos de los adoptantes observando las diferencias con los no adoptantes. También busca comprender los distintos grupos de adoptantes a partir de considerar la sofisticación de las tecnologías utilizadas. El artículo está estructurado en tres secciones: en primer lugar, se describe el marco analítico, discutiendo por un lado las teorías de la adopción y por el otro describiendo la construcción de un indicador de adopción de las tecnologías de precisión. En segundo lugar, se analizan los datos utilizados y se discuten los principales resultados de la encuesta realizada sobre la adopción de la AP. Asimismo, se exponen las opiniones de los diferentes grupos de adoptantes sobre los beneficios observados (monetarios y no monetarios) de las innovaciones tecnológicas incorporadas. En la conclusión, se señalan los desafíos de sustentabilidad que aún tiene este sector.

Palabras clave: Agricultura de precisión, AgTech, Argentina, innovación, agronegocios.

Abstract: This article analyzes the adoption of precision agriculture (PA) in the Pampas region of Argentina, focusing on the province of Buenos Aires based on a survey conducted in 2017-2018 with a total of 265 agricultural producers and the results of qualitative fieldwork carried out between September 2017 and January 2018. The study seeks to identify adoption trajectories, their economic and institutional drivers, as well as the main characteristics of adopters, looking at the

differences with non-adopters. It also seeks to understand the different groups of adopters by considering the sophistication of the technologies used. The article is structured in three sections: first, the analytical framework is described, discussing on the one hand the theories of adoption and on the other hand describing the construction of an adoption indicator of precision technologies. Second, the data used are analyzed and the main results of the survey conducted on the adoption of AP are discussed. Likewise, the opinions of the different groups of adopters on the observed benefits (monetary and non-monetary) of the incorporated technological innovations are presented. In conclusion, we point out the sustainability challenges that this sector still faces.

Keywords: Precision agriculture, AgTech, Argentina, innovation, agribusiness.

Resumo: Este artigo analisa a adoção da agricultura de precisão (AP) na região dos Pampas argentinos, com foco na província de Buenos Aires com base em uma pesquisa realizada em 2017-2018 com um total de 265 produtores agrícolas e os resultados do trabalho de campo qualitativo realizado entre setembro de 2017 e janeiro de 2018. O estudo busca identificar as trajetórias de adoção, seus impulsionadores econômicos e institucionais, bem como as principais características dos adotantes, observando as diferenças com os não adotantes. Ele também busca entender os diferentes grupos de adotantes considerando a sofisticação das tecnologias utilizadas. O artigo está estruturado em três seções: primeiramente, é descrito o enquadramento analítico, discutindo por um lado as teorias de adoção e por outro descrevendo a construção de um indicador de adoção para tecnologias de precisão. Em terceiro lugar, são analisados os dados utilizados e discutidos os principais resultados do inquérito realizado sobre a adoção da AP. Da mesma forma, são apresentadas as opiniões dos diferentes grupos de adotantes sobre os benefícios observados (monetários e não monetários) das inovações tecnológicas incorporadas. Na conclusão, apontamos os desafios de sustentabilidade que este setor ainda enfrenta.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, AgTech, Argentina, inovação, agronegócio.

INTRODUCCIÓN

Satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos sin transformar los actuales sistemas agroproductivos, los circuitos de comercialización y, de un modo general, el régimen alimentario global sólo puede llevar a la sobre explotación de los bienes naturales, la destrucción de la biodiversidad, la contaminación del aire, el agua y el suelo (EU SCAR, 2012; FAO, 2017). Si bien el margen de tierras cultivables aún no explotadas a nivel global es importante, basar el aumento de la producción de alimentos en la expansión de la superficie cultivada tendría consecuencias negativas (pérdida de biodiversidad, aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, incremento de la desertificación y de las inundaciones, etc.), lo que ha llevado a los organismos de gobernanza mundial a promover estrategias de intensificación del uso de la tierra mediante manejos sustentables (FAO, 2017). La agricultura de precisión (AP) forma parte de las estrategias impulsadas por la agricultura industrial para responder a dicho mandato de sustentabilidad (Balafoutis et al., 2017; Andrade, 2017; Schimmelpfennig, 2018; Godwin et al., 2003; Silva et al., 2011; Yost et al., 2019). Desde este sector se afirma que la adopción de la AP permitirá lograr las ambiciones mundiales en materia de medio ambiente y seguridad alimentaria sin renunciar al aumento de la productividad, ya que las innovaciones tecnológicas limitarían la presión sobre el medio natural gracias a una gestión óptima de los insumos agrícolas (Gebbers y Adamchuck, 2010; Talebpour et al., 2015; Garnett et al., 2013; Santos Valle y Kienzle, 2021). La apuesta de la AP es recopilar una amplia gama de información sobre las necesidades fisiológicas de los cultivos y los suelos, así como sobre las condiciones medioambientales (niveles de radiación, de temperatura, etc.) con el fin de llevar adelante una aplicación selectiva de los insumos en la cantidad correcta, en el lugar y el momento oportunos (Schiaffino, 2020).

En general, la adopción de innovaciones tecnológicas en la agricultura ha sido objeto de gran atención por parte de científicos sociales ya que suele ser una estrategia para aumentar la producción y los ingresos. En la práctica, la introducción de nuevas tecnologías en el sector agropecuario ha tenido éxitos parciales: la adopción uniforme de las innovaciones es un fenómeno inusual y el análisis de los costos de las así denominadas “externalidades” derivadas de algunas de dichas innovaciones (impacto sobre la calidad de los suelos, la contaminación del agua, salud de la población, etc.) ha mostrado resultados negativos. Además, las limitaciones para la adopción de innovaciones son importantes: acceso reducido al crédito y a la información; aversión al riesgo; tamaño pequeño de las explotaciones; obstáculos en la tenencia de la tierra; escasez de capital humano (Gorenstein et al., 2009; Foster y Rosenzweig, 2010; Lapegna, 2014; Andrade, 2017; Ugochukwu y Phillips, 2018; Lachman y López, 2018; Ruzzante et al., 2021; Chavas y Nauges, 2020; Gómez-Roca, 2022).

Un aspecto no menor a tener en cuenta sobre los estudios de adopción refiere a la falta de heterogeneidad de los casos abordados, los cuales se concentran en Estados Unidos, Australia y Europa (Robertson et al., 2012; Paustian y Theuvsen, 2017; Barnes et al., 2019). Sin embargo, países del Sur Global participan de manera central en el tablero mundial de la agricultura industrial y, a la vez, son activos adoptantes de innovaciones tecnológicas. Argentina, uno de los principales países agrícolas de Sudamérica, es un caso de estudio relevante ya que es pionero en la región en la atención acordada a la AP (Bragachini et al., 2011; Scaramuzza et al., 2018) y cuenta con una red de empresas especializadas en la fabricación y comercialización de herramientas de precisión desde hace dos décadas (Lachman y López, 2018). Nuestro trabajo examina la adopción de la AP en Argentina a partir de una encuesta cuantitativa realizada durante el período 2017-2018 a un total de 265 productores de cultivos agrícolas extensivos de la provincia de Buenos Aires, principal

integrante de la región de la Pampa Húmeda[3] (Figura 1). Esta encuesta fue complementada con un trabajo de campo cualitativo realizado entre septiembre 2017 y enero 2018 con el objetivo de relevar la perspectiva de los adoptantes sobre la AP a través de entrevistas abiertas realizadas a actores claves[4] y del análisis de eventos y materiales de difusión/formación en AP relevados vía YouTube y sitios Internet de instituciones públicas y privadas del sector agropecuario a partir de dos palabras claves “Agricultura de precisión” y “AgTech”.



Figura 1
Región de la Pampa Húmeda, Argentina
Gorenstein et al., 2009.

El enfoque empírico seguido en nuestro estudio busca identificar las trayectorias de adopción, sus impulsores económicos e institucionales, así como los principales rasgos de los adoptantes observando las diferencias respecto de los no adoptantes. También nos interesa comprender los distintos grupos de adoptantes a partir de considerar la sofisticación de las tecnologías utilizadas (Barnes et al., 2019). Los resultados obtenidos caracterizan el proceso de adopción de la AP, considerando tanto aspectos cuantitativos como cualitativos tales como el perfil de los adoptantes de la AP, sus actitudes y preferencias, así como los incentivos/obstáculos para la adopción.

