

Schling, Maja; Pazos, Nicolás

## Working Paper

# El impacto de subsidios inteligentes en la producción agrícola: Evidencia innovadora de Argentina utilizando datos de encuesta y de teledetección

IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-01358

## Provided in Cooperation with:

Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC

*Suggested Citation:* Schling, Maja; Pazos, Nicolás (2022) : El impacto de subsidios inteligentes en la producción agrícola: Evidencia innovadora de Argentina utilizando datos de encuesta y de teledetección, IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-01358, Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC,  
<https://doi.org/10.18235/0004352>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/290031>

### Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

### Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>

DOCUMENTO DE TRABAJO DEL BID N° IDB-WP- 01358

# El Impacto de Subsidios Inteligentes en la Producción Agrícola: Evidencia Innovadora de Argentina Utilizando Datos de Encuesta y de Teledetección

Maja Schling  
Nicolás Pazos



# BID

Banco Interamericano  
de Desarrollo

## El Impacto de Subsidios Inteligentes en la Producción Agrícola: Evidencia Innovadora de Argentina Utilizando Datos de Encuesta y de Teledetección

Maja Schling  
Nicolás Pazos

Banco Interamericano de Desarrollo  
División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres

Julio 2022

**Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Schling, Maja.

El impacto de subsidios inteligentes en la producción agrícola: evidencia innovadora de Argentina utilizando datos de encuesta y de teledetección / Maja Schling, Nicolás Pazos.

p. cm. — (Documento de trabajo del BID ; 1358)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Agricultural innovations-Argentina-Evaluation. 2. Farms, Small-Technological innovations-Argentina-Evaluation. 3. Family farms-Technological innovations-Argentina-Evaluation. 4. Subsidies-Argentina-Evaluation. 5. Geographic information systems-Argentina. I. Pazos, Nicolás. II. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. III. Título. IV. Serie.

IDB-WP-1358

Códigos JEL: H43, O12, O13, Q12, Q16

Palabras claves: Adopción de Tecnologías, Productividad, Teledetección, Evaluación de Impacto, Argentina

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Después de un proceso de revisión por pares, y con el consentimiento previo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), una versión revisada de esta obra puede reproducirse en cualquier revista académica, incluyendo aquellas indizadas en EconLit de la Asociación Americana de Economía, siempre y cuando se reconozca la autoría del Banco y el autor o autores del documento no hayan percibido remuneración alguna derivada de la publicación. Por lo tanto, la restricción para recibir ingresos de dicha publicación sólo se extenderá al autor(s) de la publicación. Con respecto a dicha restricción, en caso de cualquier incompatibilidad entre la licencia Creative Commons IGO 3.0 Atribución-No comercial - NoDerivatives y estas declaraciones, prevalecerán estas últimas.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



# **El impacto de subsidios inteligentes en la producción agrícola: Evidencia innovadora de Argentina utilizando datos de encuesta y de teledetección**

Maja Schling, Nicolás Pazos

2022

## **Abstracto**

Este estudio evalúa el impacto del Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar (PRODAF), un proyecto de subsidios inteligentes que benefició al estrato de agricultores familiares en el noreste de Argentina. La evaluación aprovecha dos fuentes complementarias de datos. La primera es una encuesta de hogares agrícolas con una muestra de 898 productores (534 tratados y 364 control) después de la finalización del proyecto. La segunda utiliza la georreferenciación de las parcelas para medir los rendimientos agrícolas con datos satelitales para una submuestra de 195 productores durante un periodo de 10 años. Utilizando la metodología de *Inverse Probability Weighting*, encontramos que el PRODAF aumentó la tasa de adopción de tecnologías en 21 puntos porcentuales, e incrementó el acceso a crédito en 47 puntos porcentuales. Superar estas barreras permitió a los productores beneficiarios aumentar el valor de sus ventas e ingresos netos, aunque los impactos fueron dispares entre las cuatro cadenas priorizadas. En cambio, el análisis solo detectó un impacto significativo en los rendimientos para la cadena citrícola, lo cual potencialmente se debe al tipo de tecnología adoptada en esta cadena. Por último, construimos el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para aproximar la productividad en las cadenas algodonera y citrícola. Aplicando el método de *Event Study*, confirmamos que la adopción de tecnologías es un proceso complejo que solo desarrolla su impacto completo sobre los rendimientos entre el segundo y tercer año post-tratamiento. Además, confirmamos que el uso de datos satelitales es una herramienta efectiva que estima cambios en los rendimientos con precisión y puede servir para monitorear y evaluar este tipo de intervención de forma contemporánea y a bajo costo.

**Clasificaciones JEL:** H43, O12, O13, Q12, Q16

**Palabras Clave:** Adopción de Tecnologías, Productividad, Teledetección, Evaluación de Impacto, Argentina

## **Agradecimientos**

Queremos agradecer a Viviana Alva Hart y Joseph Milewski por sus contribuciones a la revisión e implementación del plan de evaluación del programa. También agradecemos a Alejandro Galetto por su constante apoyo, de cerca y en el terreno, de toda la recopilación de datos. Agradecemos al equipo de la Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Específicos (DIPROSE) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGYP) por apoyar la recopilación de datos y brindar conocimiento institucional y específico del proyecto.

## 1 Introducción

En los últimos 30 años, el sector agropecuario en América Latina y el Caribe (ALC) ha crecido a un ritmo sin precedentes. La región representa una proporción mayor de la producción agrícola global que la de la Unión Europea, o Estados Unidos y Canadá, y hoy en día lidera el mundo como mayor exportador neto de alimentos (Morris et al., 2020). En 20 países de la región, el sector agropecuario representa más del 5% del PIB y emplea más del 14% de la fuerza laboral de la región (OCDE & FAO, 2019). Aun así, se prevé que la población de ALC crecerá de unos 625 millones en 2010 a unos 720 millones en 2030, lo que implicará un aumento considerable de la demanda de alimentos, especialmente aquellos de origen animal (Naciones Unidas, 2015). Actualmente, la agricultura ya utiliza más de un tercio de la superficie y consume casi el 75% de los recursos de agua dulce de la región (Morris et al., 2020). Al mismo tiempo, las consecuencias del cambio climático ejercen una presión adicional sobre los recursos críticos como el agua, reduciendo tanto el rendimiento agrícola como la productividad pecuaria, y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Para poder abastecer la creciente demanda de alimentos, con recursos naturales cada vez más limitados, la agricultura en la región debe incrementar su producción sin expandir la frontera agrícola y de forma ambientalmente sostenible.

A pesar de que la agricultura comercial en la región domina una parte importante de la producción, más del 50% de los alimentos en ALC son producidos por agricultores familiares (Duff & Padilla, 2015). Las estimaciones varían, pero la región concentra entre 15 y 21 millones de agricultores familiares, cuya producción es caracterizada por el uso intensivo de la mano de obra, por contar con una superficie cultivada limitada y por estar muchas veces orientada hacia la subsistencia (Morris et al., 2020). Además, los pequeños agricultores enfrentan retos socioeconómicos importantes: el 48% de la población rural de la región experimentó pobreza o pobreza extrema en el 2016, y un 39% se encontró en estado de inseguridad alimentaria en el 2021 (CEPAL, 2018; Salazar, 2021a). Por tanto, para poder lograr el objetivo de abastecer la demanda de alimentos en el futuro y asegurar la seguridad alimentaria de los más pobres en la región, es imprescindible aumentar la productividad agrícola entre esta población de agricultores.

En este contexto, una de las claves para incrementar los rendimientos y reducir la pobreza de los pequeños productores es la adopción de tecnologías agropecuarias más eficientes y sostenibles. Sin embargo, los agricultores familiares suelen enfrentar barreras importantes que inhiben el acceso y la incorporación exitosa de nuevas tecnologías y prácticas. Entre estas barreras se encuentran la falta de información y acceso a asistencia técnica, que limita el conocimiento sobre la idoneidad y la eficacia de tecnologías, y el limitado acceso a recursos financieros (Carletto et al., 2007; Foster & Rosenzweig, 2011). Dado que la presencia de tales fallas de mercado resulta en una tasa subóptima de adopción de tecnologías modernas, se considera que la prestación de servicios de extensión agrícola y de apoyo financiero es un bien público que contribuye de forma importante al crecimiento productivo del sector (Fuglie & Rada, 2013; Ragasa et al., 2012).

En los últimos años, la provisión de subsidios inteligentes ha surgido como un instrumento de política pública relevante para abordar el reto dual de acceso limitado a conocimiento y liquidez (BID, 2019; Rehman et al., 2017). En general, un subsidio inteligente combina la provisión de un crédito financiero condicionado a la compra de ciertos insumos o equipos agrícolas con la asistencia técnica necesaria para facilitar a los productores beneficiarios la adopción de una nueva tecnología. La evidencia de varios estudios realizados en ALC confirma que esta herramienta aumenta la tasa de adopción de tecnologías de forma significativa y además

contribuye al aumento de la productividad y los ingresos (Cerdán-Infantes et al., 2008; Bravo-Ureta et al., 2011; Salazar & Lopez, 2017). Cabe resaltar que una mayoría de los estudios solo detecta efectos significativos sobre los rendimientos en el mediano a largo plazo, es decir, varios años después de la intervención, lo cual resalta el complejo proceso de reconfiguración de los componentes sociales y técnicos de un sistema productivo (Glover et al., 2019).

Para entender mejor el impacto dinámico de los subsidios inteligentes en los sistemas productivos de los pequeños productores en la región, tanto los elaboradores de políticas como los investigadores resaltan la necesidad de monitorear y evaluar el desempeño de estas intervenciones de forma rigurosa. Si bien la estrategia convencional es la aplicación de encuestas en campo, la teledetección mediante imágenes satelitales es una herramienta innovadora y cada vez más costo-efectiva para evaluar proyectos agrícolas. A pesar de que las imágenes satelitales presentan una opción de bajo costo para medir cambios en el uso de suelo y la salud de los cultivos a altos niveles de resolución espacial y temporal, la literatura que aprovecha de esta fuente de datos en el contexto de evaluaciones de impacto sigue siendo limitada (Kubitza et al., 2020).

El presente estudio pretende contribuir a la literatura de las siguientes dos formas: Primero, se presenta una evaluación de impacto rigurosa que emplea una metodología cuasi-experimental para analizar los impactos de un proyecto de subsidios inteligentes en el sector de agricultura familiar en Argentina. El “Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar” (PRODAF) fue implementado en el noreste del país entre 2013 y 2019, y benefició a más de 2.000 agricultores familiares mediante la provisión de un aporte financiero no reembolsable y asistencia técnica para la adopción de tecnologías consideradas eficientes y ambientalmente sostenibles. Dado que esta combinación de beneficios fue considerada como proyecto piloto en el país, resulta sumamente importante la realización de una evaluación rigurosa que revele los impactos productivos y económicos del programa. Con base en una encuesta de hogares agropecuarios recopilados en el 2021 de 534 productores beneficiarios y 364 productores no beneficiarios comparables, el análisis utiliza la metodología de *Inverse Probability Weighting* (IPW) para estimar el impacto del PRODAF sobre la tasa de adopción y del acceso a crédito, los gastos en los insumos a la producción, la productividad y los ingresos. Si bien los impactos varían según cadena productiva, los efectos son generalmente positivos, demostrando mejoras significativas en las ventas, los ingresos y la productividad.

Segundo, nuestro estudio presenta un análisis complementario que aprovecha un panel longitudinal de datos satelitales para medir el rendimiento agrícola mediante el *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada* (NDVI por sus siglas en inglés), para dos de las cuatro cadenas priorizadas por el PRODAF. Según nuestro conocimiento, este análisis es uno de los primeros que utiliza datos de teledetección para estimar el impacto de un proyecto agrícola sobre los rendimientos productivos, complementando el trabajo de Ortiz-Monasterio y Lobell (2007), Bellora et al. (2017), y Salazar et al. (2021b). Utilizando la metodología de *Event Study*, los datos permiten examinar la dinámica temporal entre la provisión de la tecnología y la realización de los impactos productivos. Los resultados confirman que los efectos completos sobre la productividad solo se manifiestan entre dos y tres años después de la intervención. Además, la aplicación paralela de los dos análisis hace posible confirmar que las imágenes satelitales permiten estimar cambios en los rendimientos con precisión, dado que las estimaciones realizadas con las metodologías IPW y Event Study resultan altamente comparables en términos de significancia y dirección.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: La Sección 2 hace un recuento de la evidencia empírica. La Sección 3 brinda información sobre el programa PRODAF y la situación de la agricultura familiar en Argentina. La Sección 4 describe la estrategia de identificación. La Sección 5 describe los datos utilizados y cómo fueron obtenidos. La Sección 6 detalla ambas estrategias empíricas, y la Sección 7 muestra los resultados. Las conclusiones se encuentran en la Sección 8.

## **2 Evidencia Empírica**

En Argentina como en otros países de la región y del mundo, la agricultura familiar enfrenta barreras importantes que inhiben la adopción de tecnologías más eficientes que podrían contribuir a un mayor nivel de productividad e ingresos. Entre ellas se encuentran la falta de información y acceso a asistencia técnica, la cual limita el conocimiento sobre la idoneidad y la eficacia de tecnologías más efectivas y ambientalmente sostenibles, y el limitado acceso a recursos financieros que inhibe a los agricultores a la hora de realizar las inversiones necesarias para adoptar prácticas agrícolas más eficientes.

Un gran número de estudios ha examinado los impactos económicos, sociales y medioambientales de los servicios de extensión agrícola. En general, la prestación pública de servicios de extensión agrícola está motivada por la presencia de fallas de mercado tales como la información asimétrica, el acceso limitado al crédito y la infraestructura de mercado inadecuada o incompleta, entre otras (Feder et al., 1985). La evidencia muestra que, en muchos contextos rurales, los agricultores familiares tienen un acceso más limitado a los servicios de extensión y difusión de tecnología, aunque son también quienes podrían extraer los mayores beneficios (Ragasa et al., 2012). Si este es el caso y existe una brecha entre la tecnología empleada actualmente y la mejor tecnología para las explotaciones agrícolas de una determinada región, los servicios de extensión pueden cerrar esta brecha y acelerar el proceso de difusión de la tecnología mejorada, lo que permitirá un crecimiento más rápido de los rendimientos y de los ingresos rurales, protegiendo al mismo tiempo los recursos naturales de la degradación (Birkhaeuser et al., 1990).

Los datos existentes apoyan la hipótesis de que la innovación y adopción de tecnologías agrícolas más eficientes puede mejorar efectivamente la productividad y los ingresos de los agricultores: En una revisión exhaustiva, Fuglie y Rada (2013) evalúan las mejoras tecnológicas introducidas en el África subsahariana por el Grupo Consultivo sobre la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) y estiman que para los 34 millones de hectáreas en las que se habían aplicado estas tecnologías (que representan el 21% de las tierras de cultivo de la región), la producción aumentó un 65%. A través de este mecanismo, los servicios de extensión agrícola de tecnologías más eficientes y ambientalmente sostenibles contribuyen de forma significativa al aumento de la seguridad alimentaria (Rosegrant y Cline, 2003; Aramburu et al., 2014) y la mejora de la adaptación al cambio climático (Lybbert y Summer, 2012).

Frente a las barreras paralelas de limitado acceso a la información y los recursos financieros necesarios para adoptar nuevas tecnologías, una política relevante y generalmente exitosa ha sido la provisión de subsidios inteligentes (BID, 2019). Este instrumento sirve dos objetivos: por un lado, provee al productor los recursos financieros necesarios (en la forma de cupones o bonos) y la asistencia técnica para que los beneficiarios puedan no sólo adquirir insumos o maquinaria identificados como más eficaces, sino también contar con el apoyo técnico requerido para utilizarlos de forma adecuada. Dado que se trata de un apoyo financiero único, se espera evitar

cualquier distorsión posible que un subsidio directo pudiera tener sobre los precios de insumos o la inversión privada (Banco Mundial, 2013).

Existe amplia evidencia empírica demostrando que la provisión de subsidios inteligentes tiene impactos significativos y positivos en la productividad y los ingresos agropecuarios. En Bolivia, el “Programa de Apoyos Directos para la Creación de Iniciativas Agroalimentarias Rurales” (CRIAR), implementado en el 2011 y cofinanciado por el BID, proveyó apoyo financiero para el costo de adoptar e implementar nuevas tecnologías agrícolas entre pequeños productores rurales. En una evaluación del programa que utilizó el método de variable instrumental, Salazar et al. (2015) encontraron que, en promedio, la productividad incrementó en un 92%, el ingreso agrícola neto de los hogares incrementó en un 36% y la probabilidad de tener seguridad alimentaria aumentó del 20 al 30%. Rossi (2013) evaluó el “Proyecto de Integración de Pequeños Productores a la Cadena Vitivinícola” (PROVIAR) implementado en las provincias argentinas de San Juan y Mendoza, el cual promovió la integración de las cadenas de valor del vino mediante la implementación de planes de negocio que también proveyeron cofinanciamiento y asistencia técnica para la adopción de nuevas tecnologías. Utilizando la metodología cuasi-experimental de doble diferencias, el estudio encontró impactos significativos sobre el aumento de la producción (7,8%) y la productividad (7,9%). Otros estudios de impacto realizados en la región, incluidos de Lema et al. (2015), Durán et al. (2018), y Bravo-Ureta et al. (2011), confirman un vínculo causal estrecho entre la provisión de subsidios inteligentes y aumentos significativos sobre la producción, la productividad y los ingresos de los agricultores.

Otros programas de extensión que se centran en el suministro de insumos y variedades mejoradas también han obtenido resultados positivos. En el caso de un programa de extensión dirigido a los productores de uva en Mendoza, Argentina, Cerdán-Infantes et al. (2008) utilizaron un panel de 5 años con un modelo de efectos fijos y constataron que los rendimientos aumentaron en un 40%, pero solo para aquellos agricultores cuya producción había mostrado una baja productividad antes del programa. Utilizando el método de PSM para dar cuenta de las diferencias inobservables entre los que adoptan y los que no adoptan un programa de extensión en la República Dominicana, González et al. (2009) detectaron efectos positivos significativos en la productividad de los productores de arroz y de ganado, pero ningún otro tipo de productor, lo que sugiere que la eficacia de las diferentes tecnologías puede variar a corto plazo. En este contexto, varios estudios empíricos han indicado que los impactos en la productividad tienden a tardar varios ciclos agrícolas después de haber adoptado una nueva tecnología. Por ejemplo, Aramburu et al. (2019) evaluaron el impacto de un programa de extensión en República Dominicana, y aunque encontraron que la adopción de nuevas tecnologías aumentó de forma significativa, no detectaron impactos positivos en la productividad en el corto plazo. Una evaluación subsecuente por Salazar et al. (2021) encontró que los rendimientos no experimentaron aumentos significativos hasta tres años después de que ocurrió la adopción de la tecnología. Otras evaluaciones rigurosas de proyectos similares financiados por el BID, incluidos Lopez & Maffioli (2008), Salazar & Lopez (2017), y Corral & Zane (2020), también encuentran que la adopción efectiva y sostenible de una nueva tecnología requiere tiempo, y que los ajustes necesarios en todo el sistema productivo de la finca solo demuestran su impacto completo sobre los rendimientos en el mediano a largo plazo.

Para poder entender la dinámica temporal entre la adopción de tecnología y los cambios en la productividad, la teledetección mediante imágenes satelitales es una herramienta cada vez más relevante y costo-efectiva. El acceso y la disponibilidad de los datos satelitales han aumentado rápidamente en las últimas décadas, impulsados por hitos recientes como los lanzamientos de

los satélites *Sentinel*, así como por la caída de los costes del transporte espacial y el desarrollo de microsátélites (Lal et al., 2017). Los datos de teledetección permiten detectar variaciones en los patrones de la materia orgánica de los cultivos, de esta forma captando su crecimiento desde el momento de la siembra hasta la cosecha, así como cualquier otro cambio que se produzca a lo largo de los años y las estaciones. De hecho, la precisión de las estimaciones de rendimientos agrícolas y otros indicadores agrónomos y ambientales, así como su consistencia con la medición en el terreno han sido confirmados por varios estudios (ver Bégué et al. (2018) y Chivasa et al. (2017) para revisiones sistemáticas de esta literatura).

La medición de rendimientos agrícolas mediante herramientas de teledetección tiene varias ventajas sobre la medición tradicional utilizando encuestas a nivel de hogares agrícolas: Hoy en día, varios satélites, incluido el satélite *Sentinel 2*, proveen imágenes remotas de la tierra con alto grado de resolución espacial (hasta 10 m de resolución) y alta frecuencia temporal (hasta ciclos repetitivos diarios). Además, representan una fuente valiosa de observaciones longitudinales, pues proveen información histórica de una década o más atrás. Dado que hoy en día existe una gran cantidad de datos satelitales de bajo o cero costo, también representa un método sumamente costo-eficiente de monitorear y evaluar el desempeño de la productividad.

En comparación, la estrategia convencional para el monitoreo y la evaluación de proyectos agrícolas sigue siendo la aplicación de encuestas en campo. Esta medición tiene a requerir una alta dedicación de recursos humanos y financieros, y solo permite tener una impresión temporal de las condiciones productivas de la finca. Además, la estimación del rendimiento agrícola con base en datos autodeclarados pueden ser sujetos a errores de medición significantes que afectan su precisión y fiabilidad (Burke & Lobell, 2017; Carletto et al., 2013).

