# PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: QUÉ SABEMOS Y HACIA DÓNDE VAMOS

**Editado por:**

Lina Salazar
Maja Schling
Carmine Paolo De Salvo
Pedro Martel



BID

# PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: QUÉ SABEMOS Y HACIA DÓNDE VAMOS


## Autores:

Lina Salazar
Maja Schling
Carmine Paolo De Salvo
Pedro Martel
Gonzalo Rondinone
Diana Victoria Tadeo Ruesta
Renée Pérez Massard
María Camila Ortiz Álvarez
Natalia Tellez-Lara
Alejandro Nin Pratt
Valeria Piñeiro
Timothy S. Thomas
Richard D. Robertson
Araceli Ortega Díaz
Andrea Guerrero
Rachid Laajaj
Margarita Gáfaro
Steven M. Helfand
Francisco Lima Cavalcanti
Carlos Otávio de Freitas
Ajax R. B. Moreira
Michée Arnold Lachaud
Boris E. Bravo-Ureta
Joanna Kamiche Zegarra
Jacques Julien
Daniel Lema
Nicolás Gatti
Rodrigo Ysaac Chang Huaita
Daniel Barbosa
Dasun Lee
Magaly Saenz Somarriba
Federico García
José María Gil
Juan Hernán Cabas Monje
Mahdieh Khezrinejadgharaei
Bouali Guesmi
Neal Haddaway
Linda Errington
Aakar Shah
Volha Skiddan
Hazel Cooley
Jaron Porciello
Sini Savilaakso

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

Productividad agrícola en América Latina y el Caribe: qué sabemos y hacia dónde vamos/ editado por Lina Salazar, Maja Schling, Carmine Paolo De Salvo, Pedro Martel, editores.

p. cm. — (Monografía del BID ; 1317)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Agricultural productivity-Latin America. 2. Agricultural productivity-Caribbean Area. 3. Rural development-Latin America. 4. Rural development-Caribbean Area. 5. Food security-Latin America. 6. Food security-Caribbean Area. I. Salazar, Lina, editora. II. Schling, Maja, editora. III. De Salvo, Carmine Paolo, editor. IV. Martel, Pedro, editor. V. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agricultura y Desarrollo Rural. VI. Serie.

IDB-MG-1317

Códigos JEL: Q15, Q54, O13

http://www.iadb.org

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. 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 Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). 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 y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

Diseño: Estudio 643
Dirección de Arte: Natalia Gómez
Créditos fotografías: Shutterstock
Vectores e ilustraciones: Recursos diseñados por Freepik, www. freepik.com
Iconos: Este documento fue diseñado con recursos de Flaticon.com, https://www.flaticon.es/autores,
Iconos diseñados por: Freepik, Nhor Pai and Eucalyp (ver galerías por autor).

# AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su sincero agradecimiento a los colegas y expertos cuyas contribuciones enriquecieron significativamente esta publicación.

Están especialmente agradecidos con Ana María Ibáñez por su liderazgo intelectual y su orientación reflexiva a lo largo del desarrollo de este trabajo. Un agradecimiento especial para Fabrizio Opertti por su apoyo estratégico y aliento, y para Christian Volpe y Gabriel Scattolo por sus valiosos comentarios y su constante participación.

Los autores también reconocen las valiosas contribuciones de Allen Blackman, Paul Winters y Keith Fuglie, cuyos generosos aportes y comentarios constructivos ayudaron a afinar los argumentos y ampliar el alcance del análisis.

Expresan su profundo agradecimiento a Luis Álvaro Álvarez y Sebastián Bernal por sus contribuciones de investigación y apoyo técnico, y a Yolanda Valle, Ricardo Delgado y Alexandra Mañunga por su dedicada asistencia operativa y administrativa.

Un especial agradecimiento a Soledad Balduzzi por su sobresaliente coordinación del proceso editorial y de diseño, así como por la planificación e implementación de diversos seminarios e hitos clave que contribuyeron a dar forma a esta publicación.

Los autores también expresan su gratitud a sus colegas de la División de Agricultura y Desarrollo Rural del Banco Interamericano de Desarrollo por su continuo apoyo y colaboración durante la preparación de este informe.

Este trabajo se benefició enormemente de la colaboración, experiencia y compromiso de todas las personas aquí mencionadas. Los autores aprecian profundamente su tiempo, dedicación y espíritu de cooperación. Sin embargo, todos los errores u omisiones son responsabilidad exclusiva de los autores.

# TABLA DE CONTENIDO


**INTRODUCCIÓN**

Comprender la productividad agrícola en América Latina y el Caribe: evidencia para un crecimiento sostenible i

**I. TRANSFORMAR LOS DESAFÍOS EN OPORTUNIDADES** 1

Capítulo 1. Repensar el apoyo agrícola: el papel de las políticas públicas en el crecimiento de la productividad 2
Capítulo 2. Adaptarse a un clima cambiante: estrategias para sistemas agroalimentarios productivos y resilientes 17

**II. PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN FOCO: EVIDENCIA DE ESTUDIOS DE PAÍS** 27

Capítulo 3. México 28
Capítulo 4. Colombia 45
Capítulo 5. Brasil 59
Capítulo 6. Ecuador 70
Capítulo 7. Perú 83
Capítulo 8. Bolivia 96
Capítulo 9. Paraguay 110
Capítulo 10. Argentina 124
Capítulo 11. Uruguay

**III. PRODUCTIVIDAD CON PROPÓSITO: CONSTRUIR SISTEMAS AGROALIMENTARIOS SOSTENIBLES** 147

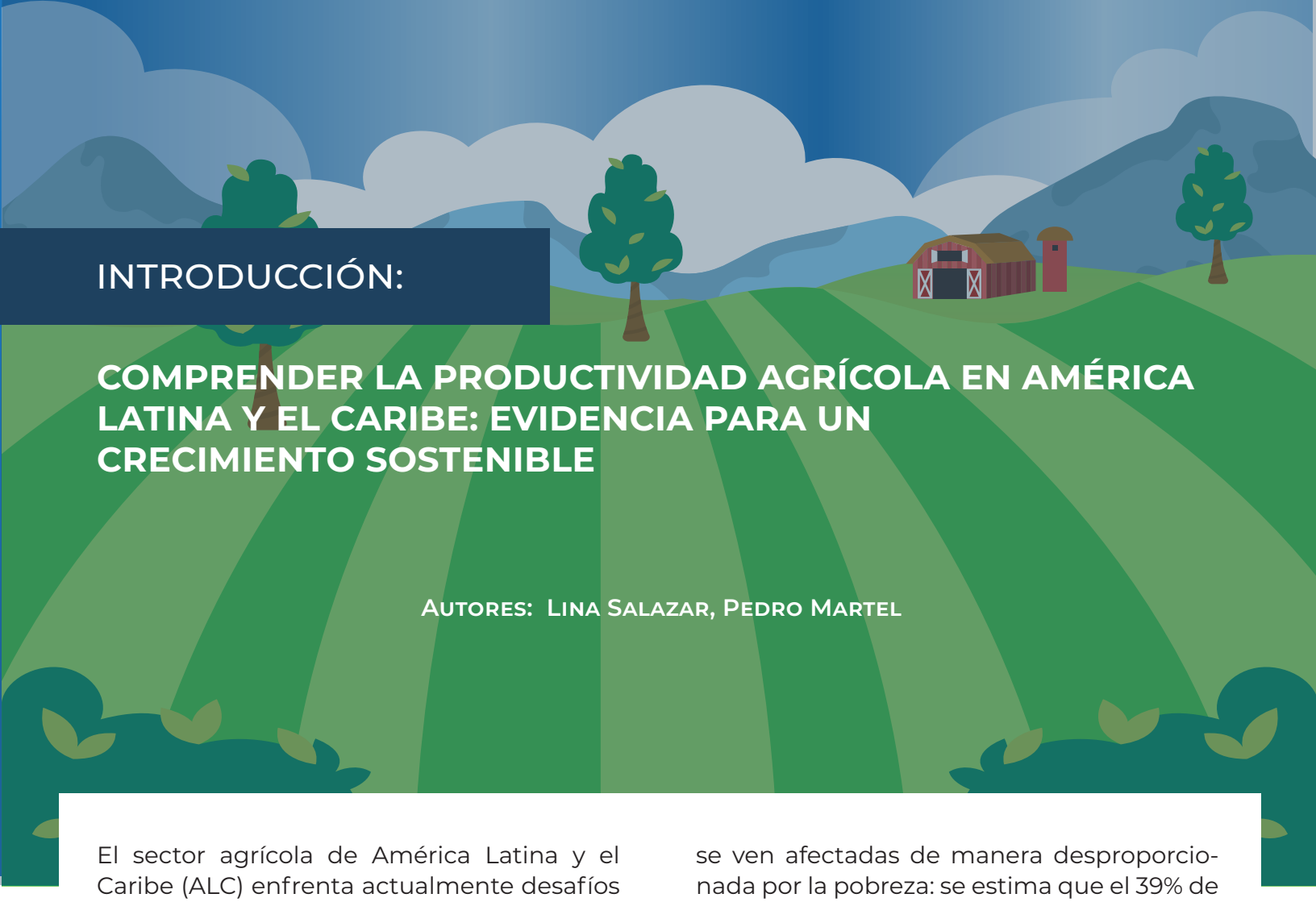
Capítulo 12. Reevaluar el crecimiento agrícola: presentación de un índice de productividad sostenible para América Latina y el Caribe 148