En lo que sigue, exponemos, en primer lugar, el marco analítico discutiendo, por un lado, las teorías de la adopción y, por el otro, describiendo la metodología utilizada para diseñar la encuesta y la construcción de los indicadores de adopción de las tecnologías de precisión. En segundo lugar, se analizan los datos producidos durante el relevamiento y se discuten los principales resultados de la adopción de la AP. Asimismo, se exponen las opiniones de los diferentes grupos de adoptantes sobre los beneficios observados (monetarios y no monetarios) de las innovaciones tecnológicas incorporadas. En la conclusión señalamos los desafíos de sustentabilidad que aún tiene este sector.

¿DE QUÉ HABLAMOS CUANDO ANALIZAMOS LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGRÍCOLA?: ALGUNAS PRECISIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS

A grandes rasgos, se pueden identificar tres grandes paradigmas que permiten comprender por qué algunos agricultores adoptan nuevas tecnologías y otros no, cada uno haciendo énfasis en la difusión de la innovación, en las limitaciones económicas o en la percepción del adoptante. El primer paradigma asume que la información es el parámetro crítico que controla la difusión de una innovación. Dentro de este marco, los productores se clasifican en categorías de "adoptantes" que van desde los innovadores y adoptantes tempranos hasta los tardíos, con diferencias en sus atributos socio-demográficos, de personalidad y de "vínculos" identificables (Rogers et al., 2014; Peshin et al., 2019, Aubert et al., 2012). El modelo de las limitaciones económicas hace hincapié en el rol de los factores económicos en las decisiones individuales de adopción (Feder et al., 1985; Stanley, 2001). Por último, el paradigma de la percepción del adoptante sostiene que son los atributos percibidos de las innovaciones los que determinan el comportamiento de adopción (Roussy et al., 2015). Entre estos atributos, se han identificado: el grado de visibilidad de los resultados de la innovación, la percepción de superioridad de la innovación respecto a la práctica actual, la posibilidad de experimentar la innovación de forma limitada, la facilidad de uso o comprensión de la innovación, así como la mejora de la imagen o el estatus de la persona adoptante (Adrian et al., 2005; Aubert et al., 2012; Barnes et al., 2019). En la práctica, los escenarios de difusión de una innovación dependen de relaciones complejas entre los diferentes elementos mencionados anteriormente, pero también de factores como los riesgos asociados a la tecnología, la actitud de los agricultores frente al riesgo, la existencia de costos fijos de adopción (reales o imputados), el contexto institucional y socio-cultural (de Oca Munguía y Llewellyn, 2020; Macours, 2019; Liu et al., 2018; Pierpaoli et al., 2013).

Por otro lado, en este trabajo nos alejamos de los enfoques que consideran la adopción de una tecnología como un proceso dicotómico -es decir, la adopción versus la no-adopción- y privilegiamos la idea según la cual las nuevas tecnologías son adoptadas de manera secuencial. Por lo tanto, la variable que mide la adopción debería reflejar la naturaleza incremental de la adopción de las herramientas de precisión. Teniendo en cuenta esto, seguimos la caracterización de las técnicas de precisión de Barnes et al. (2019) en tres grandes grupos: herramientas de guiado (GPS, etc.), herramientas de diagnóstico intra-campo (mapa de suelo) y herramientas de aplicación de dosis a tasa variable (insumos). Las herramientas que controlan con precisión la trayectoria de las máquinas en el campo mediante GPS o un sistema de guiado automático son las más conocidas y antiguas. Al evitar solapamientos o brechas espaciales entre las sucesivas pasadas al aplicar los insumos, presentan ventajas evidentes: las superficies no tratadas pueden sufrir bajas de rendimiento o ataques de patógenos, mientras que los solapamientos provocan tratamientos innecesarios y, por tanto, costes adicionales. Por último, el guiado automático mejora la eficacia del trabajo al ahorrar tiempo. Las denominadas "tecnologías de información intensiva" comprenden herramientas de diagnóstico sobre el terreno que proporcionan información sobre el estado del suelo y ayudan a entender dónde intervenir a tiempo. En este grupo se encuentran las diferentes herramientas de cartografía del suelo, los monitores de rendimiento, las cámaras, las redes de sensores, las estaciones meteorológicas y los dispositivos de teledetección. Permiten realizar los ajustes (manuales) necesarios para optimizar las herramientas y pasar a la etapa siguiente: la aplicación variable de insumos. Las herramientas de aplicación variable de insumos utilizan la información proporcionada por las consolas y los sensores para calcular las necesidades de intervención del suelo y las plantas, y transfieren la información a un controlador que suministra la dosis correcta y en el lugar adecuado (Barnes et al., 2019). Naturalmente, el uso de estos dispositivos de aplicación requiere el uso previo de herramientas de diagnóstico que crean la información a partir de la cual se aplican los insumos. Por lo tanto, un adoptante de tecnologías de aplicación variable de insumos es necesariamente un adoptante de las de diagnóstico.

La adopción de estas diferentes herramientas se da en forma de encadenamiento entre tecnologías, comenzando generalmente con las de más fácil utilización (como los sistemas de guiado GPS, ya sean integrados o no) y siguiendo con la incorporación de sensores en las maquinarias existentes. La última etapa conlleva la introducción de monitores de gestión de insumos que controlan las dosis y gestionan la administración precisa de semillas, fertilizantes y plaguicidas en tiempo real.

CONSIDERANDOS METODOLÓGICOS DE LA ENCUESTA REALIZADA EN EL SECTOR PAMPEANO

La encuesta realizada entre octubre de 2017 y enero de 2018 identificó 17 herramientas/tecnologías de AP que los productores argentinos manifestaron utilizar. A partir de esta lista, se elaboró un indicador que refleja un gradiente de adopción de estas tecnologías que va de los no adoptantes (Grupo 1), hasta aquellos que adoptaron las tecnologías más integradas (las de aplicación variable de insumos) (Grupo 4), pasando por los adoptantes de tecnologías de guiado (GPS y/o sistemas integrados de interrupción en tramos ya tratados) (Grupo 2) y los adoptantes de tecnologías de recopilación de información (Grupo 3). Esta clasificación se basa, como dijimos, en Barnes et al. (2019) cuya investigación fue realizada con base en productores de cinco países europeos (Bélgica, Alemania, Grecia, Países Bajos y Reino Unido). Los autores consideran las herramientas y tecnologías de precisión según los diferentes niveles de participación del usuario (habilidades requeridas, exigencias de aprendizaje para operarlas, etc.). Un primer grupo de “tecnologías de conocimiento incorporado” que no requieren habilidades adicionales para su operación, compuesto por dos tipos de herramientas de precisión, las tecnologías de guiado y los sistemas satelitales de navegación. Un segundo grupo de “tecnologías intensivas en información” son aquellas que brindan información adicional con el fin de ampliar la capacidad en la toma de decisiones, tales como las tecnologías de registro y de acción estratégica, las cuales requieren una mayor inversión en términos de conocimiento, software o soporte de servicio analítico. En nuestro estudio, clasificamos las herramientas y tecnologías en tres grupos, adaptando el criterio de Barnes et al. (2019) en función de las herramientas y tecnologías relevadas en el caso argentino: Tecnologías y herramientas de guiado (tales como GPS, Sistema de autoguía con conductor y sin conductor, etc.) y las Tecnologías y herramientas de relevamiento de información y de diagnóstico intra-campo (como sensor de siembra, sensor de pérdida, sistema de control para la altura de la rampa, etc.) corresponden al grupo 2 y 3 de adoptantes respectivamente ya que no requieren de altos niveles de participación ni de capacitación por parte del operador; las Tecnologías y herramientas de aplicación de dosis (insumos) a tasa variable y de gestión estratégica (como Monitor de rendimiento, Monitor de humedad, Mapas de rendimiento, software, etc.) corresponden al grupo 4 de adoptantes ya que requieren altos niveles de participación y de capacitación por parte del usuario.