A pesar de estas ventajas, el uso de datos satelitales para la evaluación de los impactos productivos de intervenciones agro-tecnológicas sigue siendo limitado. En una revisión sistemática de la literatura existente, Kubitz et al. (2020) evalúan 54 estudios que emplean datos satelitales para estimar la adopción de prácticas agrícolas y su impacto en el contexto de países en desarrollo. Los autores encuentran que la teledetección ha sido aplicada de forma exitosa para detectar cambios en prácticas y tecnologías agrícolas y estimar los rendimientos de cultivos en varios contextos. Por ejemplo, Lobell et al. (2020) utilizan imágenes de Sentinel-2 para evaluar la precisión de los rendimientos de maíz estimados con datos satelitales con mediciones de campo en una aplicación en Uganda, y Hoffman et al. (2018) testean la validez de varios índices de vegetación para monitorear los rendimientos de cultivos en Ucrania. A pesar de estos avances, Kubitz y otros resaltan el hecho de que existe sólo una cantidad limitada de estudios que analizan cómo la adopción de nuevas tecnologías impacta los rendimientos agrícolas.

En este contexto, se deben notar algunas excepciones: Para la producción de trigo en México, Ortiz-Monasterio y Lobell (2007) evalúan el impacto de las fechas de siembra y la infestación de malezas durante el periodo de barbecho en el rendimiento, utilizando índices de vegetación derivados de imágenes del satélite Landsat-7, entre otras fuentes de datos. Bellora et al. (2017) también emplean un índice de vegetación para cuantificar la biomasa de cultivos producidos en Sudáfrica para analizar la relación causal entre la diversidad de cultivos y su sobrevivencia (resiliencia) y productividad. En una contribución más reciente, Salazar et al. (2021b) combinan tres rondas de encuestas a hogares con la medición de rendimientos por dos índices de vegetación basados en imágenes satelitales para estimar el impacto de largo plazo de la adopción de sistemas de riego en los rendimientos de agricultores familiares en la República Dominicana.

En resumen, la literatura provee amplia evidencia que los subsidios inteligentes, es decir la provisión de cofinanciamiento y asistencia técnica para la implantación de nuevas tecnologías agrícolas, contribuye a un aumento de la productividad y de los ingresos de agricultores familiares. Sin embargo, es importante examinar la dinámica temporal entre el momento de adopción y su traducción en aumentos de productividad. En este contexto, una evaluación de impacto que combina datos de encuestas de hogares con observaciones satelitales permite analizar la precisión de las estimaciones de rendimiento, y examinar los impactos dinámicos de tal intervención con alta robustez.

### **3 El Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar (PRODAF)**

#### *3.1 La Agricultura Familiar en Argentina*

El sector agropecuario en Argentina representa el 8% del Producto Interno Bruto (PIB) y es el principal generador de divisas con exportaciones por US\$ 36.170 millones (OCDE, 2019). Entre 1999 y 2014, la productividad total de los factores (PTF) de la agricultura argentina creció a una tasa promedio anual de 1,4% (Lema, 2015). Sin embargo, esta dinámica positiva demostrada por el sector esconde diferencias importantes dentro del país: La producción agrícola está dominada por la agricultura extensiva y el uso de la mecanización y de tecnologías modernas en la región pampeana en la región oeste del país. La fuerte presencia de Argentina en el mercado mundial de alimentos se apoya en la fortaleza de su sector empresarial, el cual ha potenciado las ventajas comparativas de la producción de la Pampa Húmeda (oleaginosas y cereales, carne vacuna), a través de un proceso intensivo en modernización tecnológica y uso de capital (CEPAL, 2010). En el 2016, las agroexportaciones contribuyeron el 64% a las exportaciones totales del país (OCDE, 2019). En cambio, el estrato de la Agricultura Familiar<sup>1</sup>, distribuida a lo largo del país en múltiples enclaves productivos, sigue enfrentando restricciones que derivan principalmente de la escasa infraestructura pública asociada, junto al bajo nivel de inversión privada con enfoque en optimizar la actividad en su finca. De esta forma, se caracteriza por la presencia de importantes brechas.

Por su parte, la agricultura familiar se encuentra limitada por constituir unidades productivas de menor escala y eficiencia, ubicadas mayoritariamente fuera de las áreas más favorables. Según el Censo Nacional Agropecuario 2002, la agricultura familiar representa el 75% de las explotaciones agropecuarias del país (más de 210 mil) y ocupa solo el 18% de la tierra bajo explotación (30,9 millones de ha), con una superficie media de 142 ha, frente a las 1.839 ha. de las explotaciones comerciales de la agricultura empresarial (FAO, 2009). Aporta el 27% del valor bruto de la producción (VBP) del sector, genera el 64% del empleo agropecuario a nivel nacional y está ubicada principalmente en las regiones extra-pampeanas (70% de los agricultores familiares) (MAGyP, 2009). Los sub-sectores productivos importantes para la agricultura familiar, tales como frutas y hortalizas, ganadería, lácteos y algodón han experimentado oportunidades de crecimiento y expansión debido al aumento en el consumo doméstico, así como el incremento en los precios internacionales en los últimos años.

No obstante, la agricultura familiar enfrenta varias barreras importantes que han resultado en bajos niveles de productividad e ingresos: (i) *Falta de información y/o información asimétrica*: Un

---

<sup>1</sup> La Agricultura Familiar constituye pequeñas explotaciones agropecuarias, en las que el productor trabaja directamente en la explotación y emplea hasta dos trabajadores no familiares remunerados.

estudio realizado por el MAGyP encontró que el 35% de los agricultores familiares más capitalizados no tiene acceso a asistencia técnica (ACEE, 2009), lo cual inhibe la adopción de tecnologías de forma que conformen con las características productivas y climatológicas de la unidad productiva; (ii) *Limitado acceso a recursos financieros*: Solo el 18% de los agricultores familiares más capitalizados en las Provincias de Entre Ríos y Chaco accedían al crédito formal en el 2009, en comparación con el 30% de los agricultores empresariales (ibid). Más del 60% de los productores familiares reportaron que los requisitos formales exigidos por los bancos representaron una barrera para acceder al crédito (ibid); (iii) *Bajo nivel de escala y asociativismo*: En promedio, los agricultores familiares más capitalizados producen sobre una superficie de 250 ha, frente a 1.550 ha de los agricultores empresariales, lo cual tiene consecuencias para la costo-efectividad de tecnologías que requieren cierta escala productiva. Además, más de 70% de los productores no formaban parte de ninguna asociación productiva que podría facilitar los procesos de producción o la inserción comercial (ibid).

Como consecuencia de estas barreras enfrentadas por el estrato de la agricultura familiar, se observa un nivel bajo de adopción de tecnologías sostenibles y eficientes, lo cual resulta en bajos niveles de productividad e ingresos. Por ejemplo, para las cadenas priorizadas por el Programa PRODAF, se encontraron brechas productivas de entre un 14% hasta un 50% con relación a los rendimientos experimentales (Moscardi, 2011).

### 3.2 El Programa PRODAF

El “Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar (PRODAF)” fue implementado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGYP) de Argentina por un costo total de US\$41 millones, con financiación parcial por el Banco Interamericano de Desarrollo. El Programa inició su ejecución en el 2013, y terminó a finales del 2019 y tuvo como objetivo incrementar el ingreso agropecuario mediante el mejoramiento de la productividad de los agricultores familiares de las Provincias de Chaco y Entre Ríos en el noreste del país. Para este fin, el programa apoyó la incorporación de nuevas tecnologías y proveyó asistencia técnica y capacitación a más de 2.000 productores agropecuarios en las dos regiones. En este contexto, el PRODAF promovió la formulación de planes de negocios a nivel de productor individual, los cuales contemplaban las siguientes áreas de inversión: (i) tecnologías productivas apropiadas; (ii) facilitación del acceso al financiamiento adicional para la adopción de las tecnologías; y (iii) provisión de asistencia técnica para la gestión empresarial. Dichas inversiones se ejecutaron a través de transferencias directas a los beneficiarios en la forma de los llamados aportes no reembolsables (ANR). Estos ANR tenían el fin de cubrir parcialmente los costos de la implementación de los planes de negocio, y eran limitados al 35% o hasta US\$12,000 de los costos previstos. De forma complementaria, el Programa financió actividades de capacitación de más de 100 técnicos privados con el propósito de brindar apoyo a la formulación de los planes de negocio y para facilitar la provisión de asistencia técnica efectiva a los productores beneficiarios. Esta asistencia se extendía en cada caso por el plazo máximo de un año, incluyendo 3 meses para la preparación del plan de negocio, 3 meses para su ejecución efectiva y quedando 6 meses para el seguimiento posterior a la implantación.

La población objetivo del programa consistió en el estrato de productores más capitalizados de la agricultura familiar de las Provincias del Chaco y Entre Ríos en el noreste del país. Este estrato se define por productores con explotaciones agropecuarias de hasta 1.000 ha de superficie total,

hasta 500 has en producción, y/o entre 100 y 500 unidades ganaderas, y con hasta dos trabajadores permanentes remunerados. Para definir la focalización geográfica del Programa, se tenían en cuenta los siguientes criterios durante el diseño de la intervención: (i) alta concentración de agricultores familiares de la población objetivo; (ii) nivel de infraestructura pública adecuada para las actividades de la población objetivo en dichos territorios; y (iii) importancia económica relativa y existencia de brechas tecnológicas en las cadenas en las que participan los beneficiarios potenciales. Bajo estas consideraciones, fueron seleccionadas cuatro cadenas productivas, dos de ellas en la Provincia de Chaco (algodón y ganadería) y otras dos en la Provincia de Entre Ríos (cítricos y lácteos). Cabe resaltar que estas cadenas están caracterizadas por una fuerte presencia de la agricultura familiar en esos sitios en términos del valor bruto de la producción, el volumen de exportación y el empleo, además de su productividad potencial.

El programa ofreció un menú amplio de tecnologías a los productores de estas cuatro cadenas, con el propósito de atender las varias brechas tecnológicas observadas en este estrato de agricultores familiares, según demanda y necesidad del productor individual. El menú de tecnologías elegibles fue seleccionado siguiendo criterios económicos y técnico-ambientales, que tomaron en cuenta (i) el impacto positivo en el ingreso neto de los beneficiarios; (ii) la aplicabilidad a las condiciones agroecológicas donde se promueve su uso; (iii) la promoción de prácticas agrícolas sustentables; y (iv) la factibilidad de verificación objetiva de su adopción. En algodón, los subsidios se destinaron a la mejora de los insumos productivos, incluido semilla mejorada, siembra, uso agroquímico, control integrado. En la cadena ganadera, los planes de negocio se orientaron hacia inversiones en aguadas, recursos forrajeros, alambrado, maquinaria e infraestructura en general, atendiendo a los problemas de alimentación, reproducción y sanitarios que dominan el sector. En el caso de la cadena láctea en Entre Ríos, las inversiones se concentraban en la alimentación del rodeo y en el equipamiento en los tambos, mientras el segmento cítrico invirtió principalmente en reemplazo de plantas, fertilización, control integrado de plagas, calidad de cultivo y manejo pos-cosecha. La Tabla A en el **Anexo A** presenta las tecnologías más relevantes financiadas por el Programa en más detalle. Cabe resaltar que tanto la selección de las tecnologías más apropiadas para cada cadena productiva priorizada, como los planes de capacitación de los técnicos fueron desarrollados en estrecha coordinación con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con el objetivo de asegurar la mayor efectividad técnica.

El diseño del Programa también previó la constitución de un fondo de garantía, con el objetivo de superar restricciones de acceso al crédito para el cofinanciamiento de los planes de negocio. Si bien la constitución de este fondo se concretizó en el 2014, el instrumento no generó suficiente demanda entre los productores, debido a varios factores: Por el lado sectorial, había escaso conocimiento sobre el fondo y baja presencia territorial para facilitar la operacionalización del servicio. Además, la situación macroeconómica en el país resultó en altas tasas de interés reales que contribuyó a la aversión de los productores al endeudamiento. En este contexto, no fue exitosa la promoción del acceso al financiamiento durante la ejecución del Programa. Sin embargo, vale la pena observar que una proporción importante de los productores beneficiarios se encontraron en un estado de informalidad tributaria al ingresar al Programa PRODAF. En este contexto, la falta de un esquema de gestión del negocio del perfil de productores de las cuatro cadenas seleccionadas implicó un esfuerzo adicional en incorporarlos al sistema formal, especialmente mediante una regularización de sus compromisos impositivos y la incorporación

al Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA)<sup>2</sup>. Este proceso de regularización tuvo el efecto adicional de permitirle al productor acceder al sistema bancario oficial por contar con los documentos formales necesarios una vez cumplido con los requisitos impositivos. Este mecanismo puede haber tenido un impacto positivo sobre el acceso al crédito entre los productores beneficiarios.

Al final de la ejecución del Programa, 2.005 productores habían implementado un plan de negocio con apoyo de ANR y fueron atendidos con asistencia técnica para la adopción de tecnologías. Según cadena, se ejecutaron 795 planes de negocio en la cadena algodonera, 565 planes en la cadena ganadera, 333 planes en la cadena láctea, y 317 planes en la cadena cítrica. Según la teoría de cambio presentada en este apartado, se espera entonces que el PRODAF haya contribuido a los siguientes objetivos: En el corto plazo, se espera que la provisión de los subsidios inteligentes haya aumentado tanto la tasa de adopción de nuevas tecnologías, como la tasa de acceso a crédito. Como resultado directo de estos efectos, los productores beneficiarios deberían experimentar mejoras significativas en el mediano a largo plazo en su sistema de producción, volviéndolo más eficiente y eficaz en su uso de insumos y nivel de rendimientos: Esto incluye el nivel de gasto en los insumos de producción, el nivel de producción y ventas y, por último, los rendimientos y resultantes ingresos productivos.

#### **4 Estrategia de Identificación**

Para determinar el impacto del programa PRODAF en la productividad y los ingresos de los productores beneficiarios, la evaluación debe identificar un contrafactual para contestar la siguiente pregunta: “Cómo se habría desarrollado la productividad y los ingresos de los productores si el Programa no hubiera sido implementado?” Por supuesto, ésta es una pregunta hipotética que sólo se puede contestar al identificar un grupo de productores que sean semejantes a los agricultores beneficiarios en características que determinan los indicadores de impacto relevantes. El principal reto en la identificación del impacto causal del programa es seleccionar un grupo de control que pueda satisfacer de forma plausible el supuesto de identificación de diferencias en diferencias, es decir, para el que los cambios en las variables de impacto serían probablemente los mismos que los del grupo de tratamiento, en ausencia del tratamiento (supuesto de tendencias paralelas).

En el momento de la aprobación del programa, se propuso una evaluación de impacto para poder evaluar si el PRODAF logró contribuir a incrementar el ingreso agropecuario de los agricultores familiares de las provincias de Chaco y Entre Ríos, mediante el mejoramiento de su productividad (BID, 2011). Por tal motivo, el diseño metodológico se basó en el uso de la metodología de diferencias en diferencias, comparando el desempeño productivo de dos grupos – un grupo de tratamiento y un grupo de control – antes y después de la implementación del programa. Aunque se llevó a cabo una encuesta de línea de base en el otoño del 2015, la misma no logró cumplir con los requisitos metodológicos necesarios para llevar adelante la evaluación tal y como se concibió inicialmente: Principalmente, no se identificó un grupo de control suficientemente grande para poder aplicar de manera exitosa la metodología de diferencias en diferencias, ni tampoco el propensity score matching, implicando que no permitió crear un contrafactual válido para poder evaluar el programa con rigurosidad. En Chaco, sólo fueron identificados y entrevistados 67

---

<sup>2</sup> El RENSPA es un registro obligatorio para todas las actividades de producción primaria del sector agropecuario. Permite mantener actualizados los datos de producción, fortalece el control sanitario preservando la sanidad animal y vegetal y la calidad, higiene e inocuidad de los productos agropecuarios, insumos y alimentos.

productores para el grupo de control. En Entre Ríos no se entrevistó a ningún productor no beneficiario. Además, la información que se recopiló de los productores entrevistados estuvo relativamente limitada, lo cual no permitió la construcción confiable de los indicadores clave con respecto a ingresos, producción, y productividad.

Por estos problemas identificados, la estrategia de identificación para la evaluación del PRODAF fue revisada en el 2018. La estrategia identificada tenía un enfoque dual: Por un lado, fue propuesta una nueva ronda de encuesta entre los productores entrevistados en 2015, complementando la muestra original con una cantidad de productores adicionales en Entre Ríos y Chaco. Esta encuesta con una muestra más amplia permitiría entonces la evaluación del Programa utilizando una simple diferencia ex post combinada con un emparejamiento entre grupo de tratamiento y control utilizando información retrospectiva. Por otro lado, para poder medir el impacto del programa en la productividad agrícola a pesar de los problemas encontrados durante la línea de base, también se propuso una línea de trabajo complementaria que aprovechara de la utilización de datos satelitales. Específicamente, la línea final de la evaluación recopiló la georreferenciación de las parcelas de los productores algodoneros y cítricos para permitir la medición de la productividad de estos cultivos a través de la teledetección.

La muestra de productores tratados se seleccionó de manera aleatoria del listado de 1.078 productores que participaron en el PRODAF entre el 2014 y el 2017, es decir durante los primeros cuatro años de ejecución del programa. Esta decisión fue tomada para permitir que los cambios productivos implementados se desarrollaran durante el suficiente tiempo para convertirse en un impacto observable. Para asegurar la comparabilidad de los productores, fueron expresamente excluidos del muestreo aquellos 35 beneficiarios que producían bajo una estructura jurídica de sociedad de responsabilidad limitada (SRL), dado que su perfil divergía en términos de la escala de producción de un productor familiar.

El grupo de control fue constituido de un listado de productores que producían dentro de las mismas cuatro cadenas en las provincias de Chaco y Entre Ríos, y que cumplieron con los criterios de elegibilidad del PRODAF, pero no habían recibido (ni postulado para) un aporte del Programa. Como se mencionó en la sección anterior, productores en las dos provincias eran elegibles para el programa si tenían explotaciones agropecuarias de hasta 1.000 ha de superficie total, hasta 500 ha en producción, y/o entre 100 y 500 unidades ganaderas, y con hasta dos trabajadores permanentes remunerados. Según estos criterios, se trabajó con las oficinas provinciales del MAGyP en Chaco y Entre Ríos para obtener un padrón de 601 productores que cumplieron con estos criterios. En el caso de Chaco, esta información provino de la encuesta algodonera provincial del 2019, y de un listado administrativo de productores ganaderos mantenido a nivel provincial. En el caso de Entre Ríos, el listado de productores cítricos resultó del registro oficial de la Federación Entrerriana de Citrus<sup>3</sup>, y para la cadena lechera resultó de la Encuesta Sectorial Lechera (ESL) del INTA. Cabe resaltar que, en el caso de la cadena lechera, el PRODAF logró cubrir por completo la población provincial de productores elegibles (aproximadamente 330 productores), así que el grupo control fue seleccionado entre productores con las mismas características ubicadas en las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Dado que el listado provisto por la provincia no era suficientemente largo para llegar a la muestra deseada, unos 40 productores adicionales fueron identificados durante el trabajo de campo mediante la metodología de bola de nieve.

<sup>4</sup> La ESL fue completado en el 2019, y los indicadores productivos fueron actualizados de forma telefónica durante el primer trimestre del 2021.

**Tabla 1. Distribución de la Muestra**

<b>Grupo Cadena</b>	<b>Grupo de Tratamiento</b>	<b>Grupo de Control</b>	<b>Total</b>
<b>Algodón</b>	119	78	<b>197</b>
<b>Ganado</b>	197	142	<b>339</b>
<b>Citrus</b>	70	60	<b>130</b>
<b>Leche</b>	148	84	<b>232</b>
	<b>534</b>	<b>364</b>	<b>898</b>

La encuesta para la línea final se implementó entre marzo y junio del 2021. Inicialmente, se previó una muestra total de 1.197 productores de las cuatro cadenas priorizadas por el PRODAF; sin embargo, las limitaciones logísticas y temporales impuestas por la pandemia COVID-19 implicaron una reducción de la muestra a 982 productores<sup>5</sup>. Además, el trabajo de campo enfrentó una relativamente alta tasa de no respuesta relacionada con las medidas de seguridad tomadas por la firma consultora encargada con la encuesta (p.ej., primer contacto mediante una llamada telefónica e imposibilidad de encontrarse dentro del hogar debido al distanciamiento social), además de otros factores macroeconómicos que afectaron a la disposición de los productores de participar en la encuesta (p.ej., cepo total de exportación de carne impuesto por el gobierno nacional durante el mes de junio 2021). Los productores muestreados eran distribuidos geográficamente en un total de 9 departamentos en la provincia del Chaco, y de 5 departamentos en la provincia de Entre Ríos. Tal como presenta la Tabla 1, la muestra final de la encuesta llegó a un total de 898 encuestas, con 534 productores tratados y 364 productores no tratados entrevistados, y con cierta variación proporcional por cadena productiva.

## **5 Descripción de los Datos**

### *5.1 Encuesta a hogares agropecuarios*

El cuestionario aplicado a los hogares agrícolas seleccionados en la muestra recogía información detallada sobre la producción agropecuaria y las características de la tierra, y estaba compuesto por los siguientes módulos: Caracterización de la unidad productiva (UP) y de las parcelas, mano de obra, la producción agrícola (cultivos temporales y permanentes), la producción pecuaria (ganadería y tambo), inversiones y asistencia técnica, problemas en la unidad productiva, equipamiento, crédito y ahorros, la organización y la pertenencia a asociaciones, las características del hogar y de la vivienda, y actividades económicas extraprediales. El instrumento se basó en el Estudio de Medición del Nivel de Vida - Encuesta Integrada sobre Agricultura (LSMS-ISA) del Banco Mundial, y fue ajustado tomando en cuenta el contexto productivo local. En el contexto de la cadena lechera, fue incorporado la estructura de la Encuesta Sectorial Lechera (ESL) desarrollado por el INTA. En el caso del grupo control lechero, se utilizó una versión limitada de la encuesta para actualizar la información recopilada anualmente por la ESL de forma telefónica. Esta acción resultó de la no posibilidad de movilizar equipos de campo

<sup>5</sup> El muestreo fue restringido por la imposibilidad de viajes interprovinciales e -departamental debido a las restricciones de viaje acorde con las medidas sanitarias implementadas por el gobierno nacional de Argentina.

en lugares fuera de las provincias de Chaco y Entre Ríos, de nuevo debido a las restricciones de viaje impuestos por el gobierno nacional de Argentina en el contexto de la pandemia COVID-19.