**IV. GENERAR IMPACTO A TRAVÉS DE LA EVIDENCIA** 164

Capítulo 13. Impulsar el desarrollo agrícola mediante la evidencia: una década de evaluaciones de impacto del BID en la región 165
Capítulo 14. Identificar brechas de evidencia en la investigación sobre productividad agrícola: un mapeo sistemático 179

**V. REFERENCIAS** 200

Anexo 1. 224



# INTRODUCCIÓN:

# COMPRENDER LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: EVIDENCIA PARA UN CRECIMIENTO SOSTENIBLE

Autores: Lina Salazar, Pedro Martel

El sector agrícola de América Latina y el Caribe (ALC) enfrenta actualmente desafíos complejos y sin precedentes: producir suficiente alimento nutritivo para alimentar a una población en crecimiento, ofrecer medios de vida prósperos y proteger los recursos naturales mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación.

En primer lugar, el crecimiento poblacional está ejerciendo una presión cada vez mayor sobre el sector para garantizar un suministro suficiente y estable de alimentos nutritivos. En 2024, alrededor del 28% de la población de ALC—aproximadamente 187,6 millones de personas—experimentó inseguridad alimentaria, mientras que el 27% no pudo costear una dieta saludable (FAO et al., 2025). Garantizar el acceso a alimentos nutritivos y asequibles debe seguir siendo, por tanto, una prioridad para el sector agrícola de la región.

En segundo lugar, las zonas rurales de ALC se ven afectadas de manera desproporcionada por la pobreza: se estima que el 39% de la población rural vive en situación de pobreza, en comparación con el 24,6% en las zonas urbanas (CEPAL, 2024). Dado que la gran mayoría de los medios de vida rurales dependen de la agricultura, reducir la pobreza rural requiere fortalecer la capacidad del sector para ofrecer oportunidades de empleo prósperas y económicamente viables.

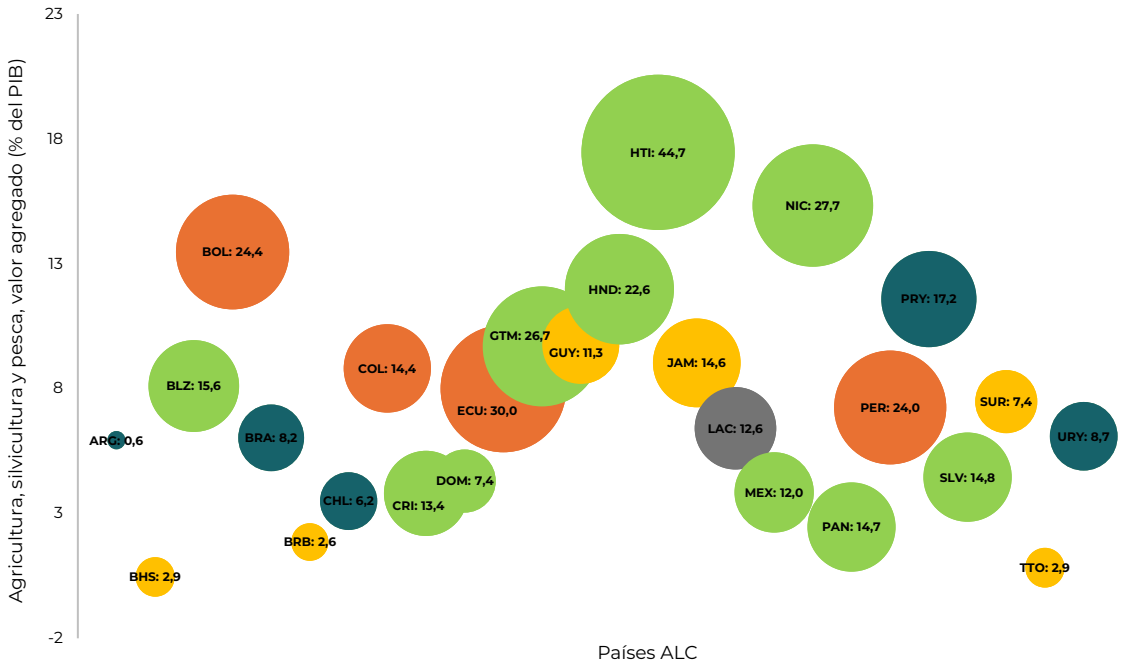
En tercer lugar, ALC contribuye aproximadamente con el 8% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (CEPAL, 2017; WB, 2021; WRI, 2023), siendo el sector de agricultura, silvicultura y uso de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) el principal responsable, con un 43% del total de las emisiones regionales (IDB, 2022; WRI, 2023). Por ello, abordar los impactos ambientales negativos de la agricultura se está convirtiendo en una cuestión urgente para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad a largo plazo del sector.

Estos desafíos se ven amplificados por la exposición del sector a los riesgos climáticos. Dado que la agricultura depende en gran medida de las condiciones meteorológicas, es altamente vulnerable a la variabilidad del clima y al aumento en la frecuencia de los eventos extremos.

Abordar estos desafíos requiere priorizar el crecimiento sostenible de la productividad. Primero, mejorar la seguridad alimentaria depende de una producción agrícola estable que garantice la disponibilidad de alimentos nutritivos durante todo el año. Segundo, los medios de vida rurales están estrechamente vinculados a la rentabilidad de las actividades agrícolas. Por tanto, aumentar la producción sin expandir el uso de insumos es esencial para mejorar el poder adquisitivo de los hogares rurales. Finalmente, reducir la presión sobre los recursos naturales exige limitar la expansión de la frontera agrícola y eliminar la dependencia de insumos perjudiciales para el medio ambiente. Estos objetivos solo pueden alcanzarse mediante mejoras sostenibles en la productividad agrícola.

El sector agrícola es un pilar de la economía en ALC, ya que representa aproximadamente el 6% del PIB, genera el 15% del empleo total y contribuye con el 13% de la producción agrícola mundial, el 24% de las exportaciones totales de ALC y el 16% de las exportaciones agrícolas mundiales (WDI, 2023; FAOSTAT, 2023). Sin embargo, estas cifras agregadas ocultan una heterogeneidad significativa entre los países. Por ejemplo, el PIB agrícola supera el 10% en Paraguay, Bolivia, Honduras y Nicaragua, mientras que se sitúa por debajo del 4% en Chile y México. De manera similar, la participación del empleo agrícola varía ampliamente: más del 25% de la fuerza laboral en Haití y Guatemala trabaja en la agricultura, en comparación con menos del 10% en Brasil y Uruguay. La **Figura 1** ilustra esta diversidad en la producción y el empleo del sector agrícola en toda la región de ALC.