La muestra aleatoria estratificada comprende 265 explotaciones ubicadas en la provincia de Buenos Aires, teniendo como población objetivo a las explotaciones que producen cereales y oleaginosas (la ganadería utiliza otro tipo de tecnologías). El marco muestral utilizado es la encuesta agropecuaria de la provincia de Buenos Aires realizada por el CINEA[5] en 2011. Las unidades finales incluidas en nuestro trabajo se han seleccionado a partir de la encuesta del CINEA según un diseño muestral estratificado. Se utilizaron dos variables de estratificación: la subregión (Centro, Norte, Noroeste y Sur) y el tamaño de las explotaciones. La figura 2 muestra la distribución geográfica de las zonas encuestadas[6].



Figura 2
Mapa de las zonas encuestadas

Para comprender las decisiones de adopción de las herramientas de la AP, se recopiló información durante el relevamiento en terreno. Además de la utilización de maquinaria de precisión, también se registraron múltiples variables que permitieron determinar el perfil de los adoptantes: características socio-demográficas de los jefes de la explotación, estatuto jurídico de la explotación, su tamaño, tipo de actividad productiva, aspectos de la gestión, utilización de mano de obra familiar y contratada, etc. Tales variables definen en gran medida la posición social y económica de los productores y la mayoría de los trabajos existentes indican que la influencia de estas variables en las decisiones de adopción de la AP es significativa.

Por último, la encuesta no estaba diseñada para medir el impacto económico y medioambiental de la AP. Sin embargo, frente a las promesas (a menudo publicitadas por las empresas que venden las herramientas y tecnologías de precisión) de una agricultura “sustentable” y de una reducción drástica del consumo de productos fitosanitarios, recabar la opinión de los productores sobre los beneficios observados de la adopción de herramientas de precisión permite revelar los atributos de la AP más valorados por los productores y, por tanto, comprender mejor sus expectativas.

EL PERFIL DE LOS ADOPTANTES DE LA AP: GRANDES EMPRESARIOS, ORIENTADOS A LAS COMMODITIES Y ALTAMENTE CALIFICADOS

¿Cuáles son los principales marcadores de la adopción de la AP en la región encuestada? En esta sección analizaremos los modelos de adopción observados, centrándonos en el comportamiento de adopción y las variables clave que lo influyen.

LOS INCENTIVOS ECONÓMICOS DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN EN RED

La AP en Argentina se ha adoptado en un contexto de profundos cambios ligados a la expansión espectacular de la soja transgénica, introducida en el mercado local en 1996, cultivo faro del modelo de agronegocios predominante (Pengue, 2005). Dichos cambios implicaron una producción intensiva a gran escala, mayormente mecanizada, basada en nuevas formas de asociación entre los diferentes actores rurales y financieros, creando redes altamente eficientes en la gestión de los diferentes momentos del proceso agroproductivo, constituyendo el modelo de agronegocios desde entonces hegemónico (Hernández, 2007; Gras y Hernández, 2009, 2014, 2016a, 2016b). El punto clave de estas nuevas formas organizativas es la búsqueda continua de la expansión de la escala de producción mediante la puesta en común de los factores de producción, incluyendo el codiciado recurso de la tierra (Phélinas y Choumert, 2017).

El tamaño de las explotaciones es uno de los primeros factores en los que se ha centrado la literatura internacional sobre la adopción de la AP (Liu et al., 2018; Pierpaoli et al., 2013). En efecto, las denominadas tecnologías indivisibles (como la maquinaria agrícola de precisión) tienen un costo que debe ser amortizado por quien las adopte. Así, existe un tamaño crítico mínimo de explotación que hace rentable esta inversión. Los estudios empíricos generalmente constatan una relación negativa entre la adopción de tecnologías de precisión y el tamaño de las explotaciones (Barnes et al., 2019). La adopción de la AP, especialmente de las herramientas más sofisticadas, conlleva importantes costes iniciales en términos de aprendizaje y formación de la mano de obra (familiar o asalariada), lo que puede desincentivar su adopción por parte de las explotaciones más pequeñas (véase más adelante).

Las cifras de la tabla 1 corroboran la relación entre la adopción de la AP y el tamaño de las explotaciones de nuestra muestra: quienes adoptan tecnologías de precisión explotan superficies más extensas que los que no las adoptan. Entre los adoptantes, también existe una relación positiva entre la adopción de técnicas más sofisticadas y el tamaño de la explotación. Por ende, los productores pampeanos son más propensos a adoptar los paquetes tecnológicos más sofisticados a medida que amplían la superficie agrícola cultivada.

Tabla 1
Distribución de los adoptantes según las variables clave del modo de producción

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Total
	No adopción	Adopción guiado	Adopción información	Adopción aplicación variable	
Superficie total (has)	387	833	1046	1248	989
Superficie agrícola (has)	220	305	404	967	669
Superficies alquiladas (%)	32,4	56,3	71,7	41,5	43,6
contratos a largo plazo (%)	18,8	46,7	38,1	24,0	26,1
Forma jurídica (% de empresas)	18,0	16,7	32,3	37,6	30,6
Intensidad de cultivos	0,48	0,80	0,92	0,96	0,87
Venta de prestación de servicios (% de explotaciones/empresas)	4,2	8,2	32,3	24,8	20,0
Compra de prestación de servicios (% de explotaciones/empresas)	68,9	74,2	79,2	79,9	76,6
Cantidad de observaciones	61	24	31	149	265

Encuesta IRD/CINNEA 2017-18

También existe un gradiente significativo en la intensificación de los cultivos[7] al pasar de los adoptantes a los adoptantes de tecnologías más sofisticadas. El vínculo es aún más evidente para los productores que venden servicios agrícolas. Estos últimos poseen capital fijo en equipamiento agrícola que deben utilizar intensivamente para amortizar su costo. Se observa así una discordancia entre la capacidad de trabajo de estos productores totalmente equipados y la superficie que explotan. En respuesta a ello, prestan servicios para la realización de las labores agrícolas para otras explotaciones más modestamente equipadas. Por tanto, no es sorprendente constatar que casi un tercio de los productores del Grupo 3 (adoptantes de tecnologías de recopilación de información) y un cuarto de los del Grupo 4 que disponen de los equipos más sofisticados y caros, sean también prestadores de servicios.

La literatura sugiere que la propiedad de la tierra debería favorecer una tasa de adopción más rápida de las innovaciones que requieren grandes inversiones iniciales de capital, ya que ésta amplía el horizonte de planificación de los productores y proporciona una garantía ideal en caso de recurrir al crédito (Paustian y Theuvsen, 2017). Inversamente, la falta de seguridad en la tenencia de la tierra incrementa el riesgo de la inversión en maquinaria sofisticada. Nada de esto sucede en Argentina. La tabla 1 muestra que los adoptantes de la AP poseen en propiedad una fracción mucho menor de la tierra que cultivan, en comparación con los que no la adoptan. Tomando los tres grupos de productores adoptantes, el porcentaje de superficie alquilada aumenta con la complejidad de los paquetes técnicos de la AP, mientras que disminuye para el grupo de no adoptantes. Este resultado ilustra las especificidades del modelo de agronegocio made in Argentina

(Hernández, 2007, 2009; Gras y Hernández, 2013), en el cual la lógica del negocio empuja a los productores no tanto a poseer tierras, sino más bien a privilegiar la expansión de la escala mediante el arrendamiento. También hay que señalar que la proporción de empresas cuyo objetivo es precisamente ampliar la escala de producción es mucho mayor entre los adoptantes de tecnologías sofisticadas (32% del Grupo 3 y casi 38% del Grupo 4) que entre los no adoptantes y los adoptantes de herramientas de guiado (Grupo 1 y 2 respectivamente), donde estas formas jurídicas solo representan el 18% de las unidades.