Las preguntas productivas se relevaron para el período de la última campaña 2019-2020, cuya época variaba levemente por cadena productiva. En el caso de algodón, el último período agrícola cubría el ciclo del cultivo sembrado en octubre 2019 y cosechado entre abril y mayo del 2020. Para citrus, el ciclo agrícola cubría el periodo de marzo hasta diciembre del 2020. En los casos de ganadería y de tambo, el ciclo productivo cubre desde julio 2019 hasta junio 2020. Sin embargo, para este caso se tomaron datos del período de la última vacunación, que se realizó en octubre 2020 pero se extendió hasta enero 2021 por motivos de la pandemia. Adicionalmente, se incluyeron algunas preguntas retrospectivas para la campaña 2014-2015.

Las siguientes tablas presentan variables que describen las principales características productivas y sociodemográficas de los productores, tanto para el grupo control como para el grupo tratado. La Tabla 2 presenta las estadísticas descriptivas para las características sociodemográficas de los productores, diferenciando entre el grupo de tratamiento y el grupo de control. Además, incluye características productivas construidas con base en preguntas retrospectivas sobre la situación en el 2015 (es decir, antes del tratamiento), incluido un índice de equipamiento, la superficie de las parcelas, la cantidad de parcelas, y la asociatividad. Estas variables son las mismas que se utilizarán luego para realizar el emparejamiento entre grupos tratados y de control, por lo cual aquí presentamos también el balance previo entre estas variables para ambos grupos.

Vale la pena aclarar cómo se construyeron algunas de estas variables. La tasa de dependencia se calcula como la ratio entre los miembros del hogar fuera de la edad de trabajar (menores de 16 años y mayores de 65 años) y los miembros del hogar en edad de trabajar (entre 16 y 65 años), multiplicado por cien. En cuanto a la proporción de hogares donde al menos un miembro del hogar trabaja fuera de la UP, esta se calcula teniendo en cuenta si algún miembro del hogar reportó trabajar fuera de la UP como empleado para un patrón, empresa u organización, si trabajo fuera de la UP de manera independiente, o si tuvo alguna empresa o microempresa con al menos algún empleado contratado. El índice de acceso a servicios de telecomunicaciones se calcula como la suma ponderada del acceso a internet y acceso a señal telefónica. El índice de calidad de la vivienda se calcula como la suma ponderada de las variables dicotómicas de vivienda con suelo de calidad, techo de buena calidad, recubrimiento interno del techo de la vivienda de calidad y vivienda con acceso a camino asfaltado. El índice de hacinamiento se calcula como el número de personas que habita en la vivienda entre el número de habitaciones con las que cuenta la vivienda. La variable sobre asociatividad se refiere a si algún miembro del hogar perteneció a alguna asociación de productores, cooperativa agrícola-ganadera, federación o similar durante el año 2015. Finalmente, el índice de equipamiento fue construido como proporción de equipamientos que el agricultor indicaba poseer en el 2015, de una lista cerrada de equipos agrícolas. La lista es la misma para todas las cadenas e incluye equipos como tractores, pala mecánica, camioneta, camión liviano, rastra, cosechadora, entre otros.

La Tabla 2 muestra estas estadísticas para la muestra completa, incluyendo y excluyendo a tambo. En el caso específico de la cadena tampera, el cuestionario para el grupo de control fue una versión más corta y simplificada del que se utilizó para las demás cadenas y para el grupo de tratamiento. Asimismo, la encuesta para el grupo de control fue realizada por teléfono. Por tanto, muchas de las variables de control, sobre todo las sociodemográficas no se encuentran disponibles para esta submuestra del grupo de control. De tal manera, aunque excluir a la

muestra para tambo disminuye el número total de observaciones, también nos permite incluir un mayor número de variables para el emparejamiento (ver la siguiente sección), incluidas variables que caracterizan el productor y su hogar, además de la calidad de la vivienda y el acceso del hogar a varios servicios públicos.

<b>Tabla 2: Características productivas y sociodemográficas, muestra completa</b>						
	<b>Muestra Completa</b>			<b>Muestra sin Tambo</b>		
	<b>Grupo de control</b>	<b>Grupo de tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Grupo de control</b>	<b>Grupo de tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS</b>						
Edad del productor en el 2020	53.52 (13.44)	53.23 (12.47)	-0.283	52.80 (13.77)	52.65 (12.89)	-0.150
Años de educación del productor en el 2020	11.99 (4.36)	11.69 (3.70)	-0.29	11.30 (3.95)	12.17 (3.94)	<b>0.874***</b>
Número de miembros del hogar en el 2020	2.94 (1.45)	3.10 (1.38)	0.16	2.94 (1.45)	2.95 (1.30)	0.015
Tasa de dependencia 2020	32.99 (50.92)	31.08 (49.35)	-1.913	33.23 (51.02)	32.03 (50.54)	-1.193
Proporción de productores que son mujeres	0.09 (0.28)	0.08 (0.28)	-0.006	0.09 (0.29)	0.09 (0.29)	0.004
Proporción de productores casados	0.67 (0.47)	0.79 (0.41)	<b>0.112***</b>	0.67 (0.47)	0.76 (0.43)	<b>0.090**</b>
Proporción de hogares donde al menos un miembro del hogar trabaja fuera de la UP	0.35 (0.48)	0.39 (0.49)	0.043	0.35 (0.48)	0.45 (0.50)	<b>0.103***</b>
Distancia de la vivienda a la carretera en km	7.48 (3.60)	7.29 (3.58)	-0.182	7.51 (3.59)	7.06 (3.65)	-0.452
Proporción de hogares con acceso a internet en la vivienda	0.65 (0.48)	0.82 (0.38)	<b>0.171***</b>	0.65 (0.48)	0.78 (0.41)	<b>0.136***</b>
Proporción de hogares con acceso a señal telefónica de buena calidad en la vivienda	0.33 (0.47)	0.52 (0.50)	<b>0.191***</b>	0.33 (0.47)	0.54 (0.50)	<b>0.212***</b>
Índice de acceso a servicios de telecomunicaciones	0.49 (0.38)	0.67 (0.35)	<b>0.181***</b>	0.49 (0.38)	0.66 (0.37)	<b>0.174***</b>
Proporción de viviendas con suelo de calidad	0.22 (0.41)	0.14 (0.35)	<b>-0.077***</b>	0.22 (0.41)	0.17 (0.37)	<b>-0.052*</b>
Proporción de viviendas con techo de calidad	0.18 (0.39)	0.18 (0.38)	-0.002	0.18 (0.39)	0.23 (0.42)	0.051
Proporción con recubrimiento interno del techo de la vivienda de calidad	0.90 (0.30)	0.97 (0.18)	<b>0.069***</b>	0.90 (0.31)	0.96 (0.21)	<b>0.06***</b>
Proporción de viviendas con acceso de camino asfaltado	0.22 (0.42)	0.38 (0.48)	<b>0.153***</b>	0.23 (0.42)	0.42 (0.49)	<b>0.197***</b>
Índice de calidad de la vivienda	0.38 (0.18)	0.41 (0.19)	<b>0.036**</b>	0.38 (0.18)	0.44 (0.20)	<b>0.064***</b>
Índice de hacinamiento	1.11 (0.54)	1.08 (0.50)	-0.024	1.10 (0.54)	1.05 (0.49)	-0.050

<b>Tabla 3 2 (continuada).</b> Características productivas y sociodemográficas, muestra completa						
	<b>Muestra Completa</b>			<b>Muestra sin Tambo</b>		
	<b>Grupo de control</b>	<b>Grupo de tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Grupo de control</b>	<b>Grupo de tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Variables productivas 2015</b>						
Índice de equipamiento 2015	0.14 (0.16)	0.25 (0.19)	<b>0.107***</b>	0.14 (0.16)	0.19 (0.17)	<b>0.050***</b>
Superficie total de las parcelas (ha) en 2015	185.73 (251.00)	226.51 (336.08)	<b>40.777*</b>	197.01 (280.15)	279.16 (380.55)	<b>82.150***</b>
Número de parcelas en la que está dividida la UP en el 2015	1.06 (1.44)	2.50 (3.11)	<b>1.438***</b>	1.05 (1.42)	1.75 (2.50)	<b>0.700***</b>
Perteneció a alguna asociac. / organizac. de agricultores durante el 2015	0.09 (0.29)	0.14 (0.35)	<b>0.049**</b>	0.09 (0.29)	0.14 (0.34)	<b>0.044*</b>
Proporción Ganado	0.39 (0.49)	0.37 (0.48)	-0.018	0.51 (0.50)	0.51 (0.50)	0.003
Proporción tambo	0.23 (0.42)	0.27 (0.45)	0.039	-	-	-
Proporción algodón	0.21 (0.41)	0.22 (0.42)	0.011	0.28 (0.45)	0.31 (0.46)	0.030
Proporción cítrica	0.39 (0.49)	0.37 (0.48)	-0.018	0.51 (0.50)	0.51 (0.50)	0.003
<b>Observaciones</b>	<b>366</b>	<b>532</b>		<b>280</b>	<b>386</b>	
Nota: Desviación estándar entre paréntesis. Las diferencias son distintas de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(***), 95 (**) o 90 (*).						

Además, debido a que la muestra para ambos grupos se realizó de manera distinta, es posible que haya diferencias en las respuestas para la sección de variables productivas. Así, excluir a esta cadena no solo nos permite realizar un emparejamiento con un mayor número de variables, sino que además podría solucionar potenciales sesgos originados por las diferencias entre los cuestionarios de control y tratamiento. Por tanto, parte de nuestro análisis futuro se realizará excluyendo a la cadena tampera.

Como se observa en la Tabla 2, existen varias diferencias significativas entre el grupo de tratamiento y el grupo control. A nivel sociodemográfico, se observa que los productores beneficiarios tienden a vivir en mejores condiciones con respecto al acceso a ciertos servicios y la calidad de su vivienda. Sin embargo, se nota que los productores mismos no difieren en sus características personales. A nivel productivo en el año base, las unidades productivas del grupo de tratamiento suelen ser más grandes, tener más parcelas y contar con mayor equipamiento que las de control, para el 2015. En cuanto a ciertas características del productor, resulta interesante notar que una proporción mayor de los productores del grupo de tratamiento perteneció a una asociación en el 2015. Por la presencia de estas diferencias significativas, es importante emplear metodologías econométricas para abordar los potenciales sesgos que resultan de estas divergencias, tal como descrito en la siguiente sección.

En el **Anexo B**, las Tablas B1 y B2 presentan los mismos resultados, pero para las 4 cadenas por separado. Las diferencias entre grupo de tratamiento y control, cuando se observan por cadena, son similares a las encontradas en la muestra total, con algunas excepciones.

## 5.2 Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Como fuente de datos complementaria, la evaluación aprovecha de la disponibilidad de datos satelitales para medir los rendimientos agrícolas de algodón y citrus mediante la teledetección. Cuando se llevó a cabo la encuesta entre la muestra de productores en el 2021, se recopiló información georreferenciada para todas las parcelas que poseía o trabajaba el productor. Al inicio de cada entrevista, el entrevistador pidió al productor que indicara la ubicación de cada parcela en un mapa digital del área, marcando así el polígono de la parcela basado en la identificación de las esquinas extremas que indicaron las fronteras de la parcela. Cabe resaltar que, debido a las limitaciones logísticas enfrentadas por la pandemia COVID-19, no fue posible físicamente recorrer cada parcela, pues los entrevistadores tuvieron que mantener su distancia física y no compartir un vehículo con el/la entrevistado(a). Por lo tanto, es posible que haya ciertas imprecisiones en la identificación de los polígonos. Sin embargo, los polígonos fueron procesados de forma exhaustiva, utilizando la visualización de las parcelas para corregir cualquier imprecisión detectada remotamente (por ejemplo, la examinación visual de los polígonos georreferenciados permitió ajustar los límites de la parcela si las áreas de siembra divergían levemente del área medida). En resumen, este proceso resultó en una cantidad de 262 parcelas georreferenciadas en la cadena algodonera, y 190 parcelas georreferenciadas en la cadena cítrica, para un total de 195 y 126 productores respectivamente.

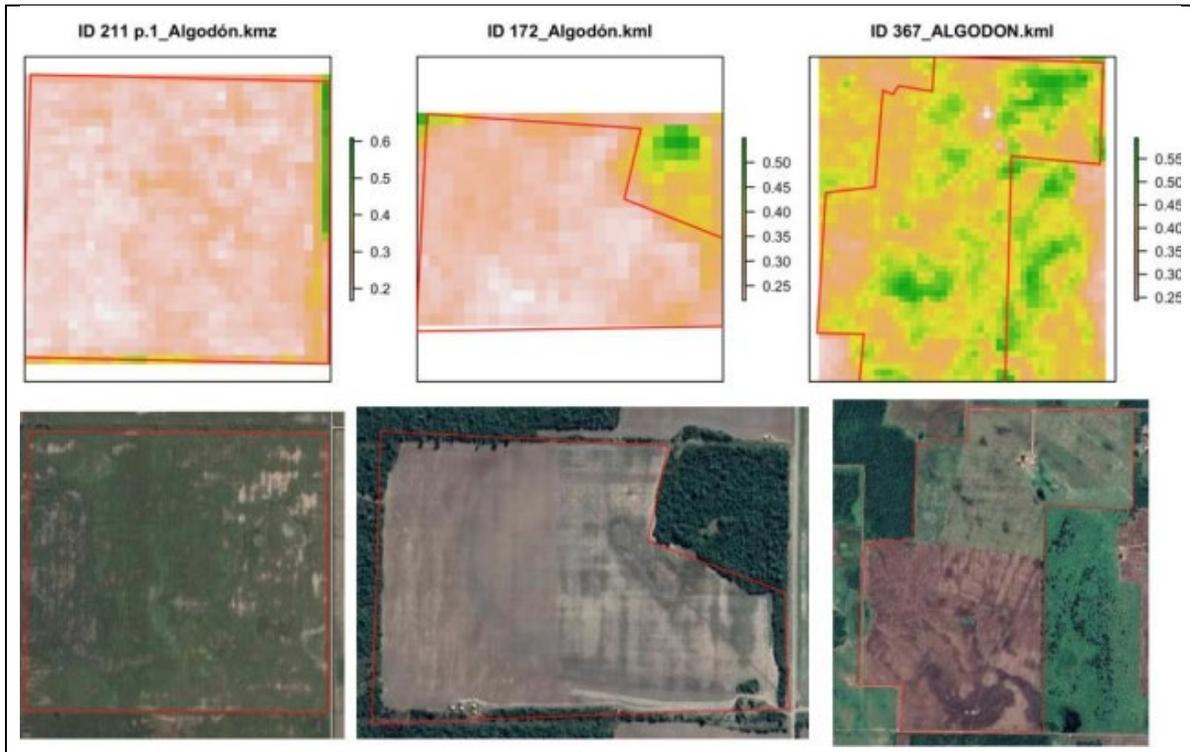
La georreferenciación de esta submuestra servía para medir el rendimiento agrícola de forma remota. Un indicador común de medición en este contexto es el *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada* (NDVI por sus siglas en inglés). El NDVI es un índice de teledetección que permite medir el nivel de verdura o vegetación en un área determinada. Por un lado, este nivel de verdura nos indica la densidad de biomasa presente en el área evaluada, es decir, la presencia o ausencia de cultivos. Por otro lado, el NDVI funciona también como una medida de salud de las plantas observadas. Esto se debe a que la vegetación saludable debería absorber la mayor cantidad de luz visible proveniente del sol (RED, por sus siglas en inglés) y reflejar más luz infrarroja cercana (NIR, por sus siglas en inglés) durante la fotosíntesis (Kinyanjui, 2011; Lillesand & Keifer, 2002). En el caso de ausencia de plantas o de plantas estresadas (por ejemplo, plantas deshidratadas), las plantas no realizan fotosíntesis de manera eficiente y por tanto no absorben tanta RED ni reflejan tanta NIR como la vegetación saludable. Asimismo, la salud de la planta es un buen indicador de su productividad, pues una mayor capacidad para realizar fotosíntesis implica una mayor energía para producir semillas (Bégué et al., 2018). El NDVI se calcula como la diferencia entre NIR y RED, dividida entre la suma de ambas ( $NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$ ). Una cantidad amplia de estudios ha confirmado la validez del NDVI para estimar el nivel de y cambio en los rendimientos con precisión (ver Bégué et al., 2018; Chivasa et al., 2017).

Para construir el NDVI, utilizamos imágenes satelitales de la NASA (Landsat 5 Thematic Mapper (TM), Landsat 7 Enhanced, Thematic Mapper Plus (ETM+), y Landsat 8 Operational Land Imager (OLI)) para los períodos entre enero del 2010 y diciembre del 2020<sup>6</sup>. Utilizando la información georreferenciada de los predios de algodón y citrus, pudimos recoger imagen satelital de las parcelas del estudio y calcular el NDVI para cada una de ellas utilizando datos de los píxeles, siguiendo una metodología similar a Huang et al. (2019). La Figura 1 muestra un ejemplo visual de estos datos de NDVI para algunas parcelas algodoneras. La Figura 2 presenta lo mismo para el caso de parcelas cítricas.

---

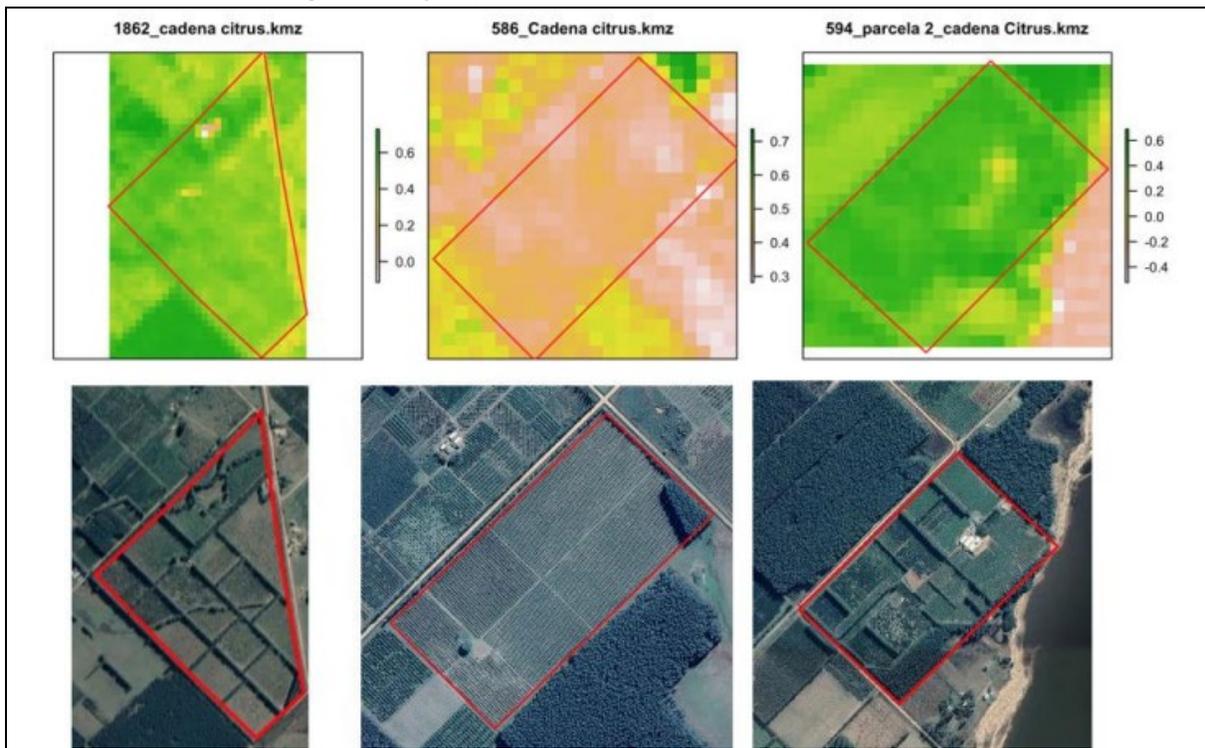
<sup>6</sup> Los datos geoespaciales fueron recopilados y procesados por Applied Geosolutions (2021).