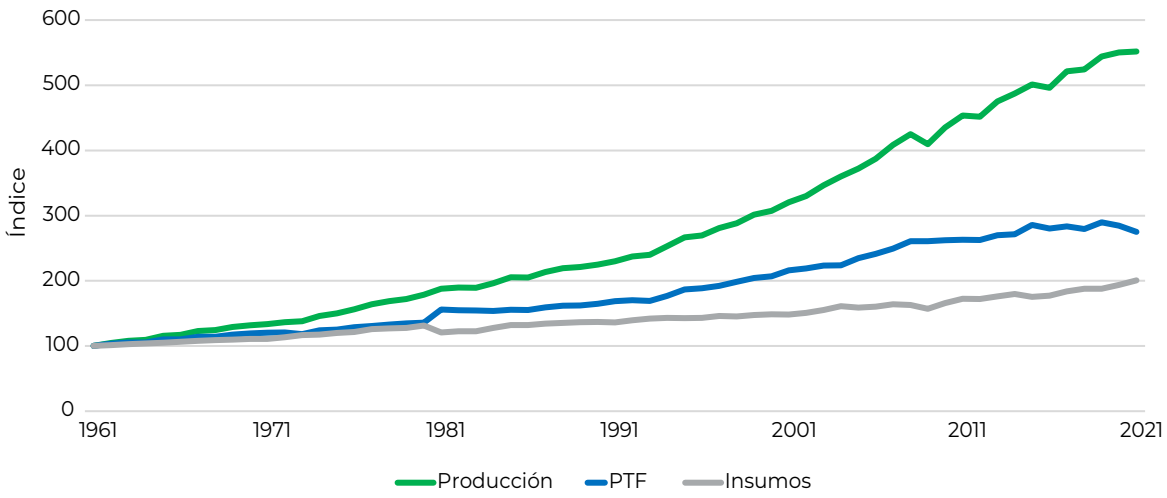
FIGURA 1. PIB AGRÍCOLA Y EMPLEO EN EL SECTOR AGRÍCOLA POR PAÍS (2023)




Nota: El tamaño de la burbuja es proporcional al empleo en la agricultura (% del empleo total).
Fuente: Cálculos de los autores basados en WDI.

ALC ha experimentado un notable crecimiento en la producción agrícola durante los últimos 60 años, aumentando casi seis veces. La mejora de la producción agrícola puede lograrse mediante incrementos en la productividad total de los factores (PTF) y/o en la utilización de insumos. A su vez, la PTF puede mejorar a través de cambios tecnológicos o mediante el aumento de la eficiencia técnica. Un análisis reciente revela que, entre 1961 y 2021, la producción agrícola de la región creció a una tasa promedio anual de 2,9%. Estos avances fueron impulsados principalmente por mejoras en la PTF, que aumentó en promedio un 1,7% anual, por encima del promedio mundial (Salazar et al., 2025). Sin embargo, entre 2010 y 2020, la PTF en ALC se desaceleró a alrededor de 0,9% anual, lo que condujo a una ralentización en el crecimiento de la producción agrícola. Durante este período, la PTF explicó solo el 40% del crecimiento de la producción, en comparación con el 60% atribuido al crecimiento de los insumos (Salazar et al., 2025).

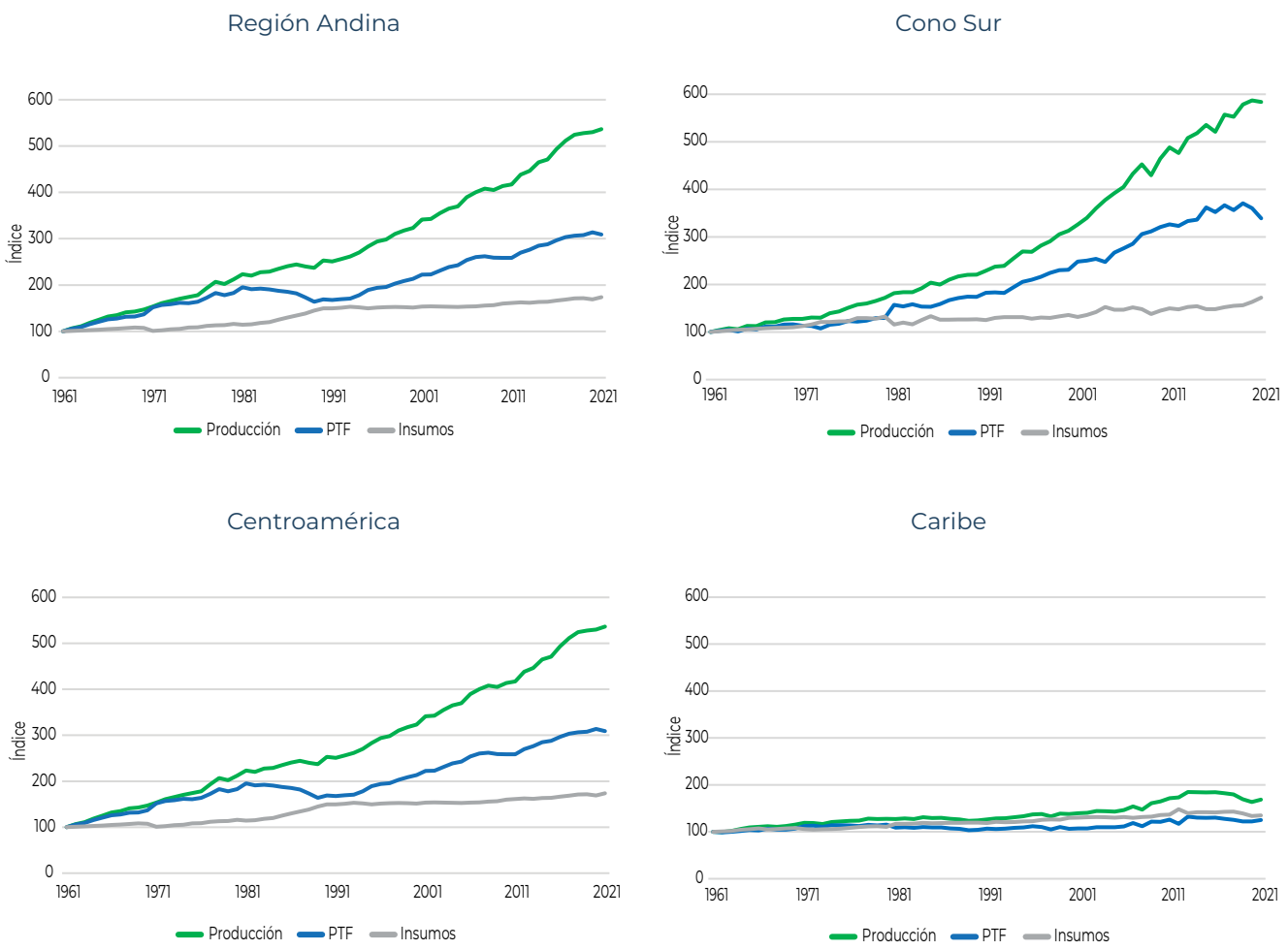
**Figura 2. Crecimiento de la producción agrícola, los insumos y la PTF en ALC (1961–2021)**




Fuente: Salazar et al. (2025)

En ALC, la producción agrícola ha crecido a ritmos variables, impulsada por diferentes contribuciones de la PTF y del uso de insumos. El Cono Sur experimentó el mayor crecimiento promedio anual de la producción agrícola (3,0%), principalmente por las ganancias en PTF (2,1%), aunque en los últimos años la productividad muestra signos de estancamiento. Le sigue Centroamérica, con una tasa de crecimiento del 2,8%, también impulsada por la PTF (1,9%), pese a periodos de estancamiento y contracción. La región Andina presenta una tasa de crecimiento ligeramente menor, de 2,7%, con una contribución de la PTF de 1,5% y de los insumos de 1,2%. La subregión con el crecimiento más lento fue el Caribe, con 0.9%, explicada principalmente por el mayor uso de insumos (0,5%) y modestas mejoras en la PTF (0,4%) (Salazar et al., 2025). Estas tendencias ponen de relieve las marcadas disparidades subregionales en los factores que impulsan el desempeño agrícola y resaltan la importancia de diseñar estrategias adaptadas que promuevan una productividad sostenible.

**Figura 3. Crecimiento de la producción agrícola, los insumos y la PTF por subregión (1961–2021)**




Fuente: Salazar et al. (2025)

Si no se abordan, los desafíos actuales que enfrentan los sistemas agroalimentarios—combinados con la desaceleración del crecimiento de la productividad—podrían poner en riesgo la seguridad alimentaria y la competitividad agrícola en ALC. En contraste, las medidas proactivas basadas en evidencia sólida tienen el potencial de abrir nuevas oportunidades para un crecimiento sostenible e inclusivo. El objetivo central de esta publicación es contribuir al diseño e implementación de políticas basadas en evidencia, explorando los determinantes de la productividad agrícola desde perspectivas regionales, subregionales y nacionales. Con este propósito, el informe se centra en evaluar los determinantes de la PTF agrícola, medida mediante índices de productividad en los análisis regionales y a través de fronteras de producción estocásticas en los estudios específicos por país.