Un aspecto que relevamos en la encuesta refiere al costo de las herramientas de precisión: un tractor con sistema de guiado (orientado al conductor) costaba 180.000 dólares en 2017, y con guiado automático (sin necesidad de conductor abordo) 350.000 dólares. El precio de una sembradora equipada con distintas herramientas de gestión de insumos era de 650.000 dólares. Una cosechadora equipada con herramientas tales como un mapa de rendimiento, monitores de humedad y herramientas de guiado fue comprada por 1.200.000 dólares en 2012. Estos precios colocan muy alta la barrera de entrada mediante la compra directa, complicando a los potenciales beneficiarios de estas máquinas. En este contexto, el acceso diferencial al capital, en forma de ahorros acumulados o a través de los mercados de capitales, se convierte en un factor que afecta a las tasas de adopción de tecnologías indivisibles como la AP. Así, el rol del capital financiero como un pilar en la dinámica del modelo de agronegocios cobra toda su relevancia, complementando los préstamos vía los sistemas bancarios formales.

Por otro lado, debe considerarse el papel del mercado de servicios agrícolas en Argentina en relación al impacto de los costes de acceso a las tecnologías de precisión. La avidez por equipos cada vez más sofisticados ha consolidado la estrategia de recurrir a la contratación de las labores agrícolas por parte de las empresas que no alcanzan a amortizar la inversión en equipamiento (Hernández y Muzlera, 2016). La tabla 1 sugiere claramente una asociación positiva entre la adopción de tecnologías de precisión, en particular las más intensivas en recopilación y tratamiento de la información, y el recurso de la prestación de servicios para la ejecución de las labores agrícolas.

Las particularidades del modelo productivo argentino no son los únicos factores que explican la adopción de la AP. Otros factores, como la propensión al riesgo, el nivel de educación alcanzado o el acceso a la información, son potencialmente importantes.

CARACTERÍSTICAS, ACTITUDES Y PREFERENCIAS DE LOS ADOPTANTES

Un resultado común en la bibliografía sobre la adopción de innovaciones es que los agentes más formados tienen más probabilidades de asimilar las nuevas tecnologías (Toma et al., 2018). Para utilizar las herramientas de precisión, los productores entrevistados subrayaron que deben invertir esfuerzo en el aprendizaje de nuevas competencias: conocimientos sólidos en el uso de los sistemas de información, adaptar las tecnologías a los equipos existentes, capacitarse para interpretar los mapas de los sistemas de información geográfica, entre otros.

De la encuesta surge que las tecnologías de la AP son complicadas de aplicar: los productores señalaron interrupción de la señal GPS, mal ajuste de las herramientas de guiado (28% de los productores), fallas diversas (18% de los productores), entre otros. Según indicaron, frecuentemente la resolución de estos incidentes toma mucho tiempo ya que los proveedores de las máquinas tienen poca disponibilidad o no están cualificados para atender las consultas de los productores. Casi la mitad de las fallas se resolvieron internamente, utilizando las habilidades del productor y/o la mano de obra (familiar o no).

Dos mecanismos explican la relación entre la educación y la adopción de nuevas tecnologías (Janvry et al., 2016). Primero, el capital humano adquirido aumenta la capacidad del productor para adaptarse a nuevos acontecimientos en un entorno de riesgo. Segundo, quienes tienen mayor nivel educativo percibirán los nuevos avances como más fáciles de utilizar, ya que son capaces de interpretar y asimilar fluidamente la información facilitada por los proveedores y/o prestadores de servicios. Serán entonces más proclives a adoptar tecnologías que pueden ubicar en alguna relación de continuidad con su horizonte de sentidos dada su enculturación en el paradigma tecnocientífico propio de la formación universitaria que tuvieron.

La tabla 2 muestra que los productores de la muestra son instruidos: en promedio terminan sus estudios a los 19 años; el 38% de los encuestados poseen estudios universitarios. También observamos una relación significativa entre estos dos indicadores de educación y la adopción de AP. La proporción de titulados universitarios alcanza el 49% entre los productores del Grupo 4 (adoptantes de las tecnologías más sofisticadas), mientras que sólo el 20% de los no adoptantes (Grupo 1) han completado dicho nivel.

Por otra parte, los individuos suelen desarrollar actitudes y preferencias hacia la innovación que influyen en el proceso de adopción. Para identificarlas hemos tenido en cuenta, por un lado, la capacidad innovadora del empresario. La edad es un indicador habitual del comportamiento innovador en la mayoría de los estudios sobre adopción de tecnologías. Revela el horizonte de planificación de los agricultores, que es más corto a mayor edad, y constituye un freno para la inversión en AP. La tabla 2 parece corroborar la idea de que los jefes de la explotación o de empresa de mayor edad (60 años de media) han adoptado en menor medida las herramientas de AP que los productores del Grupo 4, de 56,6 años. Sin embargo, esta diferencia de edad entre los grupos de adoptantes, aunque estadísticamente significativa, no indica un cambio en la generación de los adoptantes ni su pertenencia a una generación cuya socialización se dio en un medio donde ya existía el acceso a internet. Por otra parte, se ha considerado el nivel de utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTICs). Un alto nivel de familiaridad con las NTICs puede entenderse como señal de una mayor capacidad de tratamiento e interpretación de los datos por parte de los productores. La tabla 2 confirma este vínculo entre AP y el uso de las NTICs: los productores que han adoptado la AP poseen más dispositivos de NTICs en la explotación y hacen un mayor uso de ellos (especialmente los que conforman el Grupo 4) que los que no la han adoptado.

Estos resultados colocan una señal de alarma respecto de los criterios canónicos (tal la edad del adoptante) como indicadores del comportamiento innovador, abriendo una interrogación acerca de las dinámicas de adopción actuales que llama a mayores esfuerzos de investigación.

Tabla 2

Características y preferencias de los adoptantes

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
	No adopción	Adopción guiado	Adopción información	Adopción aplicación variable	Total
Edad del jefe de la explotación/empresa	60,0	61,5	58,7	56,6	58,1
Formación del jefe de explotación/empresa					
Edad de finalización de los estudios	17,6	18,2	18,3	20,5	19,31
Porcentaje de titulados universitarios (%)	20,0	21,4	36,4	49,2	37,60
Conocimientos de NTIC					
Número de dispositivos que posee (móvil, tableta, PC)	3,33	4,71	4,84	6,23	5,26
Cantidad de usos (lista en anexo)	5,18	6,58	7,55	9,2	7,85
Aversión al riesgo					
Porcentaje de directivos de explotaciones/empresas con baja aversión al riesgo	39,3	41,7	48,4	51,7	47,5
Cantidad de observaciones	61	24	31	149	265

Encuesta IRD/CINNEA 2017-18

Por último, dado que los agricultores producen en un ambiente incierto (factores climáticos, de mercado, etc.), es relevante caracterizar la aversión al riesgo. Las cifras de la tabla 2 confirman la existencia de un obstáculo de "incertidumbre" para la adopción de la AP, aunque algunas de estas técnicas prometen reducir los riesgos gracias a una mejor gestión del ciclo agrícola. Los productores con mayor disposición al riesgo adoptaron más a menudo la AP, en particular sus componentes más sofisticados, que los productores menos "audaces".

LA DIFUSIÓN DE LA INNOVACIÓN Y EL ACCESO A LA INFORMACIÓN

El paradigma de la difusión de la innovación parte del supuesto de que las elecciones tecnológicas de los agricultores se basan en su nivel de información sobre las nuevas tecnologías (Bahram et al., 2014; Chavas y Nauges, 2020). Los estudios muestran que la probabilidad de adopción aumenta a medida que se incrementa el acervo de información sobre las nuevas técnicas ya que un mejor acceso a la información reduce la incertidumbre subjetiva. El principal desafío empírico consiste en medir el alcance de la información a la que están expuestos los productores. En el transcurso de la encuesta identificamos los distintos canales a través de los cuales los agricultores se informan sobre las distintas herramientas de AP. Las cifras de la tabla 3 indican la preeminencia de las ferias, conferencias y exposiciones comerciales, así como de los medios de comunicación (Internet, radio/televisión, revistas especializadas) entre las fuentes de información más citadas por los productores (39,1% y 26% de las respuestas, respectivamente). Por el contrario, están relativamente poco informados por las cooperativas y asociaciones de productores (8,6% de las respuestas) y por las instituciones estatales "INTA/Ministerio de Agricultura" (5,8% de las respuestas). En relación al círculo cercano de conocidos, esta vía de información ocupa una posición intermedia con el 18,3% de las respuestas. Además, hay poca variación en el patrón de respuestas entre los diferentes grupos de adoptantes de la AP. En cambio, el número medio de fuentes de información es mucho mayor en los dos grupos de adoptantes de tecnologías sofisticadas (Grupos 3 y 4), en comparación con los no adoptantes y los adoptantes de herramientas de guiado (Grupos 1 y 2).