**Figura 1.** Ejemplo de NDVI para parcelas algodonereras



Fuente: Applied Geosolutions (2021)

**Figura 2.** Ejemplo de NDVI para parcelas cítricas

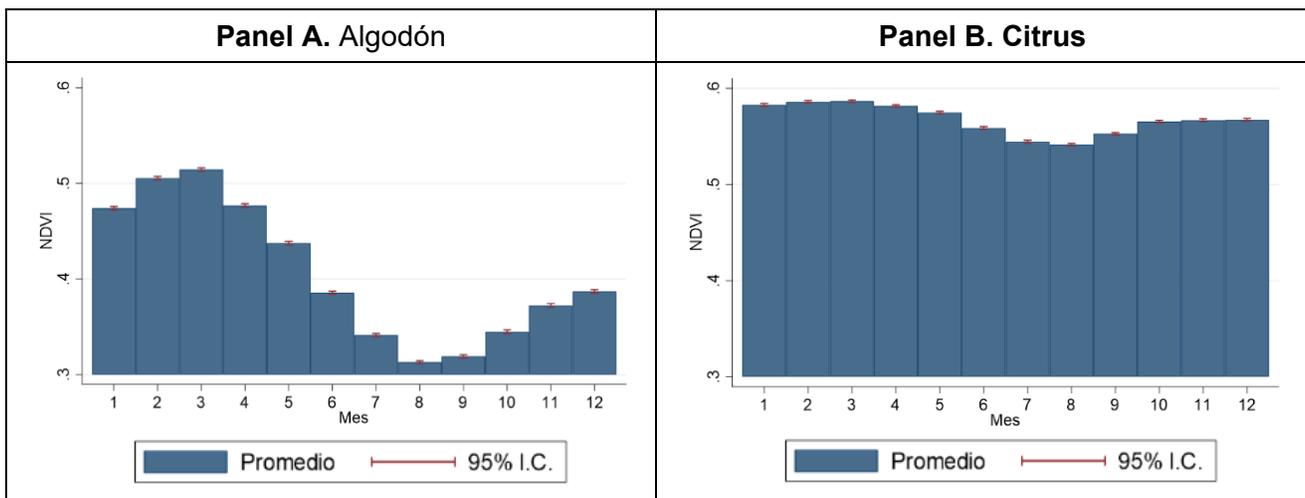


Fuente: Applied Geosolutions (2021)

Las imágenes satelitales se recogen cada 16 días. Utilizando estos datos, se construyó una variable de NDVI promedio mensual para cada parcela entre enero del 2010 y diciembre del 2020. A lo largo de este estudio, el análisis se llevará a cabo a nivel de UP y no de parcela. Así, construimos información a nivel de Unidad Productiva a partir de la suma ponderada por píxeles de todas las parcelas correspondientes a la Unidad Productiva.

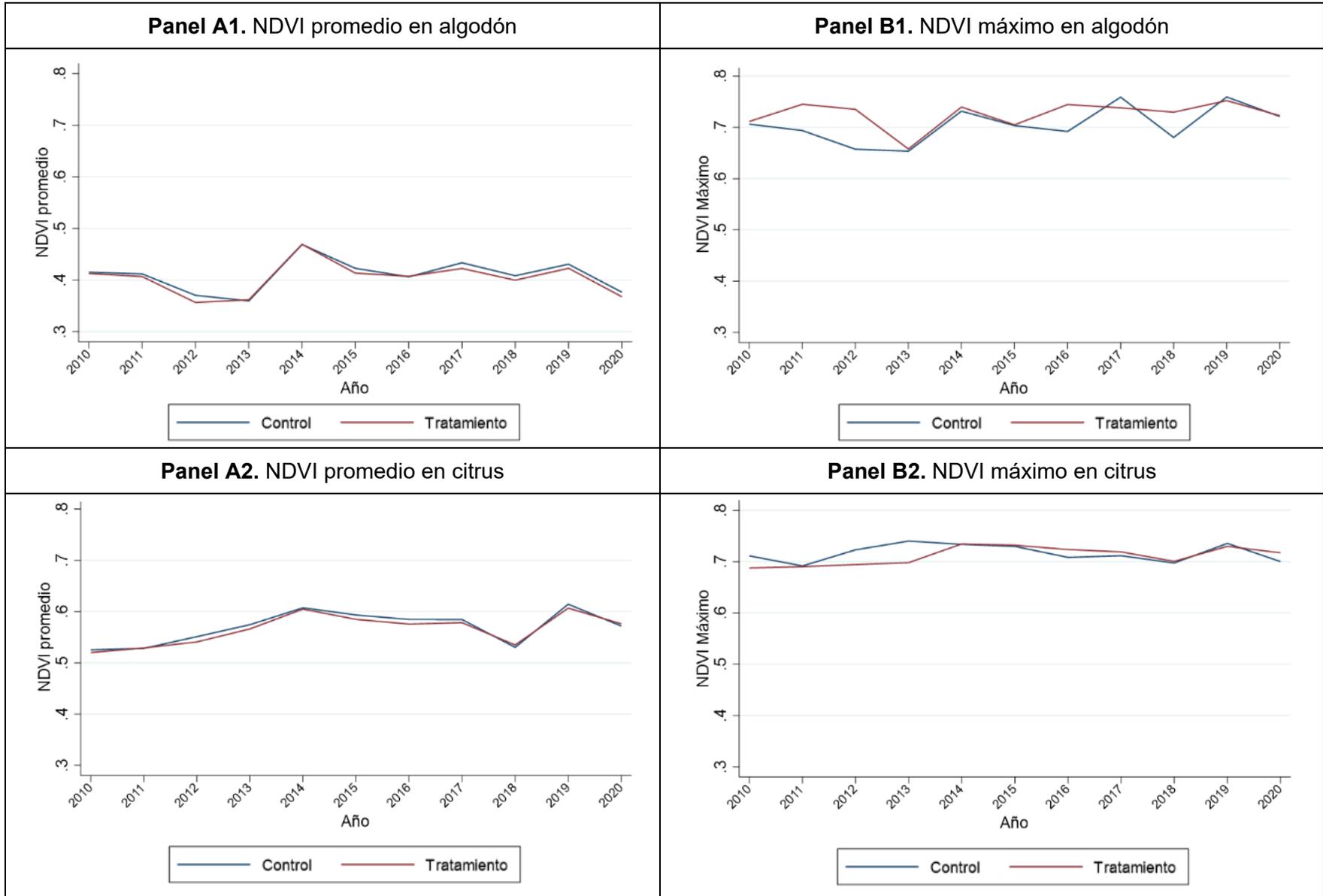
Como sabemos, el NDVI nos indica la densidad de biomasa presente en el área evaluada. Por tanto, en el caso de algodón, el NDVI muestra las distintas etapas del ciclo agrícola, por lo que deberíamos observar cambios grandes en el NDVI entre períodos. Para el caso de citrus como cultivo perenne, en cambio, el NDVI debería detectar cambios más leves con respecto a la salud de las hojas del árbol, por lo cual esperamos menos variabilidad mensual. El Gráfico 1 muestra el promedio de NDVI mensual para las cadenas de algodón y de citrus, respectivamente, incluyendo un intervalo de confianza al 95%. Como se puede observar en los gráficos, los datos de NDVI para algodón muestran una gran variación mes a mes, mientras que los de citrus permanecen relativamente constantes. Tal como explicamos anteriormente, esta diferencia en las distribuciones responde a las diferencias en la producción de algodón y cítricos: Mientras que el algodón es un cultivo temporal cuya siembra se realiza por lo general en Setiembre, los cultivos de cítricos son permanentes y no tiene la misma naturaleza cíclica que tiene el algodón. Es también relevante observar que el NDVI promedio por mes es mayor para los cultivos de citrus en todos los meses, debido a la cantidad de hojas presentes en los árboles cítricos.

**Gráfico 1.** Promedios mensuales NDVI por cadena



Para propósitos del análisis longitudinal, fueron construidas dos medidas basadas en el NDVI. Primero, se construyó el valor promedio anual del NDVI, asumiendo que un cambio significativo en la salud y potencial de cosecha del cultivo se refleje en un nivel más alto del promedio anual. Segundo, se construyó el valor máximo anual del NDVI, para captar más directamente el valor más alto de verdura en cada ciclo agrícola, el cual debería reflejar el momento de cosecha y por tanto una medición apropiada del rendimiento. Por lo tanto, el Gráfico 2 muestra ambas medidas del NDVI, el NDVI promedio anual (Panel A) y el NDVI máximo anual (Panel B), para algodón y citrus, tanto para el grupo de control como para el grupo tratado.

**Gráfico 2.** NDVI promedio y máximo por año y grupo



Como se observa en el primer gráfico, el NDVI promedio es muy similar para ambos grupos, siendo el NDVI promedio del grupo de control ligeramente superior en la mayoría de los periodos. Cuando observamos los máximos anuales, vemos que la situación se invierte para la mayoría de los periodos, con algunas excepciones. Sin embargo, ambos grupos parecen seguir una tendencia similar, más claramente observable en el caso del promedio. En el caso de la cadena citrícola, nuevamente el NDVI promedio es similar para ambos grupos. Al observar el NDVI máximo, los grupos mantienen una trayectoria similar, aunque menos marcada.

Si bien los gráficos anteriores nos permiten observar cambios anuales en el NDVI para el grupo de control y el grupo tratado, no es posible establecer una línea que marque un antes y un después del PRODAF, debido a que los productores recibieron el programa en distintos años. La mayoría de los productores recibieron el programa entre el 2014 y el 2018. Por tanto, para el análisis calculamos la cantidad de años que había pasado desde que se realizó la intervención. Los productores recibieron el tratamiento en distintos meses, por lo que se consideró que un productor había recibido el tratamiento en el año si es que lo había recibido antes de julio, para alinear la asignación estrechamente con los ciclos agrícolas de ambas cadenas. Si el productor había recibido un tratamiento después de julio, entonces se consideró que lo había recibido del año siguiente.

## 6 Estrategia Empírica

### 6.1 *Inverse Probability Weighting (IPW)*

Debido a que el PRODAF no fue distribuido aleatoriamente, es posible que el grupo de control no sea un buen contrafactual para el grupo de beneficiarios, puesto que existe el riesgo de autoselección para el grupo de tratamiento. De ser este el caso, la simple comparación entre grupos de control y tratamiento podría introducir endogeneidad y llevar a resultados sesgados. Por tanto, hace falta utilizar estrategias econométricas que nos ayuden a realizar un análisis que lleve a resultados insesgados. La primera estrategia que emplearemos, con base en los datos de la encuesta a hogares agrícolas, será el *Inverse Probability Weighting (IPW)*. El IPW utiliza características observables para ajustar la distribución del tratamiento y el control para garantizar su similitud. En este contexto, el IPW como método de emparejamiento se ha utilizado ampliamente para abordar las preocupaciones del sesgo de autoselección (Titus, 2007; Ye & Kaskutas, 2009; Schling & Winters, 2018).

El IPW, inicialmente propuesto por Rosenbaum (1987) y por Hirano e Imbens (2001) utiliza la inversa de las puntuaciones de propensión (*Propensity Score*) estimadas para generar ponderaciones de regresión. De esta forma, se pretende construir sintéticamente un contrafactual a partir de un grupo de control seleccionado para crear una muestra similar a la resultante de un experimento aleatorio. Dado que las puntuaciones de propensión se estiman sobre la base de características observables, el método se basa en el supuesto de la independencia condicional, lo que significa que no hay diferencias inobservables entre los grupos con respecto a las características que afectan al resultado del programa (Rosenbaum & Rubin, 1983).

Es importante notar que el emparejamiento de la puntuación de propensión (*Propensity Score Matching*, o PSM), introducido por primera vez por Rosenbaum y Rubin (1983), es un enfoque alternativo viable, para abordar fuentes de endogeneidad. Sin embargo, consideramos que el enfoque del IPW tiene varias ventajas. Como señalan Todd et al. (2010), el IPW consigue un

contrafactual sintético y no restringe la muestra a la zona común de apoyo y, por tanto, utiliza todos los datos disponibles. Además, una ventaja clave sobre el PSM es que su especificación paramétrica permite la estimación de errores estándar ordinarios en un marco de regresión, lo que simplifica el análisis posterior (Cavatassi et al., 2011).

Para construir los *inverse propensity weights*  $\omega_i$  para la observación  $i$  se siguió el siguiente modelo, donde  $Tratamiento_i$  es una variable dicotómica que toma el valor de 1 si el individuo es tratado y 0 de otro modo y  $p(Tratamiento_i)$  es el propensity score estimado, que define la probabilidad de ser tratado:

$$\omega_i = \left( \frac{Tratamiento_i}{p(Tratamiento_i)} + \frac{1-Tratamiento_i}{1-p(Tratamiento_i)} \right) \quad (1)$$

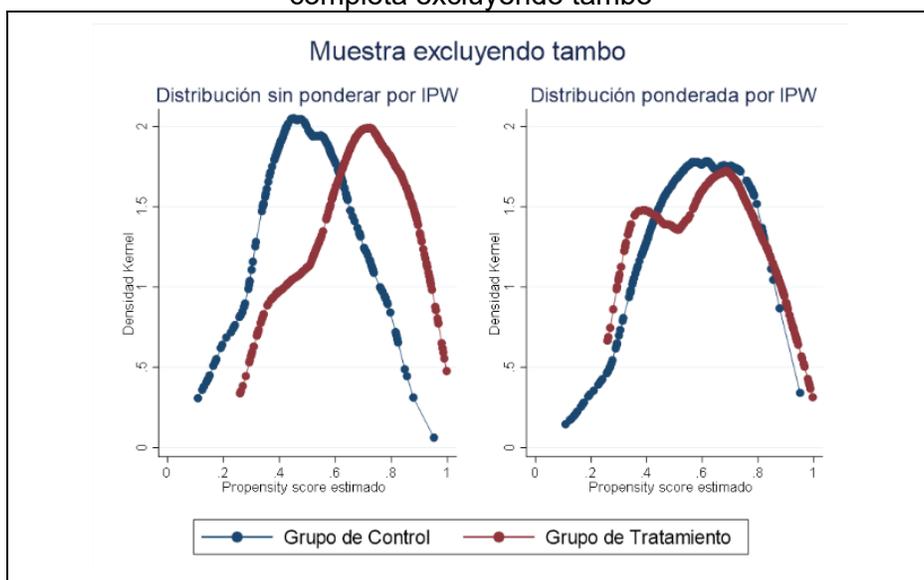
De esta forma, el IPW asigna mayor ponderación a productores en el grupo tratado con puntuaciones de propensión más bajas, y mayor ponderación a productores no beneficiarios que tienen una probabilidad mayor de participar en el programa. Este proceso ajusta la curtosis de la distribución de ambos grupos hacia un área de mayor superposición y elimina el sesgo de las características observables de la muestra (Cavatassi et al., 2011).

En total fueron realizadas seis estimaciones del *IPW*. La primera estimación incluye a toda la muestra, es decir, el conjunto de las cuatro cadenas. Si bien esta estimación trae la ventaja de que cuenta con el mayor número de observaciones, la estimación presenta ciertas limitaciones. La principal limitación es que no se cuenta con ciertas variables sociodemográficas clave de la cadena tampera para el grupo de control, lo cual reduce la cantidad de variables disponibles para calcular el *propensity score*. En total, sólo se pueden incluir 7 variables para estimar el propensity score en este caso: Hectáreas productivas, años de educación del productor, edad del productor y 4 variables dicotómicas indicando la cadena a la que pertenece. Por supuesto, esta limitación también afecta la posibilidad de eliminar las fuentes de sesgo entre la muestra completa.

Para solucionar esta deficiencia, la segunda estimación cuenta sólo con las cadenas de ganadería, algodón y citrus, excluyendo a la cadena de tambo. Aunque reduce el tamaño muestral, esta definición permite utilizar un mayor número de variables para calcular el *propensity score*. En total, para este emparejamiento se utilizan 27 variables. Además de las variables utilizadas en el caso anterior, esta estimación incluye el índice de equipamiento del 2015, el número de parcelas en el 2015, una variable dicotómica que determina si el productor perteneció a una asociación durante el 2015 y variables sociodemográficas: el tamaño del hogar, el ratio de dependencia, el sexo del productor, el estado civil del productor, un índice de hacinamiento, la distancia a la carretera, si el hogar cuenta con acceso a internet, la calidad de la vivienda, entre otros. La tercera, cuarta, quinta y sexta estimación se realizan por separado para las cadenas de ganadería, tambo, algodón y citrus, respectivamente. Este análisis permite examinar el impacto diferencial en cada cadena priorizada. Nuevamente, la estimación para la cadena tampera cuenta con un menor número de variables que las demás, lo que conlleva a los mismos problemas detallados anteriormente.

El Gráfico 3 presenta la distribución de los propensity scores para el grupo de tratamiento y el de control, antes y después de añadir los pesos del *IPW*, para la muestra completa excluyendo tambo. Se nota que el IPW permite lograr un alto grado de superposición entre las distribuciones del grupo tratado y control. En el **Anexo C**, se presentan las mismas figuras, pero para la muestra con tambo, y las submuestras para cada de las cuatro cadenas.

**Gráfico 3.** Distribución del Propensity Score con y sin IPW, Muestra completa excluyendo tambo



La Tabla 3 presenta las características productivas y sociodemográficas, tal como fueron reportadas en la Tabla 2, pero esta vez tras ponderar por los IPW. Nuevamente, se muestran resultados para la muestra completa y la muestra que excluye a Tambo. En el **Anexo B**, la Tabla B3 y la Tabla B4 muestran el mismo análisis para las cadenas por separado.

El análisis en la Tabla 3 muestra que el IPW tuvo distintos grados de éxito en conseguir balance en variables observables. Para la muestra completa, que incorpora la cadena de tambo, el balance en variables observables es bastante similar al existente antes de la ponderación. De hecho, ahora encontramos diferencias significativas en variables como el número de miembros del hogar y la probabilidad de que al menos un miembro del hogar trabaje fuera de la UP. Sin embargo, sí se consiguió un mejor balance en términos de superficie total de la UP y una disminución en el sesgo pre-existente en el índice de equipamiento y el número de parcelas. En cambio, el IPW logró con mucho éxito reducir los sesgos existentes en la muestra completa que excluía a la cadena tampera, al punto de que los grupos de control y tratamiento están completamente balanceados con respecto a tanto variables sociodemográficas como variables productivas. Debido a que se logra un éxito considerablemente más alto para la muestra que excluye a tambo y por tanto permite emparejar sobre una cantidad mayor de covariables, consideramos que sólo esta especificación permitirá identificar el impacto causal del PRODAF. Por tal motivo, nuestros resultados que combinan las cadenas presentarán únicamente la versión que excluye a la cadena tampera.

Las tablas en el **Anexo B** evaluando cadenas por separado muestran que la ponderación por *IPW* consiguió un balance perfecto para las cadenas ganaderas, algodoneras y cítricas. En el caso de la cadena tampera, la ponderación por *IPW* tiene problemas para conseguir balance en número de miembros del hogar, pero corrige el desbalance en hectáreas y en años de educación existente previo a la ponderación. En general, la ausencia de variables clave para el grupo control de esta cadena genera problemas para la evaluación de los efectos utilizando la técnica de *IPW*. Sin embargo, se presentarán los resultados para la cadena tampera de manera ilustrativa, aunque bajo las advertencias metodológicas ya mencionadas.

**Tabla 3.** Características productivas y sociodemográficas ponderadas por IPW, muestra completa

	<i>Muestra Completa</i>			<i>Muestra sin Tambo</i>		
	Grupo de control	Grupo de tratamiento	Diferencia	Grupo de control	Grupo de tratamiento	Diferencia
<b>VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS</b>						
Edad del productor en el 2020	53.36 (13.08)	53.37 (12.50)	0.010	53.11 (13.13)	52.98 (13.15)	-0.128
Años de educación del productor en el 2020	11.83 (4.38)	11.84 (3.76)	0.015	11.85 (4.01)	11.91 (4.02)	0.058
Número de miembros del hogar en el 2020	2.92 (1.40)	3.11 (1.40)	<b>0.195*</b>	2.93 (1.38)	2.95 (1.32)	0.026
Tasa de dependencia 2020	35.09 (51.51)	30.75 (48.38)	-4.342	33.27 (51.01)	33.94 (51.80)	0.675
Proporción de productores que son mujeres	0.09 (0.28)	0.10 (0.29)	0.008	0.09 (0.29)	0.10 (0.30)	0.003
Proporción de productores casados	0.74 (0.44)	0.82 (0.38)	<b>0.081**</b>	0.76 (0.43)	0.78 (0.41)	0.023
Proporción de hogares donde al menos un miembro del hogar trabaja fuera de la UP	0.34 (0.48)	0.41 (0.49)	<b>0.066*</b>	0.43 (0.50)	0.43 (0.50)	-0.001
Distancia de la vivienda a la carretera en km	7.37 (3.64)	7.30 (3.63)	-0.071	7.29 (3.55)	7.18 (3.69)	-0.115
Proporción de hogares con acceso a internet en la vivienda	0.66 (0.47)	0.82 (0.38)	<b>0.159***</b>	0.72 (0.45)	0.74 (0.44)	0.015
Proporción de hogares con acceso a señal telefónica de buena calidad en la vivienda	0.29 (0.46)	0.53 (0.50)	<b>0.238***</b>	0.41 (0.49)	0.44 (0.50)	0.029
Índice de acceso a servicios de telecomunicaciones	0.48 (0.37)	0.68 (0.35)	<b>0.198***</b>	0.57 (0.38)	0.59 (0.38)	0.022
Proporción de viviendas con suelo de calidad	0.21 (0.41)	0.13 (0.34)	<b>-0.086***</b>	0.17 (0.38)	0.17 (0.37)	-0.006
Proporción de viviendas con techo de calidad	0.16 (0.37)	0.17 (0.37)	0.005	0.17 (0.38)	0.18 (0.39)	0.013
Proporción con recubrimiento interno del techo de la vivienda de calidad	0.90 (0.30)	0.96 (0.18)	<b>0.065***</b>	0.93 (0.25)	0.95 (0.23)	0.014
Proporción de viviendas con acceso de camino asfaltado	0.23 (0.42)	0.38 (0.49)	<b>0.155***</b>	0.35 (0.48)	0.36 (0.48)	0.004
Índice de calidad de la vivienda	0.38 (0.18)	0.41 (0.19)	<b>0.035**</b>	0.41 (0.18)	0.41 (0.20)	0.006
Índice de hacinamiento	1.12 (0.56)	1.09 (0.50)	-0.035	1.08 (0.53)	1.08 (0.51)	-0.003

**Tabla 3 (continuada). Características productivas y sociodemográficas, muestra completa**

	<i>Muestra Completa</i>			<i>Muestra sin Tambo</i>		
	Grupo de control	Grupo de tratamiento	Diferencia	Grupo de control	Grupo de tratamiento	Diferencia
<b>VARIABLES PRODUCTIVAS 2015</b>						
Índice de equipamiento 2015	0.14 (0.15)	0.24 (0.19)	<b>0.094***</b>	0.18 (0.19)	0.17 (0.16)	-0.008
Superficie total de las parcelas (ha) en 2015	205.52 (254.03)	212.08 (307.17)	6.556	209.22 (278.54)	241.13 (345.17)	31.913
Número de parcelas en la que está dividida la UP en el 2015	1.16 (1.43)	2.47 (3.01)	<b>1.310***</b>	1.62 (2.07)	1.62 (2.25)	0.002
Perteneció a alguna asociac. / organizac. de agricultores durante el 2015	0.09 (0.29)	0.15 (0.36)	<b>0.060**</b>	0.11 (0.32)	0.12 (0.32)	0.005
Proporción Ganado	0.40 (0.49)	0.40 (0.49)	-0.002	0.56 (0.50)	0.54 (0.50)	-0.015
Proporción tambo	0.24 (0.43)	0.24 (0.43)	0.003	-	-	-
Proporción algodón	0.18 (0.39)	0.19 (0.39)	0.001	0.23 (0.42)	0.25 (0.43)	0.014
Proporción cítrica	0.17 (0.38)	0.17 (0.38)	-0.001	0.21 (0.41)	0.21 (0.41)	0.001
<b>Observaciones</b>	<b>366</b>	<b>532</b>		<b>280</b>	<b>386</b>	
Nota: Desviación estándar entre paréntesis. Las diferencias son distintas de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(***) , 95 (**) o 90 (*).						