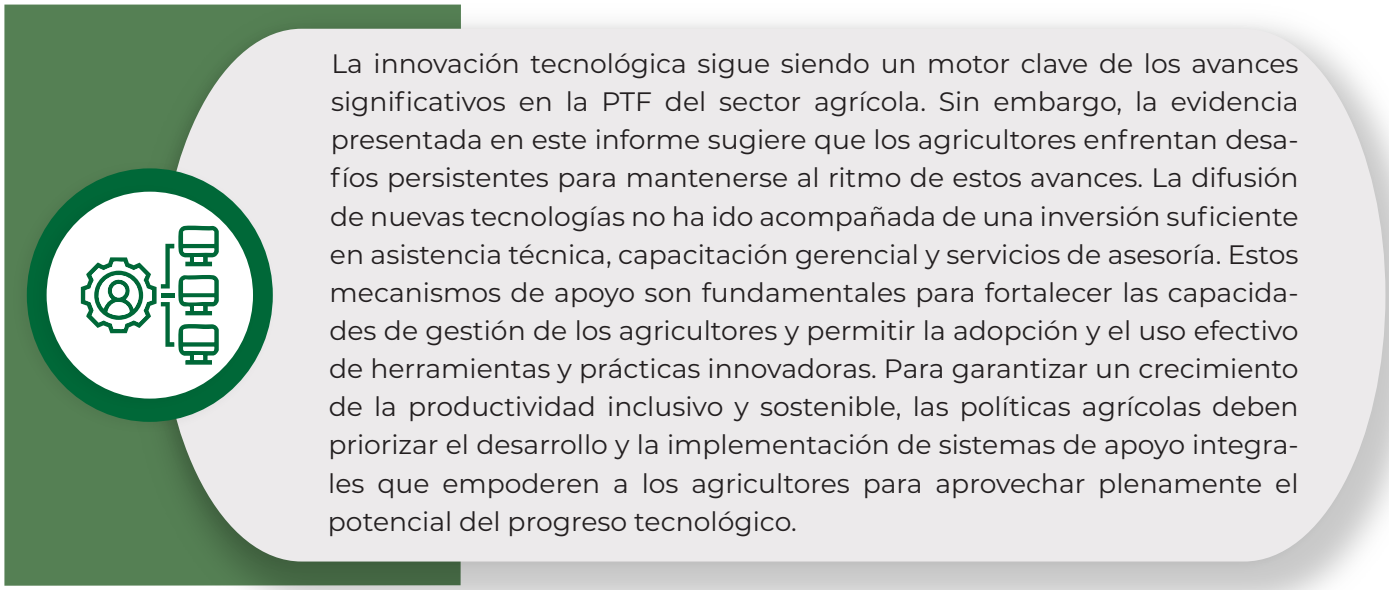
El documento insignia de Productividad Agrícola reúne una serie de estudios que examinan los determinantes de la productividad agrícola en ALC durante las últimas décadas. Aborda múltiples dimensiones, incluyendo la heterogeneidad nacional y subnacional; revisa la investigación existente para identificar brechas de conocimiento y establecer prioridades para futuras investigaciones; analiza proyecciones bajo escena-

rios de variabilidad climática; y evalúa el papel de la sostenibilidad ambiental en la dinámica de la productividad. El informe complementa el análisis regional con estudios nacionales que abordan variables como el comercio, la inversión y el capital humano, reconociendo su fuerte influencia sobre los factores que explican la evolución de la producción agrícola—particularmente la PTF y el uso de insumos. La evidencia existente muestra que el comercio internacional puede fomentar la adopción de tecnologías modernas mediante la importación de maquinaria y la integración en los mercados globales (Caunedo & Kala, 2022; Farrokhi & Pellegrina, 2023). De manera similar, la inversión extranjera directa puede mejorar la productividad agrícola, especialmente cuando está respaldada por capacidades locales para absorber y adaptar nuevas tecnologías (Han, Smith y Wu, 2023). El documento tiene como finalidad orientar a los países en el desarrollo e implementación de políticas que promuevan una mayor productividad, sostenibilidad ambiental y resiliencia climática.

Este estudio está organizado en cuatro secciones. La primera sección, "Transformar los desafíos en oportunidades", describe los principales retos y oportunidades de la productividad agrícola en la región de ALC, con un enfoque en la vulnerabilidad climática y las políticas agrícolas. La segunda sección, "Productividad agrícola en foco", presenta nueve estudios de caso nacionales que analizan la productividad agrícola a nivel nacional y subnacional, con el fin de ofrecer una comprensión más detallada de los determinantes de la productividad en distintas áreas geográficas. La tercera sección, "Productividad con propósito", introduce uno de los esfuerzos pioneros de la región para desarrollar un índice de productividad sostenible que integre tanto los impactos positivos como negativos de la producción agrícola en el medio ambiente dentro de la medición de la productividad. Finalmente, la cuarta sección, "Generar impacto a través de la evidencia", sintetiza las lecciones aprendidas de las evaluaciones de impacto lideradas por el BID en el sector agrícola y recopila hallazgos de una síntesis de evidencia, destacando los resultados clave e identificando brechas de conocimiento en torno a la productividad agrícola en ALC.

El análisis presentado en este informe conduce a seis hallazgos generales:

## I. Cerrar la brecha de adopción tecnológica en la agricultura



La innovación tecnológica sigue siendo un motor clave de los avances significativos en la PTF del sector agrícola. Sin embargo, la evidencia presentada en este informe sugiere que los agricultores enfrentan desafíos persistentes para mantenerse al ritmo de estos avances. La difusión de nuevas tecnologías no ha ido acompañada de una inversión suficiente en asistencia técnica, capacitación gerencial y servicios de asesoría. Estos mecanismos de apoyo son fundamentales para fortalecer las capacidades de gestión de los agricultores y permitir la adopción y el uso efectivo de herramientas y prácticas innovadoras. Para garantizar un crecimiento de la productividad inclusivo y sostenible, las políticas agrícolas deben priorizar el desarrollo y la implementación de sistemas de apoyo integrales que empoderen a los agricultores para aprovechar plenamente el potencial del progreso tecnológico.

## II. Integrar los resultados ambientales en las mediciones de productividad para garantizar la sostenibilidad a largo plazo

Los análisis indican que pasar por alto los impactos ambientales de la producción agrícola puede llevar a sobrestimar las ganancias de productividad a largo plazo. Ignorar estos costos ocultos también puede inducir a los países a sobreexplotar los recursos naturales esenciales para la producción de alimentos en el futuro, poniendo en riesgo la viabilidad del sector. Por ello, fortalecer la rendición de cuentas ambiental dentro del sector agrícola es fundamental para garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

## III. Impulsar políticas de adaptación al cambio climático como motor de competitividad agrícola



La variabilidad climática está transformando cada vez más los paisajes agrícolas globales, redefiniendo las ventajas comparativas y generando tanto desafíos como nuevas oportunidades para los países que logren adaptarse eficazmente. Si bien la variabilidad climática plantea importantes retos para la productividad agrícola en ALC, también ofrece una oportunidad estratégica para construir nuevas fuentes de competitividad. Aprovechar este potencial requiere estrategias de adaptación proactivas y estructuras de incentivos adecuadas que promuevan la adopción de nuevas tecnologías que fortalezcan la resiliencia a largo plazo de los sistemas productivos. Las políticas deben convertir la adaptación climática en un componente central de la competitividad, garantizando que las inversiones y las innovaciones se alineen con las nuevas realidades ambientales.

## IV. Abordar las disparidades inter e intrarregionales

Los análisis a nivel nacional indican que los factores que determinan el desempeño agrícola dentro de los países son altamente heterogéneos. Por ejemplo, los cambios en los patrones de temperatura o de precipitación no afectan de la misma manera a todos los contextos locales. Estas diferencias resaltan la necesidad de realizar análisis específicos al contexto, basados en datos desagregados y representativos, para orientar intervenciones focalizadas y basadas en evidencia. Las políticas agrícolas deben considerar los determinantes locales del desempeño, incluyendo las condiciones agronómicas, las dinámicas sociales, la variabilidad climática y las estructuras de mercado. Además, persiste una brecha importante en la investigación que evalúe cómo las intervenciones afectan a grupos diversos que son fundamentales para sostener los sistemas alimentarios y las economías rurales, pero que a menudo quedan rezagados, como las mujeres agricultoras, los productores indígenas y los agricultores afrodescendientes. Cerrar estas brechas requiere diseñar y evaluar intervenciones específicas, incorporando de manera sistemática datos desagregados por género y etnicidad en el diseño de las políticas agrícolas.