En algunos estudios se sugiere que la fuerza motriz del proceso de difusión es la imitación (Marra et al., 2003; Toma et al., 2018). Aprender de los demás facilitaría la adquisición de conocimientos y, por tanto, la adopción de innovaciones en comparación con un mundo en el que uno tiene que aprender sólo de su propia experiencia. Para evaluar la posible existencia de efectos de imitación entre los productores de nuestra muestra, les preguntamos si conocían a algún usuario de AP en su círculo cercano (familia, amigos, vecinos). La tabla 3 muestra que la mayoría de los productores, incluidos los que no han adoptado la AP, conocen a los usuarios de estas herramientas.

Tabla 3
Acceso a la información

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Total
	No adopción	Adopción guiado	Adopción información	Adopción aplicación variable	
Proporción de gestores de explotaciones/empresas que conocen la AP por el uso en su entorno	85,2	67,9	73,3	79,2	78,0
Fuentes de información (% de respuestas)					
Familiares, vecinos, conocidos	22,4	13,2	14,6	18,8	18,3
Cooperativas, asociaciones de productores	10,5	13,2	7,3	8,0	8,6
Muestras, ferias y exposiciones	36,8	36,8	42,7	39,0	39,1
Medios de comunicación	26,3	26,3	32,9	27,9	28,3
INTA/Ministerio de Agricultura	3,9	10,5	2,4	6,4	5,8
Cantidad promedio de fuentes de información	1,21	1,25	2,06	2,06	1,97
explotaciones/empresas que son miembros de una asociación o cooperativa	70,5	66,7	74,2	68,5	69,4
Cantidad de observaciones	61	24	31	149	265

Encuesta IRD/CINNEA 2017-18

Los no adoptantes tienen aún más probabilidades de estar en contacto con usuarios de AP que los distintos grupos de adoptantes. Por lo tanto, los productores parecen poco influidos por un efecto de imitación o aprendizaje al observar las tecnologías de precisión utilizadas por vecinos, amigos y familiares. Una de las razones puede radicar en que la heterogeneidad de las explotaciones distorsiona la estimación de los beneficios/costos de la AP a partir de la observación de su entorno.

Por último, las organizaciones, cooperativas y asociaciones de agricultores suelen ser un importante canal de difusión de información sobre las nuevas tecnologías, ya que son lugares donde la información se transmite a través de mecanismos informales. El sector rural argentino cuenta con importantes entidades agrarias que representan a diferentes segmentos del espectro económico y político, así como asociaciones e instituciones técnicas sumamente relevante en los procesos de adopción de innovaciones. En este marco, podríamos pensar que esta constelación desempeñó un papel importante en la difusión de la AP. De hecho, según un relevamiento electrónico abierto realizado en 2013 por el INTA se observa que entre los respondientes (83% de profesionales que realizan principalmente actividades de asesoramiento, 30% de productores propietarios, 27% de productores arrendatarios y 8% de operarios) el 80% de los adoptantes de la AP “conoció la temática de la AP desde el INTA, cerca de un 35% desde las universidades y empresas, y alrededor del 20% a través de AAPRESID y AACREA” (Melchiori et al., 2013, p. 4). Esto fue confirmado por Scaramuzza et al. (2018),

quienes también encontraron que el INTA desempeñó un rol importante en la difusión e información sobre el sistema de AP. Sin embargo, los resultados de nuestra encuesta divergen respecto de esta literatura: por un lado, las cifras de la tabla 3 indican que los no adoptantes suelen ser miembros de una asociación con más frecuencia que los adoptantes. Por el otro, la información sobre la AP llegó a los grupos más activos en la adopción de tecnologías (3 y 4) a través de eventos del sector y por los medios de comunicación masivos, siendo el INTA/Ministerio de Agricultura referido en sólo el 5,8% de las respuestas[8]. En las entrevistas abiertas, los productores adoptantes (grupos 2 a 4) señalaron que buscaron información fuera de sus redes, directamente en las empresas de equipamiento agrícola presentes en la ferias y exposiciones. En este sentido, se requiere mayor investigación específica sobre el rol efectivo del INTA y de otros organismos estatales de apoyo a la innovación (Universidades, CONICET, etc.) respecto de la difusión de la AP, así como un análisis de la especificidad de las herramientas de la AP respecto de otras tecnologías centrales del modelo de agronegocios (como las semillas transgénicas, la siembra directa o los agroquímicos) cuya difusión tuvo como protagonista a las entidades técnicas del sector (Hernández, 2013; Gras y Hernández, 2016b).

PERCEPCIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA AP

En el curso de nuestra investigación, tratamos de evaluar, de manera cualitativa, los beneficios observados por los productores que adoptaron la AP. Para ello, se les preguntó sobre el ahorro de insumos y mano de obra, dos de las principales promesas de la AP, pero también sobre las condiciones laborales. Las respuestas se registraron como variables binarias, según si el productor constataba o no beneficios.

Las cifras de la tabla 4 indican que, en general, los adoptantes del Grupo 4 (tecnologías más sofisticadas) estaban más satisfechos con el rendimiento global de la AP que los demás grupos, independientemente de la ganancia considerada. La mejora de los rendimientos es un beneficio claramente valorado por el grupo 4 (casi el 60% de los que adoptaron herramientas de dosificación variable). En cuanto al ahorro de insumos (recordemos que es uno de los argumentos más citados por los promotores de la AP) fue considerado de manera diversa entre las distintas categorías de adoptantes, pero de un modo general, comparado a los otros ítems, no muestra los valores más significativos asociados al beneficio de la AP: en todos los casos (ahorro de fertilizantes, de semillas y de plaguicidas) los tres grupos de adoptantes ubicaron el ahorro de insumos como un elemento menos beneficioso (en promedio, el 35,1% de los adoptantes) que los ítems relativos al ahorro de tiempo y a la mejora en las condiciones de trabajo (en promedio, el 77,48% de los adoptantes). En cuanto al manejo de enfermedades, sólo un tercio de los encuestados señala haber logrado una respuesta más rápida ante la detección de enfermedades.

Tabla 4
Los beneficios observados de la innovación

	Adopción guiado	Adopción información	Adopción gestión	Total
Aumento de los rendimientos	29,2%	38,7%	59,1%	52,5%
Ahorro en fertilizantes	25,0%	38,7%	47,0%	43,1%
Ahorro de semillas	37,5%	51,6%	61,7%	57,4%
Ahorro de plaguicidas	33,3%	38,7%	51,7%	47,5%
Intervención más rápida en caso de enfermedad	25,0%	22,6%	36,2%	32,8%
Ahorro de tiempo de trabajo	64,5%	70,8%	71,8%	70,6%
Amplitud de los horarios de trabajo	58,3%	71,0%	80,5%	76,5%
Mejores condiciones de trabajo	66,7%	74,2%	93,3%	87,3%
Menos estrés en el trabajo	50,0%	54,8%	71,8%	66,7%
Simplificación del trabajo	87,5%	67,7%	89,9%	86,3%
Ahorro en salarios	41,7%	41,9%	56,4%	52,5%

Encuesta IRD/CINNEA 2017-18

Para los productores, los cambios inducidos por la AP mejoran la organización de la producción porque crean un nuevo marco temporal en el cual los trabajos que antes llevaban mucho tiempo se vuelven más rápidos (el 70,6% ha observado un ahorro en el tiempo de trabajo). Otro efecto sustancial de la AP es la simplificación del trabajo gracias al monitoreo automático del proceso de producción que dispensa del elevado número de visitas necesarias para un buen control de la parcela y del ciclo de cultivo. Como resultado, el estrés en el trabajo (tanto físico como psicológico) se reduce para casi el 67% de los productores.