## 6.2 Análisis Longitudinal

Utilizando los datos longitudinales resultantes de la teledetección, nuestro estudio incorpora una segunda estrategia empírica para analizar el impacto del PRODAF en la productividad, aproximada por el NDVI. Los datos longitudinales de NDVI obtenidos mediante la teledetección permiten incluir datos previos a la intervención para las cadenas algodónera y cítrica, y complementar los datos de la encuesta. Por tanto, nuestra estrategia consiste en observar los cambios en el NDVI promedio y máximo anual en las Unidades Productivas tratadas comparadas a las Unidades Productivas de control, tanto antes como después de la intervención de PRODAF.

Para realizar este análisis, empleamos dos estrategias: Primero, aplicamos la metodología de Diferencias en Diferencias (DID). En general, esta metodología permite controlar por diferencias observables y no observables en el tiempo, así abordando el potencial sesgo de autoselección que se resaltó como posible amenaza a la estimación robusta del impacto del PRODAF. El modelo DID sigue la siguiente fórmula:

$$NDVI_{it} = \alpha + \beta_1(Tratamiento \times AñoPost) + \beta_2Tratamiento + \beta_3AñoPost + \delta_i + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

donde  $NDVI_{it}$  es la medida de NDVI a utilizar, ya sea NDVI promedio anual o NDVI máximo anual, del año  $t$ , para la UP  $i$ . El modelo incluye efectos fijos  $\delta_i$  a nivel de la UP, que nos permiten controlar por las características permanentes en el tiempo de cada UP. Cabe señalar que la adición de efectos fijos a nivel de UP como controles es posible gracias a la naturaleza temporal de los datos de NDVI, que permite observar a una misma UP para un periodo de 10 años. La

principal ventaja de utilizar efectos fijos a nivel de UP comparado con la inclusión de covariables de la encuesta es que permite controlar por inobservables que se mantienen constantes en el tiempo. La variable *Tratamiento* toma el valor de 1 si la UP pertenece al grupo tratado y 0 de otro modo. La variable dicotómica *AñoPost* toma el valor de 1 si es que el año  $t$  es posterior al tratamiento, o el año mismo del tratamiento, y 0 de otro modo. Esta descripción no aplica para el grupo de control, que nunca recibe el tratamiento. Para el grupo de control, en cambio, se consideró el año promedio en que se recibió el tratamiento para los beneficiarios y se asignó ese año a los productores del grupo control. Este año era el 2015 para la muestra de algodonereros y el 2017 para la muestra de citrícolas. La interacción entre esta variable y la variable de tratamiento tomará el valor de 1 solamente cuando se trate de una UP del grupo tratado en un año posterior o equivalente al año de tratamiento. En este modelo, el coeficiente de interés  $\beta_1$  nos proporciona el impacto promedio del PRODAF sobre el NDVI, para el período post tratamiento.

El supuesto principal para la validez de esta estimación es que se cumpla el supuesto de tendencia paralela. Esto es, que, en ausencia del tratamiento, tanto el grupo de control como el grupo de tratamiento hubiesen seguido la misma tendencia en cuanto al NDVI. No es necesario que ambos grupos tengan el mismo nivel de NDVI previo al tratamiento, sino que las tendencias sean similares. Como se observaba en el Gráfico 2 en la previa sección y tal como se discutió previamente, ambos grupos siguen una tendencia muy similar en el tiempo, tanto para la cadena algodонера como para la cadena citrícola. Esto parece sugerir que el supuesto se cumple para los períodos pre-tratamiento. Aun así, hay que recordar que no todos los beneficiarios fueron tratados en simultáneo, por lo que este gráfico solo establece una impresión aproximada. La segunda estrategia empleada y a ser elaborada en los siguientes párrafos sirve para confirmar el cumplimiento de este supuesto con más rigor

Si bien este modelo sirve para encontrar efectos promedio, no considera las diferencias en los años de recepción del programa. Como se había resaltado en la Sección 2, la dinámica temporal puede ser clave para la manifestación de impactos productivos. En este contexto, es particularmente relevante que el PRODAF no proveyó los subsidios inteligentes a todos los productores al mismo tiempo, sino que hubo un despliegue de implementación a través de varios años. Esta distribución temporal de tratamiento puede entonces afectar el impacto promedio sobre los rendimientos, escondiendo así potenciales impactos significativos entre aquellos productores que recibieron el tratamiento en los primeros años de ejecución. Para incorporar esta característica de la aplicación del programa y aprovechar al máximo la longitudinalidad de los datos, nuestra segunda estrategia consiste en un modelo de *Event Study*. Este modelo no sólo permite entender mejor la dinámica temporal entre la aplicación del programa y los efectos en la productividad, sino que además permitirá corroborar el supuesto de tendencias paralelas.

Para realizar este análisis, utilizamos el siguiente modelo (siguiendo a Miller, 2021):

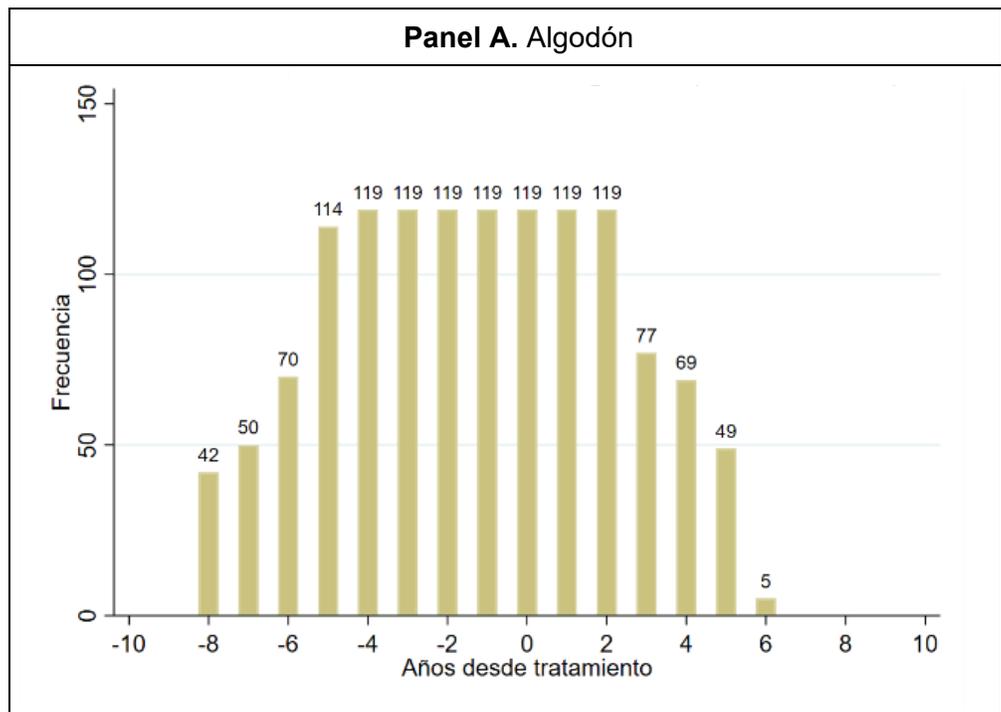
$$NDVI_{it} = \alpha + Tratamiento_i \times \sum_{y=-8, y \neq -1}^{y=6} \beta_y \mathbf{I}(t - t_i^* = y) + \theta_t + \delta_i + \varepsilon_{it}, \quad (3)$$

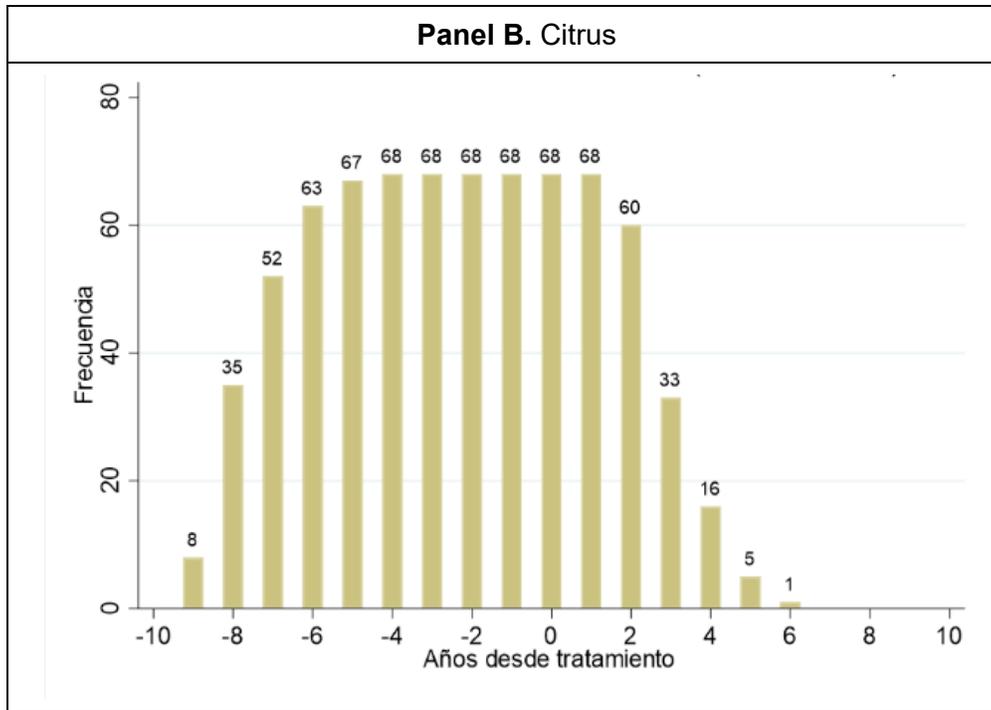
donde  $NDVI_{it}$  es el NDVI máximo o promedio del año  $t$ , para la UP  $i$ ;  $Tratamiento_i$  es una variable dicotómica que toma el valor de 1 si la UP es parte del grupo de tratamiento y 0 de otro modo,  $\theta_t$  son efectos fijos del año y  $\delta_i$  son efectos fijos a nivel de UP. La expresión  $\sum \beta_y \mathbf{I}(t - t_i^* = y)$  representa la suma de un conjunto de variables dicotómicas indicando años previos al tratamiento ( $y < 0$ ), el año de tratamiento ( $y = 0$ ) y años posteriores al tratamiento ( $y > 0$ ). Dado que la base de datos está a nivel de UP, la variable dicotómica de cada año relativo al tratamiento

( $y$ ) tomará el valor de 1 si es que el año de observación ( $t$ ) corresponde a ese mismo año relativo al tratamiento. Debido a que las UP en el grupo de control no son tratadas en ningún período, las variables dicotómicas  $I(t - t_i^* = y)$  toman el valor de 0 para todos los años. El año inmediatamente anterior al tratamiento ( $y = -1$ ) queda como variable omitida. Por tanto, los coeficientes  $\beta_y$  se deben interpretar como la diferencia generada por estar en el grupo de tratamiento para el año  $y$ , comparado al año inmediatamente anterior al tratamiento ( $y = -1$ ). Así, nuestros coeficientes de interés son todos los  $\beta_y$ , para  $y \geq 0$ , pues estos representan las diferencias entre tratados y controlar posteriores al período de tratamiento. Los coeficientes  $\beta_y$  correspondientes a años anteriores al tratamiento sirven como una prueba del supuesto de tendencias paralelas previas al tratamiento y deberían ser significativamente indistinguibles de cero. El término de error está representado por  $\varepsilon_{it}$ . Las estimaciones se realizaron con mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y con errores estándares robustos.

El Gráfico 4 muestra la distribución de los años relativos al tratamiento (variable  $y$ ) tanto para la cadena algodonera (Panel A) como para la cadena citrícola (Panel B). Esta distribución refleja el ritmo de ejecución del programa PRODAF, donde los productores beneficiarios iniciaron su participación en el programa después de que un comité de aprobación provincial (CAP) revisó y aprobó su respectivo plan de negocio. Los CAP tomaron lugar varias veces al año para revisar los planes de negocio de una cantidad variable de productores que habían preparado sus planes de negocio en coordinación con los asistentes técnicos del Programa. Cabe resaltar que el momento de tratamiento refleja la fecha de aprobación del plan de negocio por el CAP, dado que esa fue la fecha más confiable y consistentemente registrada para todos los productores beneficiarios.

**Gráfico 4.** Distribución de los años relativos al tratamiento





Los gráficos muestran entonces el número total de productores del grupo de tratamiento para los que contamos con datos de NDVI para cada año antes, durante y después del tratamiento. No se muestra información para las UP en los grupos de control, puesto que estos nunca recibieron el tratamiento. Como se mencionó anteriormente, el año de la intervención está definido como el año cero (0). Los años posteriores al año cero muestran la cantidad de años que han pasado desde la intervención. Los años anteriores al cero (definidos como años negativos) son los períodos anteriores al período de tratamiento, siendo el año -1 el año inmediatamente anterior al PRODAF.

Tomando en cuenta que el grupo de tratamiento de algodón cuenta con 119 observaciones, sabemos que disponemos de información para toda la muestra para cuatro años antes de la intervención y hasta dos años luego de la intervención. En la cadena cítrica, donde el total de observaciones tratadas es de 68, sabemos que contamos con información para toda la muestra para el período entre 4 años antes de y un año posterior a la intervención. En ambos casos contamos con pocas observaciones con información para luego de 6 años de la intervención. Debido a la baja variabilidad en esa variable, excluirémos de la muestra a las pocas UP que recibieron el tratamiento durante el 2013 y que muestran resultados para 6 años luego del tratamiento. En el caso de cítricos, excluirémos también los casos tratados en el 2014, debido a la pequeña cantidad de observaciones.

## 7 Resultados

### 7.1 Resultados derivados de la encuesta

Los resultados del *Inverse Probability Weighting* para los indicadores de impacto de mediano y largo plazo se muestran en la Tabla 5. Como se observa, encontramos que el PRODAF fue exitoso en lograr sus objetivos en el corto plazo, dado que existen impactos positivos y estadísticamente significativos sobre la probabilidad de acceso a crédito y la tasa de adopción de tecnologías. Para la muestra total (excluyendo tambo), se estima que la probabilidad de acceder a un crédito aumentó en 47 puntos porcentuales, mientras que la probabilidad de adoptar una tecnología incrementó por 21 puntos porcentuales, entre el grupo de tratamiento en comparación con el grupo control. Estos resultados sirven para confirmar que el instrumento de subsidios inteligentes fue exitoso en reducir las barreras de información y liquidez que inhiben la adopción de tecnologías eficaces, y de esta forma limitan las mejoras productivas. Por tanto, pueden considerarse resultados directos y de corto plazo del programa. Sin embargo, pese a que estos resultados se observan para la mayoría de las cadenas, el incremento en la probabilidad de adoptar nuevas tecnologías en la cadena algodonera es positiva pero no significativa. Esta ausencia de efectos sobre adopción tecnológica puede deberse a que, en el caso de esta cadena, el programa en muchas ocasiones otorgó semillas mejoradas, fertilizantes, y otros como un insumo de producción, en lugar de promover la compra de equipos modernos o la implementación de prácticas más sostenibles. En este caso, queda la duda de si la entrega de este subsidio pudo resultar en cambios sistemáticos y sostenibles en el sistema productivo en el más largo plazo.

En términos de los efectos esperados en el mediano a largo plazo, las estimaciones no presentan efectos significativos en el nivel de gastos para la muestra completa. Sin embargo, sí observamos una disminución significativa en los gastos en insumos agrícolas y en mano de obra para la cadena tampera. Si bien es un resultado interesante que sugiere que los productores tamperos lograron bajar sus niveles de gastos como resultado del programa, interpretamos los resultados para tambo con cierto cuidado debido a las limitaciones metodológicas encontradas en esta cadena. También se observa un impacto leve sobre la reducción de gastos para mano de obra en la cadena ganadera, lo cual sugiero ciertas ganancias de eficiencia en este substrato.

A nivel de impactos en el volumen de producción, observamos impactos que varían por cadena. El impacto estimado para todas las cadenas sugiere un cambio positivo en el nivel de producción, aunque este incremento no es estadísticamente significativo. Cuando realizamos el análisis por cadena, los resultados muestran que sólo hubo un impacto significativamente positivo para la cadena algodonera. Por otro lado, el impacto para tambo parece ser significativo y negativo (aunque, nuevamente, debemos interpretar estos resultados con cautela).

En términos de los resultados económicos de mediano a largo plazo, los resultados demuestran que los valores de ventas, ingresos e ingresos por hectárea tendían a aumentar debido al PRODAF. Enfocándonos en la muestra total sin tambo, encontramos que el valor de ventas aumentó en más de US\$13,000, lo cual se traduce en aumentos de un nivel similar en los ingresos netos (ingresos brutos menos gastos en insumos). Se observan efectos positivos sobre los ingresos por hectárea para todas las cadenas, menos ganado.

**Tabla 5. Resultados con IPW**

	Muestra completa, excluyendo tambo	Dividido por cadenas			
		Ganado	Tambo	Algodón	Citrus
<b>Efectos de PRODAF sobre:</b>					
Acceso a crédito	<b>0.470***</b> (0.04)	<b>0.501***</b> (0.07)	<b>0.317***</b> (0.09)	<b>0.419***</b> (0.11)	<b>0.314**</b> (0.13)
Adopción tecnológica	<b>0.211***</b> (0.04)	<b>0.197***</b> (0.06)	<b>0.689***</b> (0.08)	0.133 (0.11)	<b>0.293***</b> (0.07)
Gasto en insumos agrícolas (USD)	282.2 (318.20)	-58.73 (361.50)	<b>-33,854***</b> (6,865)	976.4 (855.60)	-475.0 (593.4)
Gasto en mano de obra (USD)	-920.2 (1,033)	<b>-3,137*</b> (1,686)	<b>-11,507***</b> (1,773)	1,514 (1,172)	-1,444 (2,326)
Producción Total (USD)	3,395 (4,639)	-1,827 (4,631)	<b>-32,101**</b> (16,004)	<b>21,214*</b> (11,975)	64,007 (39,713)
Ventas totales (USD)	<b>13,064*</b> (7,802)	-2,709 (4,478)	<b>-32,101**</b> (16,004)	<b>30,980***</b> (6,288)	<b>110,473***</b> (41,391)
Ingreso neto (USD)	<b>12,928**</b> (6,090)	-1,127 (3,511)	19,598 (14,653)	<b>27,227***</b> (5,919)	52,346 (33,991)
Ingreso neto por hectárea (USD)	<b>372.7*</b> (201.90)	21.01 (28.69)	<b>261.9***</b> (92.42)	<b>182.2**</b> (73.70)	<b>1,504*</b> (912.7)
Productividad (Producción por hectárea en USD)	95.17 (122.90)	-31.39 (34.64)	-194.6 (127.4)	61.27 (149.00)	<b>1,161**</b> (551.4)
<b>Observaciones<sup>7</sup></b>	<b>549</b>	<b>296</b>	<b>190</b>	<b>139</b>	<b>107</b>

Nota: Error estándar robusto entre paréntesis. Las diferencias son distintas de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(\*\*\*) , 95 (\*\*) o 90 (\*).

Finalmente, a nivel de la productividad, los resultados parecen ser consistentes a través de las cadenas. En general, no se observa un aumento significativo de los rendimientos, con la sola excepción de la cadena citrícola, donde el valor de la producción por hectárea aumentó en US\$1,161. Considerando que la productividad promedio de la cadena citrícola es de alrededor de 3,000 dólares por hectárea, esto representaría un impacto de alrededor de 37% en la productividad para el año 2020.