## V. Equilibrar el apoyo directo con la provisión de bienes públicos para fomentar un crecimiento agrícola sostenible

La complejidad del sector agrícola exige una combinación estratégica de apoyo directo y bienes públicos para lograr avances tanto a corto como a largo plazo. Los apoyos directos focalizados, no distorsionantes y basados en el mercado—como los subsidios inteligentes—pueden abordar fallas de mercado inmediatas, especialmente para los pequeños productores que enfrentan shocks como restricciones de liquidez inducidas por el clima o brechas de información. Al mismo tiempo, la inversión sostenida en bienes públicos—incluyendo la investigación, los servicios sanitarios y fitosanitarios, la infraestructura y los sistemas de datos—es esencial para promover un crecimiento de la productividad sostenible a largo plazo.

## VI. Fortalecer los sistemas de datos agrícolas para respaldar la toma de decisiones basada en evidencia

Los sistemas de datos agrícolas sólidos son fundamentales para diseñar políticas efectivas que impulsen la productividad. El mapeo de evidencia revela que la investigación sobre productividad agrícola se concentra en un número limitado de países y cultivos. Es notable que los países con una mayor base de evidencia suelen contar con sistemas de información agropecuaria bien establecidos a nivel de finca y con rondas repetidas de recolección de datos. Esta correlación resalta la importancia de invertir en una infraestructura de datos agrícolas integral y de alta calidad. Para promover el desarrollo de políticas inclusivas y adaptadas al contexto, los gobiernos y los socios para el desarrollo deben priorizar la expansión y modernización de los sistemas de datos agrícolas, garantizando una mayor cobertura geográfica y de cultivos.

# I. TRANSFORMAR LOS DESAFÍOS EN OPORTUNIDADES

CAPÍTULO 1:

# REPENSAR EL APOYO AGRÍCOLA: EL PAPEL DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN EL CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

**Autores: Diana Tadeo, Natalia Téllez-Lara, Lina Salazar, Gonzalo Rondinone, Carmine Paolo De Salvo**

## RESUMEN

Este capítulo examina la relación entre la productividad total de los factores (PTF) y diversos tipos de políticas agrícolas en 17 países de América Latina y el Caribe (ALC) entre 1995 y 2021. El análisis se basa en la metodología de Estimados de Apoyo al Productor (EAP) desarrollada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y aplicada en ALC[1] a través de la iniciativa Agrimonitor del BID desde 2014. Específicamente, el objetivo es evaluar la relación entre la PTF y los distintos tipos de apoyo agrícola: apoyo a precios de mercado (APM), transferencias directas (TD) y apoyo a servicios generales (EASG). Para abordar potenciales problemas de endogeneidad, se aplica un estimador *System GMM* (método generalizado de momentos) utilizando la participación electoral rural como instrumento exógeno.

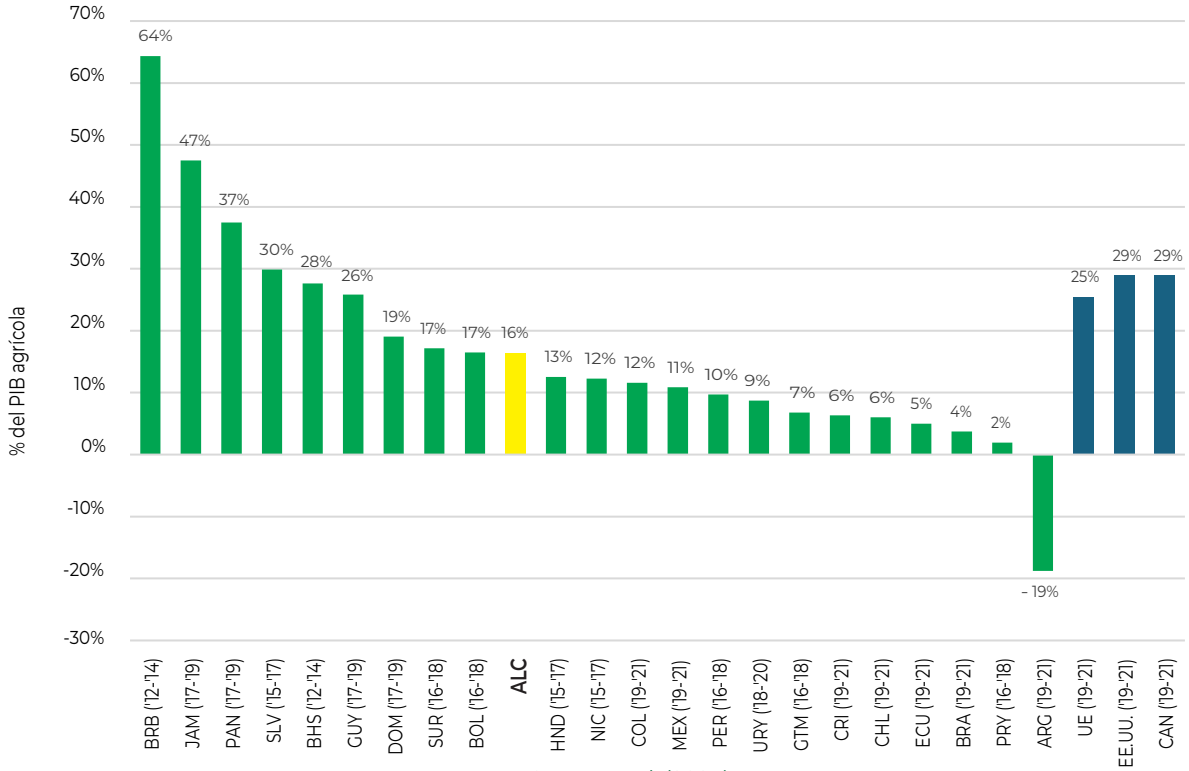
Los resultados revelan que los distintos instrumentos de política tienen efectos heterogéneos sobre la PTF. Las transferencias presupuestarias (apoyo directo y EASG) tienen un efecto positivo, mientras que el APM y el EAP muestran correlaciones negativas. Aunque el EASG no presenta efectos de corto plazo, la investigación y el desarrollo (I+D) agrícolas, un componente clave de los servicios generales, se vinculan positivamente con la PTF a lo largo del tiempo. En conjunto, los hallazgos sugieren que pasar de apoyos que distorsionan el mercado hacia políticas orientadas a la inversión puede mejorar la productividad agrícola. El fortalecimiento del stock de conocimiento agrícola mediante inversiones sostenidas en I+D también cumple un papel importante en la promoción del crecimiento de la productividad. Además, el capítulo incorpora una nueva dimensión al utilizar la participación electoral rural como instrumento exógeno, y ofrece recomendaciones prácticas para mejorar el diseño y la efectividad del apoyo agrícola en la región.

[1] Dado que la OCDE ya calcula los estimados oficiales del PSE para cinco países de ALC —Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México— la iniciativa Agrimonitor del BID aplica la metodología al resto de la región.

# I. INTRODUCCIÓN

Las políticas de apoyo agrícola abarcan los distintos instrumentos que los gobiernos implementan para mejorar el desempeño del sector. Estas políticas están diseñadas para mejorar los resultados agrícolas y apoyar a los productores. Existe una amplia gama de políticas de este tipo en los países de ALC, pero los desafíos de productividad persisten. Un método establecido para cuantificar la magnitud y la composición de estas políticas es la metodología de Estimados de Apoyo al Productor (EAP), desarrollada por la OCDE y aplicada en ALC a través de la iniciativa Agrimonitor del BID desde 2014.[2] Esta metodología mide el apoyo agrícola mediante el apoyo a los precios de mercado (APM), las transferencias directas a los productores (TD), el apoyo a los servicios generales (EASG) y el apoyo al consumidor (EAC). El objetivo de este capítulo es utilizar distintos índices de PTF para evaluar si estos diferentes tipos de políticas de apoyo mejoran la productividad agrícola. La **Figura 1** muestra el estimado de apoyo total (EAT) como porcentaje del PIB agrícola para los países incluidos en la base de datos de Agrimonitor, lo que captura el nivel de apoyo gubernamental en cada país en relación con el tamaño de su sector agrícola. La mayoría de los países de ALC presentan niveles positivos de apoyo agrícola total en relación con su PIB agrícola. Argentina, sin embargo, muestra un porcentaje negativo, lo que indica que los productores están transfiriendo recursos a los consumidores a través de la aplicación de mecanismos de política que reducen los precios de sus productos (Conroy et al., 2024). En ALC en su conjunto, el apoyo total al sector agrícola representa menos del 20% del PIB agrícola, muy por debajo de los niveles de la Unión Europea, Canadá y Estados Unidos, donde el apoyo alcanza alrededor del 30%.