Por último, la adopción de la AP es signficada como beneficiosa por el ahorro salarial, señalado por el 52,5% de los encuestados, con diferencia de casi 10 puntos porcentuales entre los grupos 2 y 3 respecto del 4. Esta diferencia se explica por el cambio cualitativo de la demanda de mano de obra: la AP interviene en un modelo de producción de tecnología intensiva que tiende a eliminar las tareas rutinarias realizadas por trabajadores agrícolas no cualificados. Tal como lo señalaron estudios previos sobre la AP en Argentina (Melchiori et al., 2013; Schiaffino, 2020), las herramientas más recientes (que implican mayor procesamiento de datos) requieren una capacitación más específica para su uso que las primeras (como el GPS, banderillero satelital, etc.). Las competencias necesarias para controlar el proceso de producción son tales que los productores recurren cada vez más a empleados con competencias para realizar tareas de análisis e interpretación de datos, manejo y estrategia productiva. Así pues, la AP ha tendido a sustituir los empleos no cualificados por empleos cualificados, con efectos desiguales en la masa salarial. El impacto sobre el empleo y las condiciones de trabajo es una dimensión central en la adopción de la AP que requiere más investigaciones. De un modo general, los trabajadores del sector agrícola se enfrentan a condiciones de trabajo difíciles porque están más expuestos que sus homólogos de otros sectores de actividad a fuertes limitaciones horarias, de organización de su tiempo de trabajo y físicas (limitaciones posturales y articulares, contaminación térmica o acústica, manipulación de cargas pesadas). Por otro lado, como expresamos más arriba, el modelo de agronegocios llevó a un desdoblamiento de las tareas de producción/gestión y de las figuras del productor/propietario de la tierra/inversor/etc., haciendo que no necesariamente quien asume las tareas laborales en la explotación sea quien toma la decisión de adoptar las nuevas tecnologías involucradas en la AP. Por lo tanto, si bien esta última proporciona una ventaja relativa en el proceso agrícola (ya que alivia las pesadas exigencias de las tareas cotidianas) es necesario integrar esta observación en una reflexión más amplia sobre la lógica de acumulación del modelo de agronegocios y la reorganización del mercado de trabajo agrario, con el acento

que indicamos más arriba respecto del perfil cada vez más especializado de la mano de obra contratada en las empresas que adoptan la AP. Un aspecto señalado en esta línea por Schiaffino (2020) refiere a las consecuencias que tiene la desigual distribución de las herramientas de la AP entre los productores ya que no se puede completar el proceso de adopción (fundamentalmente debido a su costo). Esta situación ha sido subrayada por los encuestados de nuestro relevamiento aduciendo el acceso aleatorio al crédito, así como en las entrevistas abiertas, donde se señaló que esta discontinuidad en la adopción de tecnologías de la AP produce “baches” que terminan afectando la organización de la producción a lo largo de los años. Por último, la falta de una política específica para asegurar un acompañamiento a las empresas medianas y pequeñas fue otro factor crítico señalado por los productores.

REFLEXIONES FINALES: AP Y SUSTENTABILIDAD

El modelo de agronegocios que impulsa la producción de los cultivos de exportación en Argentina genera tensiones entre, por un lado, los beneficios económicos (para los componentes del sector productivo asociados a este modelo y para el estado vía las retenciones), y por el otro, los impactos sociales (mercado laboral, acaparamiento de la tierra, etc.) y los daños medioambientales (uso masivo de productos fitosanitarios, deforestación, etc.). La AP es presentada como una innovación capaz de dar respuesta a algunas de dichas tensiones, como la rentabilidad de la producción y la protección del medio ambiente (Villarroel et al., 2020). Nuestro trabajo ilumina diferentes perfiles de adoptantes, presta atención a los factores institucionales y al modo en que la AP se vincula con dinámicas del agronegocio en el caso argentino. En dicho contexto, no es sorprendente que el tamaño de las explotaciones esté estrechamente relacionado con la adopción de la mayoría de las herramientas y tecnologías de precisión. Asimismo, el desarrollo de las empresas prestadoras de servicios, componente esencial del modelo hegemónico de producción argentino, ha contribuido en gran medida a la difusión del uso de estas tecnologías. Por último, las decisiones tecnológicas parecen haberse guiado más por la información obtenida en eventos sociales de relevancia, como ferias y exposiciones, en las que están presentes los proveedores de insumos, que por las redes habituales de agricultores y asociaciones del sector. Esto señala el rol de las estrategias de marketing del complejo agro-industrial argentino como facilitadoras del acceso de los productores a las tecnologías de precisión. De este modo, el mercado sería el árbitro central del proceso de expansión de la AP, relegando otros criterios (ambientales y sociales) como factores importantes de la ecuación en términos de un modelo de desarrollo sustentable[9].

En cuanto a las características personales de los productores, los resultados coinciden en su mayoría con los de estudios anteriores, y son coherentes con las teorías de la adopción. La educación juega un papel significativo a la hora de tomar la decisión de integrar nuevas tecnologías y en la capacidad de procesar la nueva información para desarrollar estrategias de negocios acordes con la inversión. La decisión de adopción también depende en gran medida de las preferencias de riesgo de los productores. La innovación constituida por la adopción de herramientas de precisión se inscribe en la redefinición del contenido mismo de la profesión de productor inducida por el modelo de agronegocios: centrado anteriormente en las actividades productivas, el empresario desempeña ahora fundamentalmente funciones de gestión del negocio, coordinando los distintos eslabones de la cadena y logrando apropiarse de la potencia de los algoritmos para imaginar negocios que combinen las condiciones biofísicas, el proceso de producción y el análisis de big data. Finalmente, el modelo de desarrollo agropecuario que se implementó en Argentina en la década de 1990 estuvo sin duda acompañado de una erosión en el número de trabajadores agrarios (Phélinas y Choumert,

2017) que la adopción de la AP contribuyó a acelerar. Para quienes quedaron “dentro” del sector, la adopción de las herramientas de precisión supuso una mejora de las condiciones de trabajo de los empresarios: ahorro de tiempo, liberación de tareas físicamente exigentes y reducción del estrés. En suma, la AP refuerza la lógica de acumulación que combina la organización de la producción en redes, el cultivo de la tierra a gran escala, el capital financiero y el uso de paquetes tecnológicos, ahorradores de mano de obra, provistos por empresas multinacionales.

Estudios como el que hemos restituido en este artículo colaboran en la tarea de complejizar el análisis de la AP, así como en plantear preguntas mejor informadas sobre la relación entre la adopción de la agricultura 4.0 (Lavarello et al., 2019) y la promesa de una agricultura sustentable. Según un informe del INTA realizado en ocasión de los 25 años de políticas públicas de apoyo a la AP, se estimaba que la incorporación de tecnología a la maquinaria agrícola se vería 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.” (Villaruel et al., 2020, p. 2) Estas previsiones anunciaban un futuro prometedor para la AP que se vio relativizado por la crisis en la que entró la economía mundial debido a la situación de pandemia por Covid-19. Resulta entonces relevante para los estudios agrarios interrogar las diferentes dimensiones involucradas en el principal modelo de acumulación que adoptan las potencias agrarias sudamericanas y su contribución a la crisis socio-ambiental (Gras y Hernández, 2021; Ministerio de Salud, 2007).