<sup>7</sup> El número total de observaciones aquí presentada responde al número de observaciones de acceso al crédito y adopción tecnológica. Para el resto de indicadores de resultado, perdimos algunas observaciones debido a faltas de respuesta. En el peor de los casos contamos con un total de 488, 250, 189, 112 y 74 observaciones, respectivamente. En la mayoría de los casos, estos números corresponden a la variable de ingresos.

## 7.2 Resultados derivados de la teledetección

Habiendo identificado impactos limitados sobre el rendimiento, pasamos ahora al análisis longitudinal. La Tabla 6 muestra los efectos del PRODAF sobre el NDVI promedio y el NDVI máximo anual para las cadenas de algodón y citrus. La tabla incluye los resultados según la estimación de diferencias en diferencias en el Panel A y las del Event Study en el Panel B. Las columnas 1 y 2 muestran resultados para algodón y las columnas 3 y 4 para citrus, para efectos sobre el NDVI promedio anual y el NDVI máximo anual respectivamente. Tal como se detalló en la Sección 6, todas las estimaciones incluyen efectos fijos a nivel de la UP y de año de tratamiento. La Tabla reporta también el  $R^2$  ajustado para cada estimación, así como el número de observaciones.

En primer lugar, es importante destacar que tanto para algodón como para citrus no encontramos ninguna diferencia significativa entre productores tratados y no tratados en años previos al tratamiento, lo que resulta consistente con el cumplimiento del supuesto de tendencias paralelas y asegura la validez de los impactos estimados. Los resultados en el Panel A muestran que los efectos promedios sobre el NDVI promedio parecen ser negativos para la muestra de algodón, pero positivos para la muestra de citrus. Sin embargo, no encontramos efectos para ninguna de las dos cadenas cuando observamos el NDVI máximo. Es importante resaltar que, en el caso de la producción algodонера, el NDVI máximo debe ser menos susceptible a diferencias en períodos donde el cultivo está recientemente sembrado. En este caso, el análisis está recogiendo diferencias durante el período de máximo NDVI, es decir, el período previo a la cosecha en marzo (ver Gráfico 1).

El Panel B muestra los resultados principales según el modelo de Event Study. En este caso, los resultados para NDVI promedio y NDVI máximo son considerablemente similares en ambas cadenas. En el caso de algodón, las diferencias entre el grupo de tratamiento y de control en cuanto al NDVI promedio son negativas, aunque no estadísticamente significativas, para todos los períodos. Por tanto, no detectamos ningún efecto significativo del PRODAF sobre el NDVI promedio para esta cadena. Los resultados para el NDVI máximo son parecidos, por lo que los resultados parecen indicar que el programa no tuvo ningún impacto significativo sobre los rendimientos en la cadena algodонера.

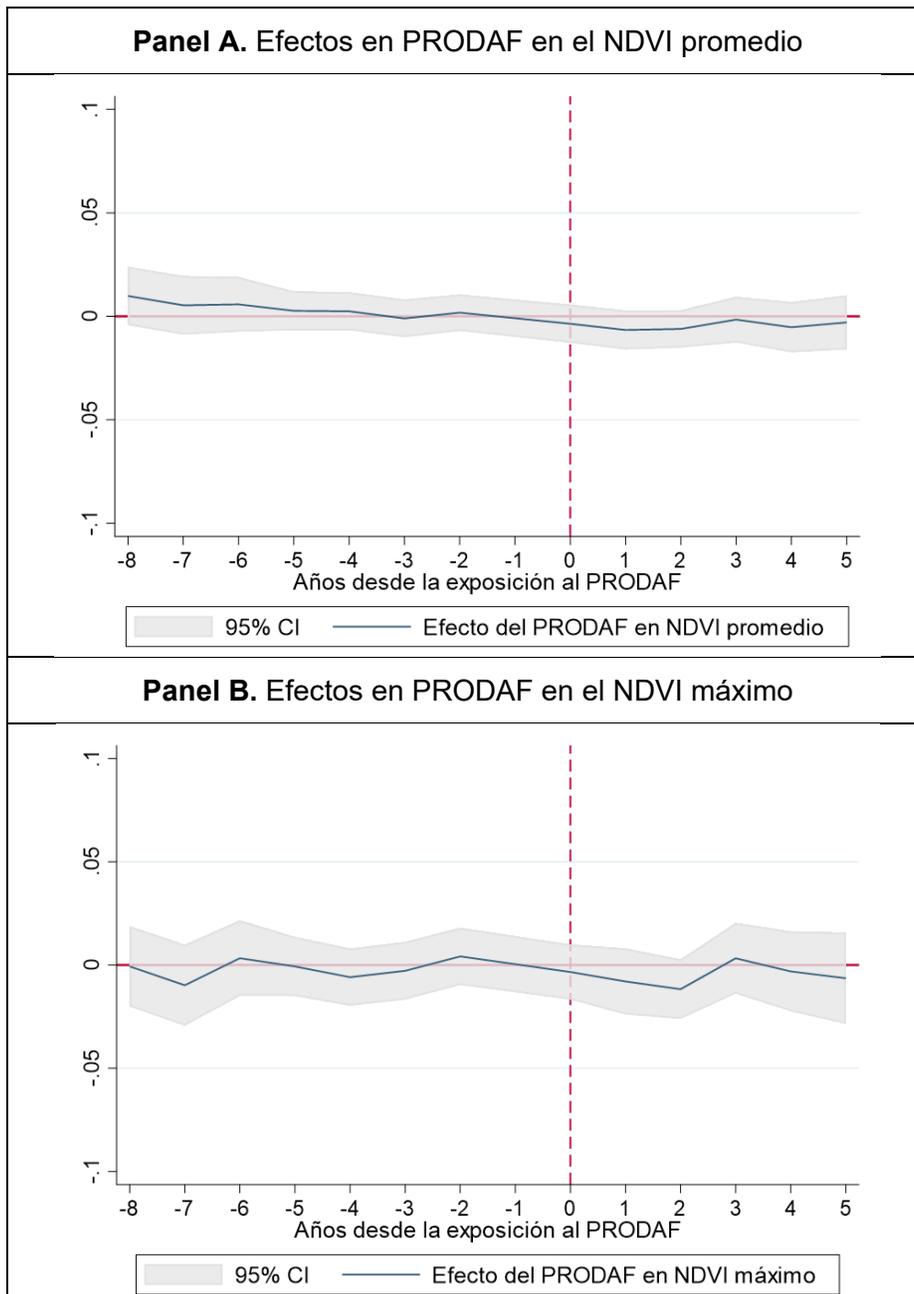
Para el caso de la cadena cítrica, sin embargo, sí encontramos efectos positivos y significativos tras algunos años de intervención. Los efectos sobre el NDVI promedio aparecen inmediatamente luego de un año de tratamiento. Los efectos siguen creciendo en términos de magnitud en el año 2 y 3 tras tratamiento, aunque no se detecta ningún impacto en el cuarto año después de la entrega del subsidio inteligente. Similarmente, encontramos efectos positivos y de similar magnitud sobre el NDVI máximo para el segundo y tercer año después del tratamiento. Estos resultados sugieren que los productores cítricos requieren de varios años desde haber adoptado una nueva tecnología para ver impactos significativos y constantes en sus niveles de rendimiento.

**Tabla 64:** Efectos sobre NDVI promedio y NDVI máximo anual

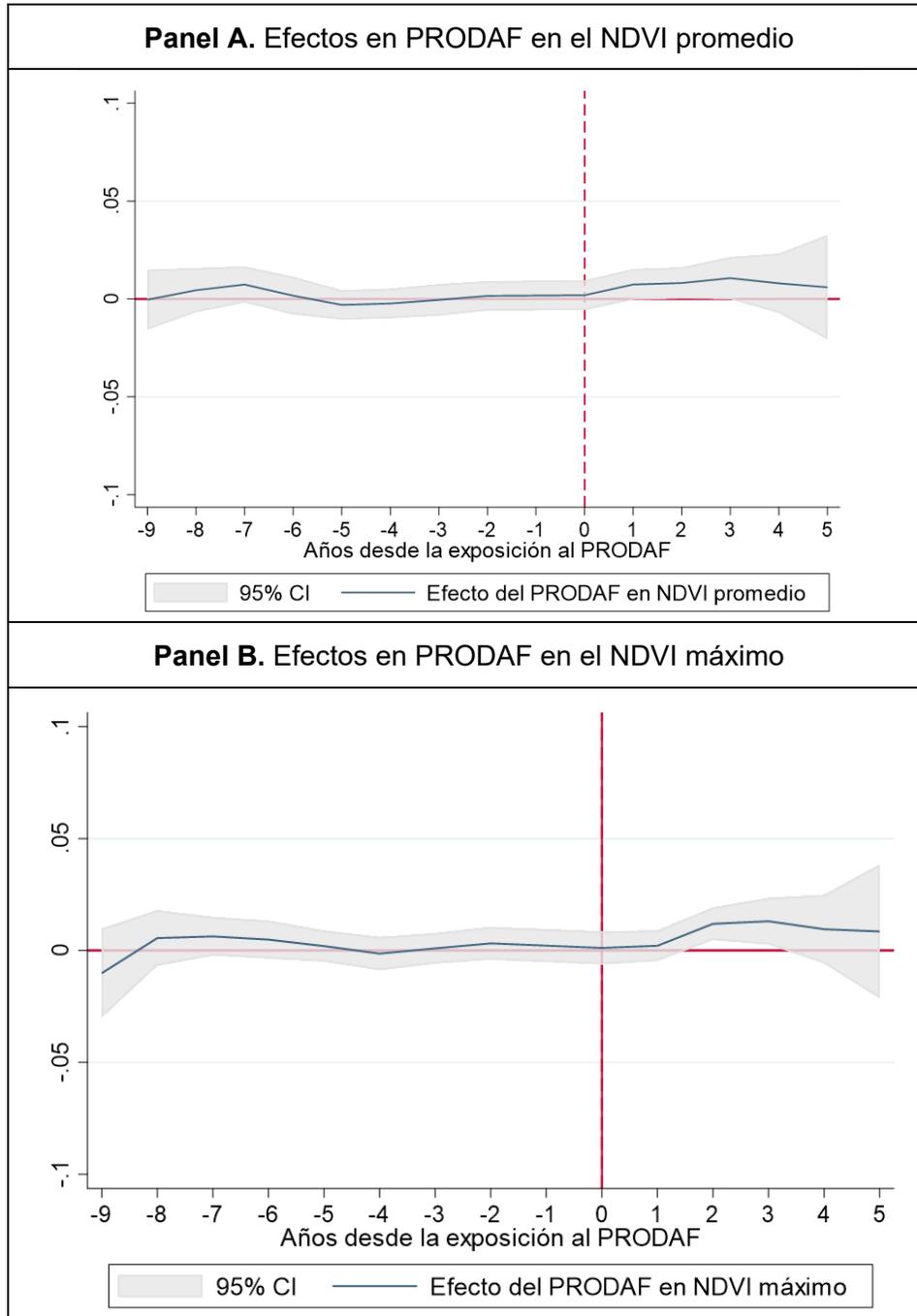
	Algodón		Citrus	
	NDVI promedio (1)	NDVI Máximo (2)	NDVI promedio (3)	NDVI Máximo (4)
<b>PANEL A: Diferencias-en-diferencias</b>				
Efecto promedio	<b>-0.008**</b> (0.003)	-0.003 (0.005)	<b>0.006**</b> (0.002)	0.003 (0.002)
R <sup>2</sup> Ajustado	0.692	0.531	0.813	0.768
<b>PANEL B: Event Study</b>				
Año 5 post tratamiento	-0.003 (0.007)	-0.006 (0.011)	0.006 (0.014)	0.009 (0.015)
Año 4 post tratamiento	-0.005 (0.006)	-0.003 (0.010)	0.008 (0.008)	0.010 (0.008)
Año 3 post tratamiento	-0.002 (0.006)	0.003 (0.009)	<b>0.011*</b> (0.006)	<b>0.013**</b> (0.005)
Año 2 post tratamiento	-0.006 (0.005)	-0.012 (0.007)	<b>0.008**</b> (0.004)	<b>0.012***</b> (0.004)
Año 1 post tratamiento	-0.007 (0.005)	-0.008 (0.008)	<b>0.007*</b> (0.004)	0.002 (0.004)
Año de tratamiento	-0.004 (0.005)	-0.003 (0.007)	0.002 (0.004)	0.001 (0.004)
1 año pre tratamiento (omitido)				
2 años pre tratamiento	0.002 (0.005)	0.004 (0.007)	0.002 (0.004)	0.003 (0.004)
3 años pre tratamiento	-0.001 (0.005)	-0.003 (0.007)	-0.000 (0.004)	0.001 (0.004)
4 años pre tratamiento	0.002 (0.005)	-0.006 (0.007)	-0.002 (0.004)	-0.001 (0.004)
5 años pre tratamiento	0.003 (0.005)	-0.001 (0.007)	-0.003 (0.004)	0.002 (0.004)
6 años pre tratamiento	0.006 (0.007)	0.003 (0.009)	0.002 (0.005)	0.005 (0.004)
7 años pre tratamiento	0.005 (0.007)	-0.010 (0.010)	0.007 (0.005)	0.006 (0.004)
8 años pre tratamiento	0.010 (0.007)	-0.001 (0.010)	0.004 (0.006)	0.006 (0.006)
9 años pre tratamiento	-	-	-0.000 (0.008)	-0.010 (0.010)
R <sup>2</sup> Ajustado	0.694	0.532	0.813	0.768
<b>Número de observaciones</b>	<b>2,090</b>	<b>2,090</b>	<b>1,364</b>	<b>1,364</b>
Nota: Todos los modelos controlan por efectos fijos de año y de unidad productiva. Error estándar robusto entre paréntesis. Los coeficientes son distintos de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(***), 95(**) o 90(*).				

Para facilitar la lectura, el Gráfico 5 muestra los mismos resultados que la Tabla 4 de forma visual. El Panel A muestra los coeficientes estimados del efecto del PRODAF en el NDVI promedio de algodón, el Panel B muestra esos coeficientes para el NDVI máximo de algodón, el Panel C lo hace para el NDVI promedio de citrus y el Panel D lo hace para el NDVI máximo de citrus. En todos los gráficos se presentan los intervalos de confianza a un 95% como el área gris y el momento de tratamiento (año cero) como una línea vertical entrecortada. En estos gráficos es fácil observar que para ninguna de las estimaciones existe una diferencia significativa en etapas anteriores al tratamiento, lo que garantiza que se cumple con el supuesto de tendencias paralelas.

**Gráfico 4.** Efectos en el NDVI Promedio y Máximo, para Algodón



**Gráfico 6.** Efectos en el NDVI Promedio y Máximo, para Citrus



Estos gráficos también permiten observar cierto incremento en los errores estándar de los resultados posteriores al tercer año para la variable de cítricos. Esto podría ser resultado de una menor cantidad de muestra para estos períodos: Tal como se observó en el Gráfico 4, la muestra de beneficiarios de cítricos cae considerablemente luego del tercer año tras el tratamiento, pues la mayoría fue tratada en años posteriores.

### 7.3 Comparación de las estimaciones

En este estudio hemos utilizado dos estrategias distintas para medir los efectos del programa PRODAF. La primera estrategia utilizó datos de corte transversal obtenidos de una encuesta efectuada en el 2021, mientras que la segunda estrategia utilizó datos longitudinales obtenidos mediante teledetección. Si bien la segunda estrategia permite controlar mejor por inobservables y por tendencias previas al tratamiento, esta sólo nos permite medir efectos sobre el NDVI como proxy de productividad y no sobre otros indicadores productivos o económicos. Además, el NDVI sólo sirve para medir el rendimiento en las cadenas agrícolas y no nos permite analizar los impactos pecuarios observados en las cadenas ganadera y tambora. En contraste, la encuesta sí nos provee con información directa sobre la productividad en el último período de observación (2020) para todas las cadenas, incluyendo ganadería y tambo. Sin embargo, por ser datos recolectados en un solo período de tiempo, estos no nos permiten observar la productividad de los productores en períodos anteriores y la comparación esta realizada únicamente utilizando datos observables durante el 2020, aunque se incluyen algunas variables retrospectivas sobre el período 2015.

Por tanto, si bien ambas estrategias tienen como objetivo evaluar el impacto del PRODAF en la productividad de las UP tratadas, estas no son equivalentes. Los resultados de ambos modelos no deben ser considerados redundantes, sino complementarios. Por un lado, la estrategia de IPW nos permite evaluar el impacto del Programa desde una perspectiva global, es decir a través de todas las cadenas, y examinando tanto los mecanismos mediante los cuales los productores mejoraron su producción, tal como la adopción efectiva de las nuevas tecnologías y prácticas y el mayor acceso a crédito, como las dimensiones varias de impacto, incluyendo el uso de insumos, el aumento de producción, su comercialización, y los ingresos resultantes.

Por otro lado, nuestro análisis confirma que el uso de datos satelitales es una medida sumamente valiosa y costo-efectiva para evaluar el impacto productivo de esta intervención de subsidios inteligentes, permitiendo una examinación exhaustiva de la dinámica temporal de impacto. Cabe resaltar que los efectos en los rendimientos aldononeros y cítrícolos estimados mediante encuesta y satélites son altamente consistentes, tanto en su significancia estadística como su magnitud y dirección. En ambos casos, no encontramos evidencia suficiente de efectos en la productividad para la cadena aldononera, pero sí encontramos evidencia de efectos significativos en la productividad de la cadena cítrícola. Este resultado sirve para confirmar que el NDVI es un indicador apropiado para monitorear y evaluar el rendimiento de estos dos cultivos, a pesar de que se trata de plantas bien distintas en términos de sus características fenológicas. Además, la disponibilidad de dos fuentes de información para medir efectos sobre el rendimiento nos permite aceptar con alto grado de confianza que los impactos diferenciales entre la cadena cítrícola y la aldononera no deberían deberse a la metodología de evaluación, pues los resultados son consistentes en ambas metodologías y emplean la misma muestra de productores.

En cambio, es más probable que la diferencia en los efectos se deba a diferencias en el tipo de tratamiento recibido: Mientras que los productores beneficiarios de la cadena cítrícola en su mayoría recibieron equipamiento de riego y asistencia técnica relacionada a la implementación de buenas prácticas agrícolas (manejo de suelo, manejo de cultivos), la cadena aldononera principalmente recibió insumos tales como semillas certificadas, herbicidas, insecticidas, coayudantes, entre otros. Es posible que la provisión única de insumos no represente una estrategia sostenible para aumentar la productividad en el largo plazo, mientras en cambio la facilitación de maquinaria y prácticas más eficientes contribuyen a un cambio sistemático en las técnicas de producción.

## 8 Conclusión

En el sector agropecuario de América Latina y el Caribe, la provisión de subsidios inteligentes ha sido una herramienta de política pública clave para superar asimetrías en el acceso a crédito y el conocimiento sobre tecnologías productivas más eficaces. A pesar de que la evidencia confirma que los subsidios inteligentes contribuyen a mayores tasas de adopción de tecnología, la literatura indica que ha sido difícil cuantificar impactos en los rendimientos debido al proceso dinámico y complejo que lleva de la adopción de una tecnología a una incorporación sostenible y efectiva en el sistema productivo.

El presente estudio contribuye a este diálogo político en dos maneras: Primero, llevamos a cabo una evaluación de impacto que emplea metodologías cuantitativas robustas para estimar el impacto de un programa agropecuario de subsidios inteligentes en el noreste de Argentina. Es importante resaltar la naturaleza piloto que asumía el “Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar” (PRODAF) durante su diseño e implementación durante el periodo 2013-2019 hace necesario poner especial atención en la evaluación del impacto de esta intervención. En total, más de 2.000 productores de las cadenas productivas de ganado, tambo, algodón y citrus en las provincias de Chaco y Entre Ríos recibieron un aporte financiero no reembolsable y asistencia técnica para la adopción de tecnologías consideradas eficientes y ambientalmente sostenibles. Con base en una encuesta de hogares agrícolas y utilizando la metodología cuasi-experimental de *Inverse Propensity Weighting (IPW)*, estimamos los impactos para una muestra de 534 agricultores beneficiados y 364 agricultores no beneficiados. Así, encontramos que el PRODAF contribuyó de forma significativa a aumentar la probabilidad de adoptar una nueva tecnología en 21 puntos porcentuales, además de incrementar la probabilidad de acceder a un crédito en 47 puntos porcentuales. Este resultado confirma que los subsidios inteligentes son efectivos en superar las fallas de mercado en términos de información y recursos financieros.

En el largo plazo, encontramos que el PRODAF tuvo un impacto positivo en el desempeño económico de las unidades productivas: Se observan efectos positivos y significantes en el nivel de ventas e ingresos netos, y se nota que estos efectos son más pronunciados para las cadenas de algodón y citrus. Con respecto a la productividad, detectamos efectos dispares en las diferentes cadenas productivas. Si bien se observan efectos positivos en todas las cadenas con excepción de la cadena tampera (lo cual parece deberse a limitaciones metodológicas encontradas), solo el impacto sobre la productividad cítrica es significativo. Sin embargo, la encuesta no permite medir los impactos en el largo plazo, ni diferenciar entre los impactos experimentados por los adoptantes tempranos y tardíos en esa cadena.

Cabe resaltar que la evaluación con base en datos de encuesta enfrentó limitaciones importantes: Primero, debido a la baja calidad de la línea de base, no fue posible aplicar una metodología más rigurosa de diferencias en diferencias que pudiera haber controlado por diferencias no observables entre los tratados y no tratados. Además, los retos de la pandemia COVID-19 limitó los datos recopilados de la submuestra del grupo control de tambos, lo cual imposibilitó la inclusión de esta cadena en la estimación del impacto promedio del Programa. Sin embargo, una estrategia de identificación prudente y la aplicación de los IPW consiguió estimar los impactos para las demás cadenas de forma que se consideran atribuibles al programa.