FIGURA 1. EAT COMO PORCENTAJE DEL PIB AGRÍCOLA, PROMEDIO DE LOS ÚLTIMOS TRES AÑOS DISPONIBLES HASTA 2021




Fuente: Conroy et al. (2024).

[2] Más información disponible en el sitio web de Agrimonitor: https://agrimonitor.iadb.org/home

Un número creciente de estudios sostiene que la composición del apoyo agrícola es más importante que su magnitud total para mejorar el desempeño del sector. Por ejemplo, Anríquez et al. (2016) encuentran que reasignar un 10% del apoyo de bienes privados a bienes públicos en ALC podría aumentar el valor agregado agrícola per cápita en un 5%. Más evidencia de la región sugiere que el APM y los subsidios a insumos pueden distorsionar los incentivos, asignar ineficientemente los recursos y frenar la innovación, mientras que el EASG podría fomentar la PTF mediante la infraestructura, la educación y la I+D. Ludeña (2010) utiliza un modelo de frontera estocástica para estimar el crecimiento de la PTF en ALC y encuentra que la región logró algunas de las tasas de crecimiento de la PTF agrícola más altas del mundo entre 1980 y 2007, impulsadas en gran medida por el cambio técnico. El estudio explica que las políticas que reducen las distorsiones de precios y mejoran la eficiencia en el uso de insumos han sido factores claves de este progreso. De manera similar, utilizando un análisis de panel entre países, Bravo-Ortega y Lederman (2004) encuentran que las inversiones públicas en infraestructura y educación mejoran significativamente la PTF agrícola, mientras que el crédito agrícola y los subsidios directos están débilmente asociados o se correlacionan negativamente con ésta. López y Galinato (2007) muestran que los subsidios a insumos agrícolas privados (por ejemplo, fertilizantes) a menudo no tienen un efecto significativo sobre el crecimiento de la productividad de largo plazo, mientras que el apoyo mediante bienes públicos mejora el crecimiento de la productividad, reduce la pobreza y mitiga los efectos ambientales negativos relacionados con el aumento de la producción agrícola. Más recientemente, Anríquez et al. (2016) han demostrado que los países que dependen en mayor medida del apoyo a bienes privados, como México y República Dominicana, tienden a tener un valor agregado agrícola per cápita más bajo que países como Chile o Paraguay, que destinan una mayor proporción a bienes públicos. Piñeiro et al. (2020) también argumentan que los incentivos de política vinculados a la infraestructura pública y a la I+D son más eficaces para promover mejoras sostenibles de la productividad que los mecanismos basados en precios.

La composición y magnitud del apoyo agrícola se ven influidas por una combinación de factores, entre ellos la contribución del sector a la economía, su importancia en la determinación de resultados socioeconómicos, los costos ambientales de las actividades agrícolas, la capacidad institucional y dinámicas como la negociación política. Swinnen (2018) argumenta que en los países en desarrollo, que enfrentan importantes restricciones presupuestarias y presiones políticas, los responsables de política tienden a priorizar transferencias inmediatas y de alto perfil sobre inversiones públicas menos visibles y de más largo plazo, como la I+D o los servicios de extensión. Además, el apoyo gubernamental suele beneficiar a los grupos económicos con mayor poder de negociación, aun cuando estos no sean los productores más eficientes, productivos o sostenibles. Por ejemplo, negociar para movilizar recursos para hacer lobby ante los legisladores, influir en los detalles regulatorios y sostener la protección en el tiempo a pesar de sus mayores costos sociales (Krueger, 1974; Olson, 1982).

Este capítulo ofrece insumos valiosos para los responsables de política y otros actores que deben navegar la complejidad de diseñar políticas agrícolas efectivas, dada la diversidad de condiciones, capacidades institucionales e instrumentos de política existentes en los países de ALC. Además, el análisis contribuye a la literatura existente al incorporar una perspectiva de economía política, utilizándola como instrumento en el modelo.

# II. METODOLOGÍA Y DATOS

## Preguntas de investigación

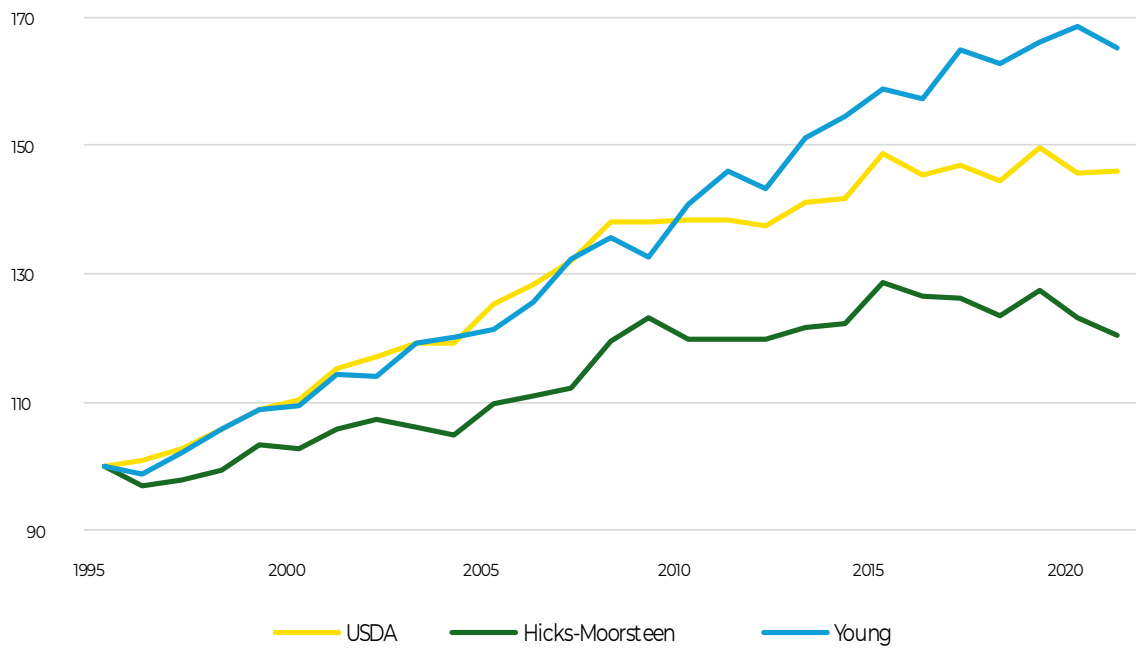
Este capítulo investiga en qué medida el apoyo público a la agricultura, capturado por el EAT, se asocia con la PTF en ALC. También explora si los diferentes tipos de apoyo —incluidos APM, TD, EASG e I+D— tienen efectos heterogéneos sobre la productividad.

## Datos y métodos

El análisis utiliza datos de panel a nivel nacional para 17 países de ALC entre 1995 y 2021: Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Jamaica, México, Panamá, Perú, Paraguay y Uruguay.

Se emplea una variedad de índices de PTF, cada uno construido bajo diferentes supuestos en cuanto a precios y ponderaciones. Las métricas de PTF buscan capturar la fracción del crecimiento del producto que no puede atribuirse al aumento de insumos, reflejando así cuán eficientemente se utilizan recursos como la tierra, el trabajo o el capital en la agricultura (Salazar et al., 2024). En particular, se utilizan tres índices de PTF: el índice del USDA, el índice de Hicks-Moorsteen y el índice geométrico de Young.[3] La **Figura 2** muestra la tendencia de cada índice de PTF entre 1995 y 2020. Los tres confirman un importante crecimiento de la PTF entre 1995 y 2010. A partir de ese punto, los índices de Hicks-Moorsteen y del USDA sugieren que el crecimiento de la productividad se desaceleró entre 2010 y 2015 y luego se estancó entre 2015 y 2020. En contraste, el índice de Young muestra un crecimiento continuo entre 1995 y 2015, seguido de una desaceleración posterior.

Figura 2. Evolución de los índices de PTF para América Latina y el Caribe (1995-2021)




Fuente: Cálculos de los autores utilizando USDA-ERS (2024).