Una pista de particular interés refiere, justamente, a la promesa de sustentabilidad que legitima el avance de la AP, tal como plantean agentes referentes del sector[10] en un documento elaborado conjuntamente:

La evidencia científica muestra que determinadas prácticas (como la siembra directa), determinados procesos (rotaciones equilibradas, incorporación de cultivos de servicio), las tecnologías de precisión aplicadas a la agricultura y la mirada de sistema (manejo integrado de malezas y plagas), permiten hacer un uso más eficiente de los recursos e incluso capturar carbono en el suelo bajo ciertos manejos y ambientes. También implican una mejora para las comunidades (servicios ecosistémicos, mitigación del cambio climático y relaciones con la sociedad) y son rentables. Este proceso de mejora continua hace más de 40 años con la llamada Revolución Verde y se refleja en todas las dimensiones de la sostenibilidad. (AAPRESID, AACREA y GPS, 2021, p. 14)

A primera vista, la evolución exponencial del consumo de agroquímicos en Argentina (Montoya et al., 2022) no parece corroborar la idea según la cual la expansión del proceso de adopción de la AP iría de la mano con la reducción de la aplicación de dichos productos. Se requiere profundizar en el análisis de esta correlación para identificar las especificidades del caso argentino en relación a las dinámicas de adopción de la AP que se han dado en otros contextos, su vínculo con el marco normativo nacional y con las capacidades y características de los actores del sector agropecuario local. En este proceso de contextualización es fundamental no desligar el análisis de las herramientas que componen la AP de otras dimensiones, tales como las condiciones de acceso a la tierra, las políticas de distribución de la renta agraria o los programas de desarrollo del sistema nacional de innovación, entre otras.

Bibliografía

- AAPRESID, AACREA y GPS. (2021). *Evolución de la agricultura extensiva de Argentina hacia un sistema productivo sostenible*. <https://grupogpps.org/wp-content/uploads/2021/08/Descripcion-de-la-agricultura-Argentina-AACREA-AAPRESID.pdf>
- Adrian, A. M., Norwood, S. H. y Mask, P. L. (2005). Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies. *Computers and electronics in agriculture*, 48(3), 256-271.
- Andrade, F. (Comp.) (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. Ediciones INTA.
- Aubert, B. A., Schroeder, A. y Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision support systems*, 54(1), 510-520.
- Bahram, B. L., Chavas, J. P., Fitz, D., Salas, V. R. y Schechter, L. (2014). The roles of risk and ambiguity in technology adoption. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 97, 204-218.
- Balafoutis, A., Beck, B., Fountas, S., Vangeyte, J., Wal, T. V. D., Soto, I. y Eory, V. (2017). Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*, 9(8), 1339.
- Barnes, A. P., Soto, I., Eory, V., Beck, B., Balafoutis, A., Sánchez, B. y Gómez-Barbero, M. (2019). Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. *Land use policy*, 80, 163-174.
- Bragachini, M., Méndez, A. y Vélez, J. P. (2011). *Argentina, un referente mundial en tecnología de Agricultura de Precisión*. INTA EEA Manfredi.
- Chavas, J. P. y Nauges, C. (2020). Uncertainty, learning, and technology adoption in agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(1), 42-53.
- de Oca Munguia, O. M. y Llewellyn, R. (2020). The adopters versus the technology: which matters more when predicting or explaining adoption?. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(1), 80-91.
- EU SCAR. (2012). *Agricultural Knowledge and Innovation Systems in Transition. A reflection paper*. https://scar-europe.org/images/AKIS/Documents/AKIS_reflection_paper.pdf
- FAO (2017). *The future of food and agriculture*. <http://www.fao.org/3/a-i6644e.pdf>
- Feder, G., Just, R. E. y Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic development and cultural change*, 33(2), 255-298.
- Foster, A. D. y Rosenzweig, M. R. (2010). Microeconomics of technology adoption. *Annual Review of Economics*, 2(1), 395-424.
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G. y Bloomer, P. (2013). Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science*, 341, 33-34.
- Gebbers, R. y Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828-831.
- Godwin, R. J., Richards, T. E., Wood, G. A., Welsh, J. P. y Knight, S. M. (2003). An economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production. *Biosystems Engineering*, 84(4), 533-545.

- Gómez-Roca, S. (2022). Determinantes de la difusión tecnológica en el sector agrícola argentino. El caso de la agricultura de precisión. *Cuyonomics*, 6(10), 35-54
- Gorenstein, S., Napal, M. y Barbero, A. (2009). Desafíos del desarrollo rural en Argentina: una lectura desde un territorio de la pampa húmeda. *Economía, Sociedad y Territorio*, 9(29), 119-143.
- Gras, C. y Hernández, V. (Coords.). (2009). *La Argentina rural. De la agricultura familiar a los agronegocios*. Biblos.
- Gras, C. y Hernández, V. (Coords.). (2013). *El agro como negocio. Producción, sociedad y territorios en la globalización*. Biblos.
- Gras, C. y Hernández, V. (2014). Agribusiness and large-scale farming: capitalist globalisation in Argentine agriculture, *Canadian Journal of Development Studies / Revue canadienne d'études du développement*, 35(3), 339-357, DOI: 10.1080/02255189.2014.933702.
- Gras, C. y Hernández, V. (2016a). Hegemony, Technological Innovation and Corporate Identities: 50 Years of Agricultural Revolutions in Argentina. *Journal of Agrarian Change*, 16(4), 675-683.
- Gras, C. y Hernández, V. (2016b). *Radiografía del nuevo campo argentino. Del terrateniente al empresario transnacional*. Siglo XXI.
- Gras, C. y Hernández, V. (2021). Global agri-food chains in times of COVID-19: The state, agribusiness, and agroecology in Argentina. *Journal of Agrarian Change*, 21(3), 629-637.
- Hernández, V. y Muzlera, J. (2016). El contratismo y su integración al modelo de agronegocios: producción y servicios en la región pampeana. *Mundo Agrario*, 17(34), e005.
- Hernández, V. (2007). El fenómeno económico y cultural del boom de la soja y el empresariado innovador. *Desarrollo Económico*, 47(187), 331-365.
- Hernández, V. (2009). La ruralidad globalizada y el paradigma del agronegocio en las pampas gringas en C. Gras y V. Hernández (Coords.), *La Argentina rural. De la agricultura familiar a los agronegocios*, (pp. 15-37). Biblos.
- Hernández, V. (2013). Genealogía de una elite rural: elucidación antropológica de una práctica de poder. *Mundo Agrario*, 13(26), 2-39.
- Janvry, A., Macours, K. y Sadoulet, E. (2016). *Learning for adopting: Technology adoption in developing country agriculture*. Ferdi.
- Lachman, J. y López, A. F. (2018). Nuevas oportunidades y desafíos productivos en la Argentina: Resultados de la Primera Encuesta Nacional a Empresas de Agricultura y Ganadería de Precisión. *Documentos De Trabajo Del Instituto Interdisciplinario De Economía Política*, 38.
- Lapegna, P. (2014). Etnografía global y cultivos transgénicos en Argentina. *Journal of Contemporary Ethnography*, 43(2), 202-227. <https://doi.org/10.1177/0891241613516629>
- Lavarello, P., Bil, D., Vidosa, R. y Langard, F. (2019). Reconfiguración del oligopolio mundial y cambio tecnológico frente a la agricultura 4.0: implicancias para la trayectoria de la maquinaria agrícola en Argentina. *Ciclos*, XXVI(53), 163-193.
- Liu, T., Bruins, R. J. y Heberling, M. T. (2018). Factors influencing farmers' adoption of best management practices: A review and synthesis. *Sustainability*, 10(2), 432.