Otro aspecto importante es el impacto limitado encontrado para la cadena de algodón. Este hecho parece deberse a la preferencia de los productores de esa cadena por invertir en la compra de insumos directos a la producción, en la forma de semillas y fertilizantes. Esta elección se contrasta, por ejemplo, con la demanda de los productores cítricos, que en su mayoría

invertieron en la compra de equipos de riego y la implementación de buenas prácticas agrícolas. La literatura sobre subsidios inteligentes resalta la importancia de proveer insumos que permiten cambiar el sistema productivo en el largo plazo, es decir que sea sostenible después de que haya terminado la intervención (Dorward et al., 2008; Sims & Kienzle, 2017; Jayne et al., 2018). En este sentido, parece importante que el instrumento de subsidios inteligentes forma parte de una estrategia de más largo plazo, teniendo el objetivo explícito de mejorar el sistema productivo del agricultor de forma sistemática y sostenible, en vez de proveer subsidios que facilitan el acceso a ciertos insumos en el corto plazo, pero no ofrecen una manera de incorporar estos insumos de forma regular.

Nuestra segunda relevante contribución a la literatura es un análisis complementario que emplea datos satelitales para estimar el impacto sobre rendimientos aproximados por el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para las cadenas agrícolas y citrícolas. La teledetección representa una herramienta cada vez más efectiva y costo-eficiente para monitorear y evaluar las condiciones agroecológicas, pero tal como resaltado por Kubitzka et al. (2020), solo ha sido empleado de forma muy limitada en el contexto de evaluaciones de proyectos agrícolas. Una ventaja clave de esta herramienta es que provee una base panel de más de 10 años de información, lo cual permite detectar tendencias temporales, tanto antes de la intervención (para confirmar el supuesto clave de tendencias paralelas) como después de ella. Estimando el impacto del PRODAF sobre el NDVI con base en una regresión de efectos fijos y el modelo de Event Study, podemos confirmar que los productores beneficiarios sólo experimentaron el impacto completo sobre los rendimientos entre el segundo y tercer año post-tratamiento. Además, la consistencia entre los resultados obtenidos mediante datos de encuesta y datos de teledetección sirve para confirmar que los datos satelitales son una herramienta válida y precisa para detectar cambios en los niveles de rendimiento. Dado que la obtención de tales datos geoespaciales se vuelve cada vez más fácil y económica, recomendamos utilizar estos datos en futuras evaluaciones de proyectos agrícolas, ya sea en situaciones donde una encuesta en campo no es factible o para complementar la estimación convencional con una dimensión adicional de datos, incluidos de relevancia ambiental y ecológica.

## Bibliografía

- Alston, J., Marra, M., Pardey, P., & Wyatt, T. (2000). Research returns redux: A meta-analysis of the returns to agricultural R&D. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 44(2), 185–215. doi: [10.1111/1467-8489.00107](https://doi.org/10.1111/1467-8489.00107)
- Applied Geosolutions (2021). *Identification, Processing and Analysis of Geospatial and Crop Modeling for the Impact Evaluation of the Program for Rural Development and Family Agriculture (PRODAF): Cotton and Citrus Case Study Impact Analyses*. Documento Interno del Banco Interamericano de Desarrollo.
- Aramburu, J., Figal Garone, L., Maffioli, A., Salazar, L. & Lopez, C. A. (2019). *Direct and Spillover Effects of Agricultural Technology Adoption Programs: Experimental Evidence from the Dominican Republic*. IDB Working Paper No. 00971. Inter-American Development Bank, Washington, DC. <http://dx.doi.org/10.18235/0001742>
- Aramburu, J., González Flores, M., Salazar, L., & Winters, P. (2014). *When a short-term analysis is not a short-term approach: Impacts of agricultural technology adoption in Bolivia*. Inter-American Development Bank, Working Paper Series, No. 86815. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/when-short-term-analysis-not-short-term-approach-impacts-agricultural-technology-adoption-bolivia>
- Asociación Civil de Estudios Económicos (ACEE, 2009). *PRODAF - Población Objetivo y Territorios – Informe Final*. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCNUM=36483506>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2011). *Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar (PRODAF; AR-L1068) - Plan de Seguimiento y Evaluación*. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCNUM=36756210>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2018). *Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar (PRODAF; AR-L1068) - Actualización del Plan de Evaluación*. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCNUM=EZSHARE-1647202304-6>
- Banco Interamericano de Desarrollo (2019). *Agricultural Sector Framework Document*. BID, Washington, DC. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-2051054064-5>
- Banco Mundial (2013). *What is the Cost of a Bowl of Rice? The Impact of Sri Lanka's Current Trade and Price Policies on the Incentive Framework for Agriculture*. World Bank Working Paper No. 72393. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/786171468335539763/What-is-the-cost-of-a-bowl-of-rice-the-impact-of-Sri-Lankas-current-trade-and-price-policies-on-the-incentive-framework-for-agriculture>
- Bégué, A., Arvor, D., Bellon, B., Betbeder, J., de Abelleira, D., Ferraz, R., ... & Verón, S. (2018). Remote sensing and cropping practices: a review. *Remote Sensing*, 10, 99. doi: [10.3390/rs10010099](https://doi.org/10.3390/rs10010099)
- Bellora, C., Blanc, É., Bourgeon, J.-M. & Strobl, E. (2017). *Estimating the impact of crop diversity on agricultural productivity in South Africa*. NBER Working Paper No. 23496. doi: [10.3386/w23496](https://doi.org/10.3386/w23496)

- Birkhaeuser, D., Evenson, R., E., & Feder, G. (1991). The economic impact of agricultural extension: A review. *Economic Development and Cultural Change*, 39(3), 607-650. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1154389>
- Bravo-Ureta, B., Almeida, A., Solís, D., & Inestroza, A. (2011). The Economic Impact of MARENA's Investments on Sustainable Agricultural Systems in Honduras. *Journal of Agricultural Economics*, 62(2), 429-448. doi: [10.1111/j.1477-9552.2010.00277.x](https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00277.x)
- Burke, M. & Lobell, D. B. (2017). Satellite-based assessment of yield variation and its determinants in smallholder African systems. *PNAS*, 114(9), 2189–2194. doi: [10.1073/pnas.1616919114](https://doi.org/10.1073/pnas.1616919114)
- Carletto, C., Kirk, A., Winters, P. & Davis, B. (2007). *Non-traditional exports, traditional constraints: The adoption and diffusion of cash crops among smallholders in Guatemala*. ESA Working Paper. Roma, Italy: FAO. doi: [10.22004/ag.econ.7962](https://doi.org/10.22004/ag.econ.7962)
- Carletto, C., Savastano, S., & Zezza, A. (2013). Fact or artifact: the impact of measurement errors on the farm size–productivity relationship. *Journal of Development Economics*, 103, 254–261. doi: [10.1016/j.jdeveco.2013.03.004](https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2013.03.004)
- Cavatassi, R., González-Flores, M., Winters, P., Andrade-Piedra, J., Espinosa, P., & Thiele, G. (2011). Linking smallholders to the new agricultural economy: The case of the plataformas de concertación in Ecuador. *Journal of Development Studies*, 47(10), 1545-1573. doi: [10.1080/00220388.2010.536221y](https://doi.org/10.1080/00220388.2010.536221y)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). *Ruralidad, hambre y pobreza en América Latina y el Caribe*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/119). Santiago, Chile: CEPAL. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44371/4/S1801207\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44371/4/S1801207_es.pdf)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2010). *Cambios estructurales en las actividades agropecuarias*. Documentos de Proyectos (LC/BUE/W.50). Santiago, Chile: CEPAL. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3804/1/lcw350.pdf>
- Cerdan-Infantes, P., Maffioli, A., & Ubfal, D. (2008). *The Impact of Agricultural Extension Services: The Case of Grape Production in Argentina*. Office of Evaluation and Oversight, IADB Working Paper No. OVE/WP-05/08. IDB: Washington, DC. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Improving-Technology-Adoption-in-Agriculture-through-Extension-Services-Evidence-from-Uruguay.pdf>
- Chivasa, W., Mutanga, O. & Biradar, C. M. (2017). Application of remote sensing in estimating maize grain yield in heterogeneous African agricultural landscapes: a review. *International Journal of Remote Sensing*. 38, 6816–6845. doi: [10.1080/01431161.2017.1365390](https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1365390)
- Corral, L. & Zane, J. (2020). *Chimborazo Rural Investment Project: Irrigation Component Impact Evaluation*. IDB Technical Note No. 01963. Inter-American Development Bank, Washington, DC. <http://dx.doi.org/10.18235/0002584>
- Donaldson, D., & Storeygard, A. (2016). The view from above: applications of satellite data in economics. *Journal of Economic Perspectives*, 30(4), 171–198. doi: [10.1257/jep.30.4.171](https://doi.org/10.1257/jep.30.4.171)

- Doward, A., Chirwa, E., Boughton, D., Crawford, E., Jayne, T., Slater, R., ... Tsoka, M. (2008). *Towards 'smart' subsidies in agriculture? Lessons in recent experience in Malawi*. Natural Resource Perspectives No. 116, London, UK: Overseas Development Institute. Disponible en: <http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/4065/116-smart-subsidies-agriculture.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duff, A. & Padilla, A. (2015). *Latin America Agricultural Perspectives. Latin America After the Commodity Boom Series*. Utrecht, NL: RaboBank. Disponible en: <https://economics.rabobank.com/publications/2015/september/latin-america-agricultural-perspectives/>
- Durán, V., Aguirre, E., Baraldo, J., Fuletti, D. & Hernandez, E. (2018). *Primera evaluación del Programa de Desarrollo Productivo Rural*. Anuario OPYPA (pp. 582-598). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca: Montevideo, Uruguay. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/PDPR%20EVALUACION%20IMPACTO%20OPYPA%20AGOSTO%202018.pdf>
- FAO (2009). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2009. Santiago de Chile, Chile. Disponible en: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34343/9789275319727\\_spa.pdf](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34343/9789275319727_spa.pdf)
- Feder, G., Just, R. & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255-298. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1153228>
- Foster, A., & Rosenzweig, M. (2010). Microeconomics of technology adoption. *Annual Review of Economics*, 2, 395-424. doi: [10.1146/annurev.economics.102308.124433](https://doi.org/10.1146/annurev.economics.102308.124433)
- Fuglie, K., & Rada, N. (2013). *Resources, policies, and agricultural productivity in Sub-Saharan Africa*. US Department of Agriculture, ERS Economic Research Report No. 145. Disponible en: [https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45045/35520\\_err145.pdf?v=0](https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45045/35520_err145.pdf?v=0)
- Glover, D., Sumberg, J., Ton, G., Andersson, J., & Badstue, L. (2019). Rethinking technological change in smallholder agriculture. *Outlook on Agriculture*, 48(3), 169-180. doi: [10.1177/0030727019864978](https://doi.org/10.1177/0030727019864978)
- González, V., Ibararán, P., Maffioli, A., & Rozo, S. (2009). *The impact of technology adoption on agricultural productivity: The case of the Dominican Republic*. Inter-American Development Bank, Working Paper Series, No. 25938. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Impact-of-Technology-Adoption-on-Agricultural-Productivity-The-Case-of-the-Dominican-Republic.pdf>
- Hirano, K., & Imbens, G. W. (2001). Estimation of causal effects using propensity score weighting: An application to data on right heart catheterization, *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 2, 259–278. doi:[10.1023/ A:1020371312283](https://doi.org/10.1023/A:1020371312283)
- Huang, X., Ziniti, B., & Torbick, N. (2019). Assessing Conflict Driven Food Security in Rakhine, Myanmar with Multisource Imagery. *Land*, 8(6), 95. doi: [10.3390/land8060095](https://doi.org/10.3390/land8060095)
- Jayne, T. S., Mason, N. M., Burke, W. J. & Ariga, J. (2018). Review: Taking stock of Africa's second-generation agricultural input subsidy programs, *Food Policy*, 75, 1-14. doi: [10.1016/j.foodpol.2018.01.003](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.01.003)

- Kinyanjui, M. J. (2011). NDVI-based vegetation monitoring in Mau Forest complex, Kenya. *African Journal of Ecology*, 49(2), 165-174. doi: [10.1111/j.1365-2028.2010.01251.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2010.01251.x)
- Kubitza, C., Krishna, V. V., Schulthess, U., & Jain, M. (2020). Estimating adoption and impacts of agricultural management practices in developing countries using satellite data: a scoping review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(16). doi: [10.1007/s13593-020-0610-2](https://doi.org/10.1007/s13593-020-0610-2)
- Lal, B., de la Rosa Blanco, E., Behrens, J. R., Corbin, B. A., Green, E. K., Picard, A. J., & Balakrishnan, A. (2017). Global trends in small satellites, *Science & Technology Policy Institute*, IDA Paper P-8638. Disponible en: <https://www.ida.org/-/media/feature/publications/g/gl/global-trends-in-small-satellites/p-8638.ashx>
- Lema, D. (2015). *Crecimiento y Productividad Total de Factores en la Agricultura: Argentina y Países del Cono Sur 1961-2013*, World Bank, Washington, DC. Disponible en: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/970151468197997810/pdf/104000-WP-P155040-Crecimiento-y-Productividad-Total-de-Factores-en-la-Agricultura-Lema-PUBLIC-SPANISH.pdf>
- Lillesand, T.M. & Keifer, R.W. (2002). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4th ed. John Wiley and Sons, Inc, New York. 736 pp.
- Lobell, D.B., Azzari, G., Burke, M., Gourlay, S., Jin, Z., Kilic, T. & Murray, S. (2020). Eyes in the sky, boots on the ground: assessing satellite and ground-based approaches to crop yield measurement and analysis in Uganda. *American Journal of Agricultural Economics*, 102(1), 202-219. doi: [10.1093/ajae/aaz051](https://doi.org/10.1093/ajae/aaz051)
- Lopez, F., & Maffioli, A. (2008). *Technology Adoption, Productivity and Specialization of Uruguayan Breeders: Evidence from an Impact Evaluation*. IDB Working Paper No. OVE/WP-07/08. Inter-American Development Bank, Washington, DC. <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Technology-Adoption-Productivity-and-Specialization-of-Uruguayan-Breeders-Evidence-from-an-Impact-Evaluation.pdf>
- Lybbert, T., & Sumner, D. (2010). *Agricultural technologies for climate change mitigation and adaptation in developing countries: Policy options for innovation and technology diffusion*. International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD), Issue Brief No. 6. Disponible en: [https://www.files.ethz.ch/isn/117246/agricultural-technologies-for-climate-change-mitigation-and-adaptation-in-developing-countries\\_web.pdf](https://www.files.ethz.ch/isn/117246/agricultural-technologies-for-climate-change-mitigation-and-adaptation-in-developing-countries_web.pdf)
- Maffioli, A., Ubfal, D., Baré, G. V. and Cerdán-Infantes, P. (2011). Extension services, product quality and yields: the case of grapes in Argentina. *Agricultural Economics*, 42, 727–734. doi: [10.1111/j.1574-0862.2011.00560.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00560.x)
- MAGyP (2009). *Las explotaciones agropecuarias familiares en la República Argentina. Un análisis a partir de los datos del Censo Nacional Agropecuario 2002*. Series Estudios e Investigaciones, No. 23. PROINDER. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6860?show=full>
- Morris, M., Sebastian, A. R., Perego, V. M. E., Nash, J. D., Diaz-Bonilla, E., Pineiro, V., ... & Centurion, M. E. (2020). *Future Foodscapes: Re-imagining Agriculture in Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C.: World Bank Group. Disponible en:

<http://documents.worldbank.org/curated/en/942381591906970569/Future-Foodscapes-Re-imagining-Agriculture-in-Latin-America-and-the-Caribbean>

- Moscardi, E. (2011). Relevamiento de innovaciones en tecnología y brechas tecnológicas. Documento preparación de PRODAF. Washington, DC: Inter-American Development Bank. *Documento no publicado.*
- Naciones Unidas (2015). *Population 2030: Demographic challenges and opportunities for sustainable development planning*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ST/ESA/SER.A/389. Disponible en: <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/Population2030.pdf>
- OECD (2019). *Agricultural Policies in Argentina*. OECD Food and Agricultural Reviews, OECD Publishing, Paris. doi: [10.1787/9789264311695-en](https://doi.org/10.1787/9789264311695-en)
- OECD & FAO (2019). *Latin American Agriculture: Prospects and Challenges*. OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028. Paris, France: OECD Publishing. doi: [10.1787/b2b742eb-en](https://doi.org/10.1787/b2b742eb-en)
- Ortiz-Monasterio, J. I. & Lobell, D. B. (2007). Remote sensing assessment of regional yield losses due to sub-optimal planting dates and fallow period weed management. *Field Crops Research*, 101(1), 80–87. doi: [10.1016/j.fcr.2006.09.012](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.09.012)
- Ragasa, C., Kinwa-Muzinga, A., & Ulimwengu, J. M. (2012). *Gender assessment of the agricultural sector in the Democratic Republic of the Congo* (No. 01201). Washington, DC: IFPRI. Disponible en: <http://www.ifpri.org/publication/gender-assessment-agricultural-sector-democratic-republic-congo>
- Rehman, A., Jingdong, L., Khatoon, R., Hussain, I., & Iqbal, M. S. (2017). Modern agricultural technology adoption its importance, role and usage for the improvement of agriculture. *Life Science Journal*, 14(2), 70-74. doi: [10.7537/marslsj140217.10](https://doi.org/10.7537/marslsj140217.10)
- Rosegrant, M. W., & Cline, S. A. (2003). Global food security: Challenges and policies. *Science*, 302, 1917-1919. doi: [10.1126/science.1092958](https://doi.org/10.1126/science.1092958)
- Rosenbaum, P. R. (1987). Model-based direct adjustment. *Journal of the American Statistical Association*, 82, 387–394. doi: [10.1080/01621459.1987.10478441](https://doi.org/10.1080/01621459.1987.10478441)
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70, 41–55. doi: [10.1093/biomet/70.1.41](https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.41)
- Rossi, M. (2013). *Evaluación de Impacto del Proyecto Integración de Pequeños Productores a la Cadena Vitivinícola (PROVIAR)*. Documento Interno UCAR (Unidad para el Cambio Rural) – Área de Control de Gestión.
- Salazar, L., Aramburu, J., González, M., & Winters, P. (2015). *Food Security and Productivity: Impacts of Technology Adoption in Small Subsistence Farmers in Bolivia*. IDB Working Paper No. IDBWP-567. Inter-American Development Bank, Washington, DC. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/food-security-and-productivity-impacts-technology-adoption-small-subsistence-farmers-bolivia>
- Salazar, L., & Lopez, C. A. (2017). *Unraveling the Threads of Decentralized Community-Based Irrigation Systems in Bolivia*. IDB Working Paper No. 00858. Inter-American Development Bank, Washington, DC. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0001033>

- Salazar, L., Schling, M., Palacios, A. C., Pazos, N. (2021a). *Retos para la agricultura familiar en el contexto del COVID-19: Seguimiento tras 6 meses de crisis*. Inter-American Development Bank, Washington, DC. doi: [10.18235/0003070](https://doi.org/10.18235/0003070)
- Salazar, L., Palacios, A. C., Selvaraj, M., Montenegro, F. (2021b). *Using satellite images to measure crop productivity: Long-term impact assessment of a randomized technology adoption program in the Dominican Republic*. IDB Working Paper No. 01234. Washington, DC: Inter-American Development Bank. doi: [10.18235/0003604](https://doi.org/10.18235/0003604)
- Schling, M. & Winters, P. (2018). Computer-assisted instruction for child development: Evidence from an educational programme in rural Zambia. *Journal of Development Studies*, 54(7), 1121-1136. doi: [10.1080/00220388.2017.1366454](https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1366454)
- Sims, B., & Kienzle, J. (2017). Sustainable Agricultural Mechanization for Smallholders: What Is It and How Can We Implement It? *Agriculture*, 7(6), 50. doi: [10.3390/agriculture7060050](https://doi.org/10.3390/agriculture7060050)
- Titus, M. A. (2007). Detecting selection bias, using propensity score matching, and estimating treatment effects: An application to the private returns to a Master's degree. *Research in Higher Education*, 48(4), 487–521. doi: [10.1007/s11162-006-9034-3](https://doi.org/10.1007/s11162-006-9034-3)
- Todd, J., Winters, P. C., & Hertz, T. (2010). Conditional cash transfers and agricultural production: Lessons from the Oportunidades experience in Mexico. *Journal of Development Studies*, 46, 39–67. doi: [10.1080/00220380903197945](https://doi.org/10.1080/00220380903197945)
- Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO, 2015a). “Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar” (PRODAF), Provincia de Chaco. *Estudio de Línea de Base - Informe Estadístico*. Documento Interno UCAR (Unidad para el Cambio Rural) – Área de Control de Gestión.
- Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO, 2015b). “Programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar” (PRODAF), Provincia de Entre Ríos. *Estudio de Línea de Base - Informe Estadístico*. Documento Interno UCAR (Unidad para el Cambio Rural) – Área de Control de Gestión.
- Waddington, H., Snilsveit, B., Hombrados, J. G., Vojtkova, M., Anderson, J., & White, H. (2014). Farmer field schools for improving farming practices and farmer outcomes in low- and middle-income countries: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 10(6), 1-335. doi: [10.4073/CSR.2014.6](https://doi.org/10.4073/CSR.2014.6)
- Ye, Y., & Kaskutas, L. A. (2009). Using propensity scores to adjust for selection bias when assessing the effectiveness of Alcoholics Anonymous in observational studies. *Drug and Alcohol Dependence*, 104(1–2), 56–64. doi: [10.1016/j.drugalcdep.2009.03.018](https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2009.03.018)