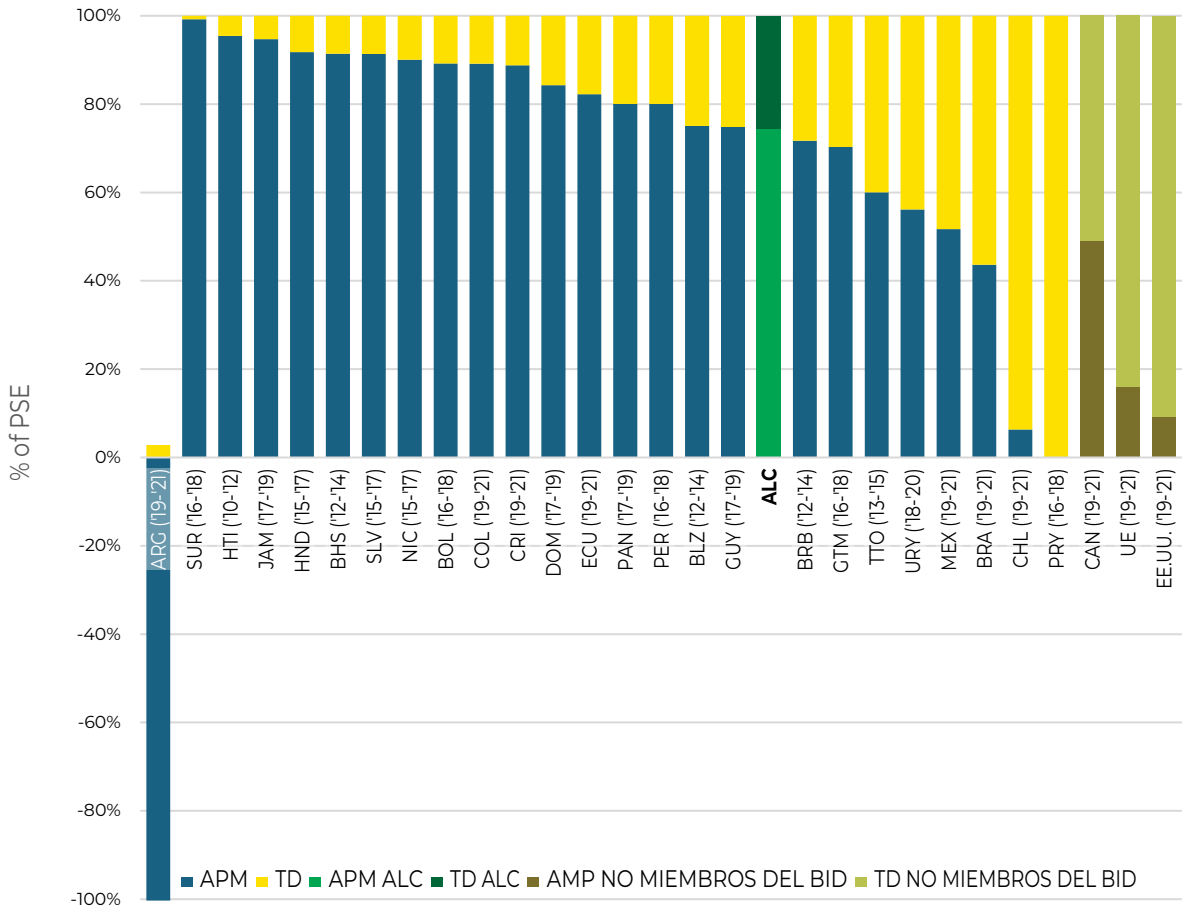
[3] El análisis ampliado incluye los índices de Fair-Primont y de Lowe, así como el índice de productividad sostenible (SPI), que se utilizan como pruebas de robustez.

Las variables de interés son diferentes medidas de apoyo agrícola obtenidas de la base de datos de Agrimonitor. La **Figura 3** presenta APM y TD como proporción del estimado de apoyo al productor (EAP). A nivel regional, ALC destina un 74% del EAP a APM y un 26% a TD. Estas proporciones contrastan con países como Canadá, los de la Unión Europea y Estados Unidos, donde el APM representa una fracción menor del EAP.

La **Figura 4** ilustra la composición del EASG, que abarca I+D, sanidad agrícola, infraestructura, comercialización, almacenamiento público y otros rubros. Los datos muestran que Brasil y Ecuador destinan más del 80% de su EASG a I+D, una proporción notablemente mayor que en Canadá, la Unión Europea y Estados Unidos.

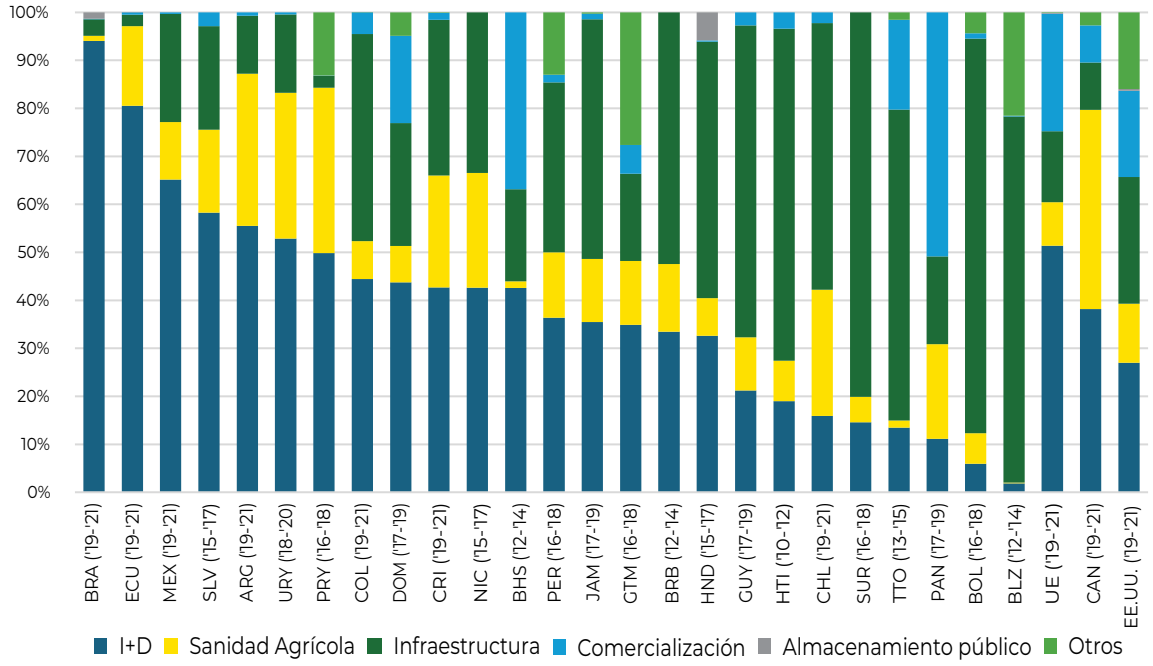
Dado que la I+D es un componente central del EASG, puede actuar como un mecanismo clave mediante el cual dicho apoyo influye en la productividad. La investigación pública puede generar mejoras tecnológicas inmediatas o, alternativamente, acumularse como un acervo de conocimiento que produce ganancias solo a más largo plazo. Para captar esta doble dinámica, el análisis distingue entre efectos de corto y largo plazo, poniendo a prueba la robustez de los resultados principales del EASG y aclarando el posible canal de transmisión de la I+D hacia la PTF.

Figura 3. Componentes del EAP (APM y TD)




Fuente: Conroy et al. (2024)

### Figura 4: Componentes del EASG (I+D, sanidad agrícola, infraestructura, comercialización, almacenamiento público y otros)




Fuente: Conroy et al. (2024)

El análisis también incluye variables climáticas, como la precipitación anual y el número de días de calor extremo, derivadas de fuentes satelitales. Asimismo, se incorporan controles macroeconómicos e institucionales para considerar las condiciones específicas de cada país. Las principales fuentes de datos y variables se resumen en las **Tablas 1, 2,** y **3.**

### Tabla 1. Principales variables de resultado[4]

| Variable | Descripción | Fuente |
|---|---|---|
| USDA | Índice de PTF basado en cuatro insumos (tierra, trabajo, capital y materiales), con ponderaciones que varían por década | USDA (Septiembre 2023) |
| Hicks-Moorsteen | Índice de PTF calculado mediante métodos no paramétricos (DEA[5]), con ponderaciones variables, basado en seis insumos | USDA (Septiembre 2023)<br>FAOSTAT (Agosto 2024) |
| Young | Índice de PTF calculado siguiendo un enfoque económico, basado en diez insumos y múltiples productos, utilizando precios fijos | IFRPI y BID (2025) |

[4] Se utilizan múltiples índices de productividad para triangular los resultados y fortalecer la interpretación de las tendencias, combinando propiedades complementarias y reduciendo la dependencia de un único enfoque metodológico.
[5] El Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) es un método no paramétrico de programación lineal que evalúa la eficiencia relativa de unidades comparables a partir de múltiples insumos y productos (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978).