- Macours, K. (2019). Farmers' demand and the traits and diffusion of agricultural innovations in developing countries. *Annual Review of Resource Economics*, 11, 483-499.
- Marra, M., Pannell, D. J. y Ghadim, A. A. (2003). The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve?. *Agricultural systems*, 75(2-3), 215-234.
- Melchiori, R. J. M., Albarenque, S. M. y Kemerer, A. C. (2013). *Uso, adopción y limitaciones de la agricultura de precisión en Argentina*. INTA. <http://inta.gov.ar/documentos/uso-adopcion-y-limitaciones-de-la-agricultura-deprecision-en-argentina/>
- Ministerio de Salud. (2007). *La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta y el ambiente*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, OPS y AAMMA.
- Montoya, J., López, S. N., Salvagiotti, F., Mitidieri, M., Cid, R., Sasal, C., Martens, S., Carrancio, L., Aparicio, V., Acciaresi, H., Papa, J. C., Vigna, M., Volante, J., Irurueta, M. y Trumper, E. (2022). *Los productos fitosanitarios en los sistemas productivos de la Argentina. Una mirada desde el INTA*. Ediciones INTA.
- Paustian, M. y Theuvsen, L. (2017). Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. *Precision agriculture*, 18(5), 701-716.
- Pengue, W. A. (2005). Transgenic crops in Argentina: The ecological and social debt. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25(4), 314-322.
- Peshin, R., Bano, F. y Kumar, R. (2019). Diffusion and adoption: factors impacting adoption of sustainable agricultural practices en R. Peshin y A. K. Dhawan (Eds.), *Natural Resource Management: Ecological Perspectives* (pp. 235-253). Springer.
- Phélinas, P. y Choumert, J. (2017). Is GM Soybean cultivation in Argentina sustainable? *World Development*, 99, 452-462.
- Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E. y Canavari, M. (2013). Drivers of precision agriculture technologies adoption: a literature review. *Procedia Technology*, 8, 61-69.
- Robertson, M. J., Llewellyn, R. S., Mandel, R., Lawes, R., Bramley, R. G. V., Swift, L. y O'Callaghan, C. (2012). Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: status, issues and prospects. *Precision agriculture*, 13(2), 181-199.
- Rogers, E. M., Singhal, A. y Quinlan, M. M. (2014). Diffusion of Innovations en D. W. Stacks y M. B. Salwen (Eds.), *An Integrated Approach to Communication Theory and Research* (pp. 432-448). Routledge.
- Roussy, C., Ridier, A. y Chaïb, K. (2015). *Adoption d'innovations par les agriculteurs: rôle des perceptions et des préférences*. INRA.
- Ruzzante, S., Labarta, R. y Bilton, A. (2021). Adoption of agricultural technology in the developing world: A meta-analysis of the empirical literature. *World Development*, 146, 105599.
- Santos Valle, S. y Kienzle, J. (2021). *Agriculture 4.0. Robotique agricole et matériel automatisé au service d'une production agricole durable*. FAO.
- Scaramuzza, F., Vélez, J. P., Villarroel, D., Melchiori, R. y Bragachini, M. (2018). *El rol estratégico del INTA en los aportes de la Agricultura y Ganadería de Precisión Argentina*. INTA. <https://inta.gov.ar/documentos/los-aportes-del-inta-en-agricultura-y-ganaderia-de-precision-tienen-un-retorno-de-650-millones-de-us-para-el-pais>

- Schiaffino, G. N. (2020). Fenómeno técnico y modernización del campo en el área concentrada de Argentina: las empresas de agricultura de precisión. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, (28), 058. DOI: <https://doi.org/10.37838/unicen/est.28-058>
- Schimmelpfennig, D. (2018). Crop production costs, profits, and ecosystem stewardship with precision agriculture. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 50(1), 81-103.
- Silva, C. B., de Moraes, M. A. F. D. y Molin, J. P. (2011). Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. *Precision agriculture*, 12(1), 67-81. DOI 10.1007/s11119-009-9155-8
- Stanley, T. D. (2001). Wheat from chaff: Meta-analysis as quantitative literature review. *Journal of economic perspectives*, 15(3), 131-150.
- Talebpour, B., Türker, U. y Yegül, U. (2015). The role of precision agriculture in the promotion of food security. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 4(1).
- Toma, L., Barnes, A. P., Sutherland, L. A., Thomson, S., Burnett, F. y Mathews, K. (2018). Impact of information transfer on farmers' uptake of innovative crop technologies: a structural equation model applied to survey data. *The Journal of Technology Transfer*, 43(4), 864-881.
- Ugochukwu, A. I. y Phillips, P. W. (2018). Technology adoption by agricultural producers: a review of the literature en N. Kalaitzandonakes, E. G. Carayannis, E. Grigoroudis y S. Rozakis (Eds.), *From agriscience to agribusiness* (pp. 361-377). Springer.
- Villarroel, D., Scaramuzza, F. y Melchiori, R. (2020). *Estimación de la evolución en la adopción de componentes de Agricultura de Precisión de cara al inicio de una década de Agricultura digitalizada*. INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/9513>
- Yost, M. A., Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Massey, R. E., Sadler, E. J., Drummond, S. T. y Volkmann, M. R. (2019). A long-term precision agriculture system sustains grain profitability. *Precision agriculture*, 20(6), 1177-1198.

ANEXO 1

TAMAÑO DE LAS EXPLORACIONES SEGÚN LA SUBREGIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

	Tamaño medio de las EPA	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Número de observaciones
Centro	1540	198	9000	2517,05	12
Centro Este	936	34	6500	1348,88	29
Norte	516	8	3350	564,88	120
Noroeste	1592	100	15500	3090,83	43

NOTAS

- [1] Pascale Phélinas, Instituto de Investigación para el Desarrollo, Centro de Estudios e Investigación sobre el Desarrollo Internacional (CERDI), Clermont-Ferrand, France. Pascale.phelinas@ird.fr
- [2] Valeria A. Hernández, Instituto de Investigación para el Desarrollo, Centro de Estudios en Ciencias Sociales de los Mundos Africanos, Americanos y Asiáticos (CESSMA), Paris, France. Valeria.Hernandez@ird.fr
- [3] La pampa húmeda es una subregión de 600 000 km² caracterizada por tener un régimen pluviométrico superior a la isohieta de 500 mm/año. Abarca casi toda la provincia de Buenos Aires, el centro-sur de Santa Fe, el sector meridional y centro-oriental de Córdoba, el tercio oriental de La Pampa y una pequeña franja sur oriental de Entre Ríos.
- [4] En total se realizaron 11 entrevistas, cuya duración varió entre una hora y casi tres horas: 8 productores (2 de cada grupo de la tipología presentada en este artículo), 2 técnicos/expertos de AP, 1 Ingeniero agrónomo con responsabilidad en la política pública del sector agropecuario (nivel nacional). Dado que se trató de entrevistas abiertas, el disparador del diálogo fue la explicitación de nuestra voluntad de comprender las razones de la adopción de la AP, dejando total libertad para ordenar/valorar los factores que intervinieron en la producción narrativa del entrevistado/a.
- [5] <https://www.untref.edu.ar/instituto/cinea-centro-de-investigaciones-en-estadistica-aplicada>. La CINEA también recopiló información durante la investigación de campo para este estudio.
- [6] Hemos colocado en el anexo la tabla que resume las estadísticas descriptivas habituales (media, desviación estándar, mínimo, máximo) del tamaño de las explotaciones según la subregión.
- [7] La intensidad de cultivo mide el número de veces que se cultiva la misma parcela física de tierra durante un ciclo agrícola.
- [8] Sin embargo, este resultado requiere un análisis complementario sobre el rol del INTA y otros organismos estatales ya que es posible que los encuestados hayan considerado uno de los espacios centrales organizados por el INTA para la difusión de la AP (esto es, el “Curso de agricultura de precisión”) como integrado en la opción “Muestras, ferias y exposiciones” y no en la opción “INTA/Ministerio de Agricultura”. Agradecemos por esta atinada observación a uno/a de los revisores de este artículo.
- [9] Por razones de espacio, hemos dejado para un segundo artículo en curso de elaboración el análisis de este aspecto.
- [10] La Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), la Asociación Argentina de Consorcios Rurales de Experimentación Agrícola (AACREA) y el Grupo de Países productores del Sur (GPS).

AmeliCA

Disponible en:

<https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/181/1815236001/1815236001.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en portal.amelica.org

AmeliCA

Ciencia Abierta para el Bien Común

Pascale Phélinas, Valeria A. Hernández

Perfil empresarial y agricultura de precisión en la pampa argentina: el caso de la Provincia de Buenos Aires
Entrepreneurial profile and precision agriculture in the Argentinean pampas: the Province of Buenos Aires case
Perfil emprendedor e agricultura de precisão nos pampas argentinos: o caso da Província de Buenos Aires

Estudios Rurales. Publicación del Centro de Estudios de la Argentina Rural

vol. 15, núm. 31, 2025

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina

estudiosrurales@unq.edu.ar

ISSN: 2250-4001

DOI: <https://doi.org/10.48160/22504001er31.555>