## Anexos

### Anexo A: Menú de tecnologías promovidas por el PRODAF

**Tabla A1. Principales tecnologías financiadas por el PRODAF**

<b>Tipo de tecnología</b>	<b>Cadena láctea</b>	<b>Cadena citrícola</b>	<b>Cadena aldonera</b>	<b>Cadena ganadera</b>
Tecnologías de procesos	Alimentación Calidad de leche Manejo reproductivo Manejo sanitario	Manejo Integrado de Producción (Protocolo PIC INTA): – <i>Raleo y poda</i> – <i>Control de malezas e insectos</i> – <i>Fertilización y riego</i>	Manejo Integrado de Producción (Protocolo Procalgodón INTA): - <i>Barbecho</i> - <i>Siembra</i> - <i>Control de plagas y malezas</i> - <i>Tratamiento de rastrojos</i>	Manejo de pasturas Manejo reproductivo Manejo sanitario
Tecnologías de insumos, inversiones	Sistemas de ordeño Mejoramiento genético Provisión de agua Sistemas de alimentación Conservación de la leche	Equipos de riego Plantas certificadas Pulverizadoras Equipos de acondicionamiento y cosecha Equipos para fertilización Equipos para manejo (desmalezadoras) Insumos para fertilización y control fitosanitario	Semilla mejorada Insecticidas Herbicidas Reguladores de crecimiento	Alambrados Provisión de agua Recursos forrajeros Mejoramiento genético

## Anexo B: Tablas adicionales

**Tabla B1:** Características productivas y sociodemográficas, Ganado y Tambo

	Ganado			Tambo		
	Control	Tratamiento	Diferencia	Control	Tratamiento	Diferencia
<b>Variables sociodemográficas</b>						
Edad del productor en el 2020	53.62 (13.41)	54.86 (13.12)	1.244	55.68 (12.20)	54.77 (11.19)	-0.915
Años de educación del productor en el 2020	11.88 (4.40)	13.22 (4.16)	<b>1.348***</b>	13.98 (4.88)	10.44 (2.60)	<b>-3.534***</b>
Número de miembros del hogar en el 2020	2.79 (1.39)	2.87 (1.23)	0.079	4.00 (1.41)	3.51 (1.52)	-0.493
Tasa de dependencia 2020	33.04 (51.26)	30.92 (53.36)	-2.118	-	28.55 (46.14)	-
Proporción de productores que son mujeres	0.11 (0.31)	0.12 (0.33)	0.016	-	0.05 (0.23)	-
Proporción de productores casados	0.62 (0.49)	0.71 (0.45)	<b>0.091*</b>	-	0.85 (0.36)	-
Proporción de hogares donde al menos un miembro del hogar trabaja fuera de la UP	0.44 (0.50)	0.51 (0.50)	0.071	-	0.23 (0.42)	-
Distancia de la vivienda a la carretera en km	7.42 (3.56)	6.73 (3.55)	<b>-0.69*</b>	-	7.91 (3.31)	-
Proporción de hogares con acceso a internet en la vivienda	0.58 (0.50)	0.76 (0.43)	<b>0.179***</b>	-	0.92 (0.28)	-
Proporción de hogares con acceso a señal telefónica de buena calidad en la vivienda	0.37 (0.49)	0.61 (0.49)	<b>0.241***</b>	-	0.47 (0.50)	-
Índice de acceso a servicios de telecomunicaciones	0.48 (0.41)	0.69 (0.38)	<b>0.21***</b>	-	0.70 (0.27)	-
Proporción de viviendas con suelo de calidad	0.31 (0.46)	0.19 (0.39)	<b>-0.122***</b>	-	0.07 (0.25)	-
Proporción de viviendas con techo de calidad	0.20 (0.40)	0.24 (0.43)	0.041	-	0.03 (0.18)	-
Proporción con recubrimiento interno del techo de la vivienda de calidad	0.83 (0.38)	0.92 (0.27)	<b>0.093***</b>	-	0.99 (0.08)	-
Proporción de viviendas con acceso de camino asfaltado	0.27 (0.44)	0.49 (0.50)	<b>0.225***</b>	-	0.25 (0.44)	-
Índice de calidad de la vivienda	0.40 (0.20)	0.46 (0.21)	<b>0.059**</b>	-	0.34 (0.14)	-
Índice de hacinamiento	1.07 (0.59)	1.05 (0.50)	-0.02	-	1.16 (0.52)	-

**Tabla B1 (continuada):** Características productivas y sociodemográficas, Ganado y Tambo

	<b>Ganado</b>			<b>Tambo</b>		
	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Variables productivas 2015</b>						
Índice de equipamiento 2015	0.17 (0.17)	0.22 (0.17)	<b>0.053***</b>	-	0.41 (0.15)	-
Superficie total de las parcelas (ha) en 2015	313.58 (332.16)	445.39 (443.60)	<b>131.808***</b>	151.90 (123.99)	98.12 (110.96)	<b>-53.772***</b>
Número de parcelas en la que está dividida la UP en el 2015	1.19 (1.83)	2.29 (3.24)	<b>1.104***</b>	-	4.48 (3.65)	-
Perteneció a alguna asociación u organización de agricultores durante el 2015	0.04 (0.20)	0.09 (0.28)	0.044	-	0.15 (0.36)	-
<b>Observaciones</b>	<b>142</b>	<b>197</b>		<b>86</b>	<b>146</b>	
Nota: Desviación estándar entre paréntesis. Las diferencias son distintas de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(***), 95 (**) o 90 (*).						

**Tabla B2:** Características productivas y sociodemográficas, Algodón y Citrus

	Algodón			Citrus		
	Control	Tratamiento	Diferencia	Control	Tratamiento	Diferencia
<b>VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS</b>						
Edad del productor en el 2020	51.32 (14.54)	49.18 (12.60)	-2.141	52.83 (13.68)	52.45 (11.56)	-0.381
Años de educación del productor en el 2020	12.20 (3.07)	11.79 (3.32)	-0.409	9.05 (3.01)	10.00 (3.32)	<b>0.949*</b>
Número de miembros del hogar en el 2020	2.46 (1.02)	2.82 (1.27)	<b>0.362**</b>	3.90 (1.63)	3.40 (1.43)	<b>-0.5*</b>
Tasa de dependencia 2020	19.66 (34.37)	28.01 (44.95)	8.353	51.31 (62.55)	42.00 (50.75)	-9.306
Proporción de productores que son mujeres	0.09 (0.29)	0.07 (0.25)	-0.023	0.05 (0.22)	0.06 (0.23)	0.007
Proporción de productores casados	0.64 (0.48)	0.78 (0.41)	<b>0.14**</b>	0.83 (0.38)	0.87 (0.34)	0.038
Proporción de hogares donde al menos un miembro del hogar trabaja fuera de la UP	0.27 (0.45)	0.45 (0.50)	<b>0.176**</b>	0.25 (0.44)	0.31 (0.47)	0.064
Distancia de la vivienda a la carretera en km	7.75 (3.72)	6.78 (3.52)	<b>-0.976*</b>	7.39 (3.55)	8.44 (3.87)	1.041
Proporción de hogares con acceso a internet en la vivienda	0.59 (0.50)	0.75 (0.44)	<b>0.158**</b>	0.88 (0.32)	0.91 (0.28)	0.031
Proporción de hogares con acceso a señal telefónica de buena calidad en la vivienda	0.27 (0.45)	0.47 (0.50)	<b>0.201***</b>	0.32 (0.47)	0.47 (0.50)	<b>0.155*</b>
Índice de acceso a servicios de telecomunicaciones	0.43 (0.37)	0.61 (0.40)	<b>0.18***</b>	0.60 (0.29)	0.69 (0.30)	<b>0.093*</b>
Proporción de viviendas con suelo de calidad	0.22 (0.42)	0.23 (0.42)	0.009	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0
Proporción de viviendas con techo de calidad	0.28 (0.45)	0.34 (0.47)	0.054	0.02 (0.13)	0.04 (0.20)	0.026
Proporción con recubrimiento interno del techo de la vivienda de calidad	0.94 (0.25)	0.98 (0.13)	<b>0.047*</b>	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	0
Proporción de viviendas con acceso de camino asfaltado	0.17 (0.38)	0.37 (0.48)	<b>0.203***</b>	0.20 (0.40)	0.31 (0.47)	0.114
Índice de calidad de la vivienda	0.40 (0.17)	0.48 (0.20)	<b>0.078***</b>	0.30 (0.10)	0.34 (0.13)	<b>0.035*</b>
Índice de hacinamiento	1.03 (0.40)	1.08 (0.51)	0.058	1.32 (0.51)	1.01 (0.40)	<b>-0.302***</b>

**Tabla B2 (continuada):** Características productivas y sociodemográficas, Algodón y Citrus

	<b>Algodón</b>			<b>Citrus</b>		
	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Variables productivas 2015</b>						
Índice de equipamiento 2015	0.21 (0.11)	0.26 (0.12)	<b>0.054***</b>	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0
Superficie total de las parcelas (ha) en 2015	87.55 (58.63)	104.98 (65.71)	17.424	23.28 (15.07)	32.80 (31.24)	<b>9.52**</b>
Número de parcelas en la que está dividida la UP en el 2015	0.88 (0.74)	1.18 (1.19)	<b>0.292*</b>	0.95 (0.85)	1.21 (0.98)	0.264
Perteneció a alguna asociación / organización de agricultores en el 2015	0.17 (0.38)	0.08 (0.28)	<b>-0.083*</b>	0.12 (0.32)	0.37 (0.49)	<b>0.255***</b>
<b>Observaciones</b>	<b>78</b>	<b>119</b>		<b>60</b>	<b>70</b>	
Nota: Desviación estándar entre paréntesis. Las diferencias son distintas de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(***), 95(**) o 90 (*).						

**Tabla B3:** Características productivas y sociodemográficas ponderadas por IPW, Ganado y Tambo

	<b>Ganado</b>			<b>Tambo</b>		
	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS</b>						
Edad del productor en el 2020	54.12 (12.79)	54.37 (13.06)	0.251	54.83 (9.60)	54.66 (10.62)	-0.172
Años de educación del productor en el 2020	12.87 (4.19)	12.85 (4.21)	-0.02	11.95 (4.05)	11.21 (3.13)	-0.739
Número de miembros del hogar en el 2020	2.78 (1.26)	2.81 (1.23)	0.033	5.00 .	3.60 (1.56)	<b>-1.404***</b>
Tasa de dependencia 2020	30.05 (48.96)	32.00 (53.07)	1.948	-	30.73 (48.50)	-
Proporción de productores que son mujeres	0.12 (0.33)	0.13 (0.34)	0.014	-	0.06 (0.24)	-
Proporción de productores casados	0.69 (0.47)	0.73 (0.44)	0.044	-	0.87 (0.34)	-
Proporción de hogares donde al menos un miembro del hogar trabaja fuera de la UP	0.55 (0.50)	0.52 (0.50)	-0.029	-	0.25 (0.44)	-
Distancia de la vivienda a la carretera en km	7.39 (3.49)	7.04 (3.60)	-0.357	-	7.92 (3.32)	-
Proporción de hogares con acceso a internet en la vivienda	0.69 (0.46)	0.69 (0.46)	-0.002	-	0.94 (0.24)	-
Proporción de hogares con acceso a señal telefónica de buena calidad en la vivienda	0.50 (0.50)	0.51 (0.50)	0.015	-	0.49 (0.50)	-
Índice de acceso a servicios de telecomunicaciones	0.59 (0.41)	0.60 (0.40)	0.007	-	0.71 (0.26)	-
Proporción de viviendas con suelo de calidad	0.19 (0.40)	0.20 (0.40)	0.006	-	0.06 (0.24)	-
Proporción de viviendas con techo de calidad	0.19 (0.39)	0.21 (0.41)	0.022	-	0.03 (0.18)	-
Proporción con recubrimiento interno del techo de la vivienda de calidad	0.90 (0.30)	0.92 (0.28)	0.018	-	0.99 (0.08)	-
Proporción de viviendas con acceso de camino asfaltado	0.42 (0.50)	0.42 (0.49)	0.001	-	0.29 (0.46)	-
Índice de calidad de la vivienda	0.43 (0.20)	0.44 (0.21)	0.012	-	0.34 (0.14)	-
Índice de hacinamiento	1.05 (0.57)	1.06 (0.53)	0.005	-	1.17 (0.52)	-

**Tabla B3 (continuada):** Características productivas y sociodemográficas ponderadas por IPW, Ganado y Tambo

	<b>Ganado</b>			<b>Tambo</b>		
	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Variables productivas 2015</b>						
Índice de equipamiento 2015	0.24 (0.22)	0.21 (0.17)	-0.025	-	0.42 (0.15)	-
Superficie total de las parcelas (ha) en 2015	314.38 (314.35)	389.55 (410.47)	75.168	138.68 (100.83)	126.09 (108.72)	-12.594
Número de parcelas en la que está dividida la UP en el 2015	2.10 (2.68)	1.92 (2.96)	-0.188	-	4.90 (3.87)	-
Perteneció a alguna asociación u organización de agricultores durante el 2015	0.09 (0.29)	0.07 (0.26)	-0.015	-	0.17 (0.37)	-
<b>Observaciones</b>	<b>142</b>	<b>197</b>		<b>86</b>	<b>146</b>	
Nota: Desviación estándar entre paréntesis. Las diferencias son distintas de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(***), 95 (**) o 90 (*).						

**Tabla B4:** Características productivas y sociodemográficas ponderadas por IPW, Algodón y Citrus

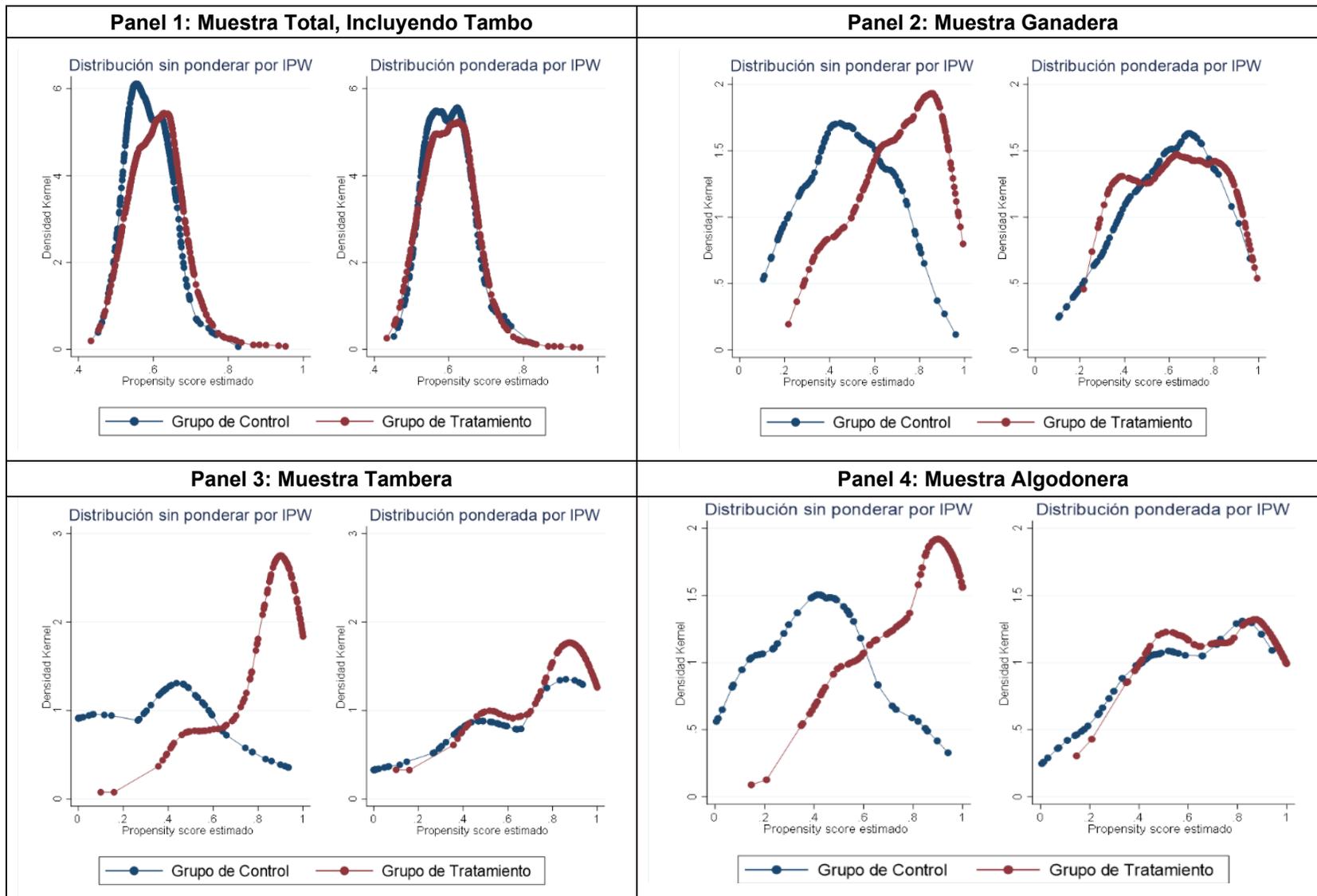
	<b>Algodón</b>			<b>Citrus</b>		
	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Control</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Diferencia</b>
<b>VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS</b>						
Edad del productor en el 2020	51.41 (13.57)	50.02 (12.88)	-1.394	53.78 (13.55)	53.12 (11.16)	-0.664
Años de educación del productor en el 2020	11.61 (3.04)	11.82 (3.30)	0.21	8.90 (2.83)	9.50 (3.17)	0.599
Número de miembros del hogar en el 2020	2.75 (1.02)	2.76 (1.31)	0.014	3.42 (1.58)	3.48 (1.40)	0.064
Tasa de dependencia 2020	36.41 (44.34)	27.22 (43.86)	-9.185	43.88 (65.03)	44.04 (47.47)	0.16
Proporción de productores que son mujeres	0.06 (0.23)	0.07 (0.26)	0.013	0.06 (0.24)	0.06 (0.24)	0.002
Proporción de productores casados	0.84 (0.37)	0.84 (0.37)	-0.006	0.90 (0.30)	0.88 (0.32)	-0.016
Proporción de hogares donde al menos un miembro del hogar trabaja fuera de la UP	0.40 (0.50)	0.38 (0.49)	-0.02	0.32 (0.47)	0.35 (0.48)	0.028
Distancia de la vivienda a la carretera en km	6.19 (3.74)	6.58 (3.49)	0.387	8.30 (3.75)	8.04 (3.99)	-0.265
Proporción de hogares con acceso a internet en la vivienda	0.69 (0.47)	0.71 (0.45)	0.019	0.93 (0.26)	0.93 (0.26)	0.000
Proporción de hogares con acceso a señal telefónica de buena calidad en la vivienda	0.34 (0.48)	0.35 (0.48)	0.01	0.37 (0.49)	0.41 (0.50)	0.043
Índice de acceso a servicios de telecomunicaciones	0.52 (0.38)	0.53 (0.39)	0.015	0.65 (0.27)	0.67 (0.28)	0.022
Proporción de viviendas con suelo de calidad	0.20 (0.41)	0.24 (0.43)	0.04	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000
Proporción de viviendas con techo de calidad	0.20 (0.40)	0.24 (0.43)	0.047	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000
Proporción con recubrimiento interno del techo de la vivienda de calidad	0.96 (0.19)	0.97 (0.17)	0.004	1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	0.000
Proporción de viviendas con acceso de camino asfaltado	0.19 (0.40)	0.30 (0.46)	0.107	0.28 (0.45)	0.31 (0.47)	0.033
Índice de calidad de la vivienda	0.39 (0.14)	0.44 (0.19)	0.05	0.32 (0.11)	0.33 (0.12)	0.008
Índice de hacinamiento	1.13 (0.49)	1.10 (0.50)	-0.035	1.13 (0.50)	1.12 (0.40)	-0.007

**Tabla B4 (continuada):** Características productivas y sociodemográficas ponderadas por IPW, Algodón y Citrus

	Algodón			Citrus		
	Control	Tratamiento	Diferencia	Control	Tratamiento	Diferencia
<b>Variables productivas 2015</b>						
Índice de equipamiento 2015	0.25 (0.11)	0.25 (0.13)	0.001	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000
Superficie total de las parcelas (ha) en 2015	91.72 (57.38)	97.05 (59.86)	5.327	24.48 (14.30)	28.38 (27.28)	3.899
Número de parcelas en la que está dividida la UP en el 2015	1.22 (0.75)	1.41 (1.01)	0.194	1.12 (0.85)	1.06 (0.95)	-0.059
Perteneció a alguna asociación / organización de agricultores en el 2015	0.11 (0.31)	0.08 (0.27)	-0.032	0.002E28 (0.45)	0.26 (0.44)	-0.020
<b>Observaciones</b>	<b>78</b>	<b>119</b>		<b>60</b>	<b>70</b>	
Nota: Desviación estándar entre paréntesis. Las diferencias son distintas de cero si el p-value es significativo a niveles de confianza de 99(***), 95 (**) o 90 (*).						

## Anexo C: Gráficos adicionales

### Gráfico C1: Distribución del Propensity Score con y sin IPW



### Panel 5: Muestra Citrícola