## Tabla 2. Principales variables de interés

| Variable | Descripción | Fuente |
|---|---|---|
| Estimado de apoyo total (EAT) | Apoyo total a la agricultura (EAP + EASG + EAC), en millones de US$ | Base de datos Agrimonitor |
| Estimado de apoyo al productor (EAP) | Apoyo a los productores agrícolas (APM + transferencias directas), en millones de US$ | Base de datos Agrimonitor |
| Apoyos a precios de mercado (APM) | Diferencia entre los precios internos e internacionales de los productos básicos, multiplicada por los niveles de producción, que refleja el apoyo implícito vía precios, en millones de US$ | Base de datos Agrimonitor |
| Transferencias directas (TD) | Transferencias presupuestarias otorgadas directamente a los productores, incluidos pagos basados en producción, superficie, número de animales, ingresos o uso de insumos, en millones de US$ | Base de datos Agrimonitor |
| Estimado de apoyos a servicios generales (EASG) | Gastos públicos que benefician al sector agrícola (por ejemplo, I+D, inspección, fiscalización, comercialización, infraestructura), en millones de US$ | Base de datos Agrimonitor |
| Apoyo presupuestario | Presupuesto nacional asignado a la agricultura (EASG + TD), en millones de US$ | Base de datos Agrimonitor |
| Conocimiento público agrícola acumulado | Suma ponderada del gasto público en I+D agrícola de los últimos 14 años, que representa el efecto acumulado de la inversión en investigación sobre la productividad del sector | Van Dijk et al. (2025) |

### Tabla 3. Variables de control

| Variable | Descripción | Fuente |
|---|---|---|
| Participación electoral rural (instrumento exógeno externo) | Interacción entre la población rural y la participación electoral en elecciones parlamentarias | IDEA Internacional, Banco Mundial — Indicadores de Desarrollo Mundial (WDI, por sus siglas en inglés) |
| Apertura comercial | Cociente entre el total de exportaciones e importaciones de bienes y servicios y el PIB (% del PIB a precios corrientes en US$) | CEPALSTAT |
| Control de la corrupción | Percentil del país en materia de instituciones políticas | Banco Mundial — Indicadores de Gobernanza Mundial (WGI, por sus siglás en inglés) |
| Inflación | Inflación anual de precios al consumidor (%) | WDI |
| Precipitación anual | Precipitación total anual (mm) | Copernicus |
| Días de calor extremo | Número de días al año con shocks de temperatura (≥2 DE por encima del promedio histórico) | Copernicus |
| Participación del PIB agrícola | Valor agregado agrícola (% del PIB total) | WDI |
| PIB agrícola | Valor agregado agrícola (US$ corrientes) | WDI |

El estudio se basa en agregados a nivel país, lo que permite capturar patrones amplios de cómo el apoyo agrícola se relaciona con la PTF. Sin embargo, este enfoque puede ocultar importantes dinámicas a nivel micro, como la innovación y el aprendizaje al interior de las firmas, la reasignación de recursos entre empresas o las presiones competitivas.

La estrategia econométrica emplea métodos de datos de panel para estimar la asociación entre el apoyo agrícola y la productividad. Una preocupación clave es la endogeneidad, que puede surgir de variables omitidas o de causalidad inversa. Por un lado, factores no observados podrían afectar simultáneamente tanto la productividad como la asignación del apoyo agrícola. Por otro lado, los resultados de productividad podrían influir en las decisiones de política, generando sesgos de simultaneidad. Para abordar estos problemas, el análisis aplica el estimador sistema GMM desarrollado por Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998). Este enfoque es particularmente adecuado para datos de panel dinámicos con varios países y periodos relativamente cortos (Islam, 2003; Rehman & Nunziante, 2023). El modelo se especifica de la siguiente manera:

$$TFP_{i,t} = \alpha TFP_{i,t-1} + X'_{i,t}\beta + \gamma SE_{i,t} + \eta_i + \varepsilon_{i,t}$$

donde $TFP_{i,t}$ es la PTF del país $i$ en el año $t$, medida usando los diferentes índices, y $TFP_{i,t-1}$ es la variable dependiente rezagada en un periodo, incluida para capturar la naturaleza dinámica de la productividad agrícola.

$SE_{i,t}$ es el nivel de apoyo agrícola del país i en el año $t$, utilizando la metodología PSE para capturar los distintos tipos de apoyo. $X_{i,t}$ es un vector de variables de control que capturan características socioeconómicas y climáticas, incluyendo tanto regresores endógenos como exógenos. $\eta_i$ captura los efectos fijos no observados específicos de cada país. Finalmente, $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error idiosincrático.

Debido a la inclusión de la variable dependiente rezagada y de controles potencialmente endógenos, utilizamos tanto instrumentos internos (los rezagos de las propias variables) como un instrumento externo (la participación electoral rural) para lograr una identificación válida del parámetro de interés, $\gamma$.

Todas las variables de control se tratan como exógenas, excepto la inflación, que se considera endógena en las estimaciones de APM, EAT y EAP, dada la importancia central de los precios en su composición. El PIB agrícola no se incluye como variable de control dado que se utiliza para normalizar todas las variables, excepto el stock de conocimiento público agrícola. En este último caso, se incluye la participación de la agricultura en el PIB como variable de control.

Para abordar la endogeneidad del modelo, se estiman simultáneamente dos ecuaciones. En primer lugar, se estima la ecuación en primeras diferencias para eliminar los efectos fijos no observados:

$$\Delta TFP_{i,t} = \alpha \Delta TFP_{i,t-1} + \Delta X'_{i,t}\beta + \gamma \Delta SE_{i,t} + \Delta \varepsilon_{i,t}$$

En esta ecuación, los controles endógenos se instrumentan internamente mediante sus propios rezagos (en concreto, rezagos de segundo orden, t–2, y de tercer orden t-3), mientras que los controles exógenos se incluyen directamente, dado que no están correlacionados con el término de error.[6]

La ecuación en niveles se estima simultáneamente, proporcionando condiciones de momento adicionales bajo supuestos de exogeneidad más fuertes[7]:

$$TFP_{i,t} = \alpha TFP_{i,t-1} + X'_{i,t}\beta + \gamma SE_{i,t} + \eta_i + \varepsilon_{i,t}$$

Aquí, los controles endógenos se instrumentan utilizando sus primeras diferencias rezagadas, y se incluye una variable instrumental externa en niveles (la participación electoral rural). Se asume que esta variable está correlacionada con el apoyo agrícola, pero es exógena respecto del término de error del modelo. La lógica es que la participación electoral rural está vinculada al apoyo agrícola, ya que una mayor participación política en áreas rurales puede generar mayor presión política sobre los responsables de política para implementar o mantener estos programas. Sin embargo, la participación electoral se considera exógena respecto del término de error del modelo porque es poco probable que se vea directamente afectada por choques de corto plazo o factores no observados que influyen en la PTF nacional. No obstante, podría cuestionarse la exogeneidad si la participación rural covaría con cambios estructurales de largo plazo, como transformaciones socioeconómicas o patrones de conflicto social que también influyan en la PTF. Sin embargo, el instrumento seleccionado (la participación electoral rural) está diseñado para ser ortogonal tanto a estas fuerzas estructurales de lenta evolución como a los choques de productividad contemporáneos, lo que garantiza que esta posible preocupación no comprometa

[6] Estructuras de efectos fijos como tendencias específicas por país, fueron exploradas pero descartadas, ya que absorben gran parte de la variación relevante y limitan la identificación. En su lugar, recurrimos a primeras diferencias con un conjunto amplio de controles para dar cuenta de cambios estructurales, preservando al mismo tiempo la variación necesaria para identificar el efecto causal.
[7] Todas las estimaciones GMM en dos etapas aplican la corrección de muestra finita de Windmeijer, que ajusta los errores estándar para considerar el posible sesgo en muestras pequeñas.

su validez.[8]

## III. RESULTADOS

Se estimaron regresiones de panel dinámico por separado para evaluar la relación entre el apoyo de política agrícola y la PTF en el sector. Como se señaló, el análisis utilizó tres índices diferentes de PTF (USDA, Hicks-Moorsteen y Young) y cinco categorías de apoyo (EAT, EAP, APM, TD y apoyo presupuestario), cada una expresada como porcentaje del PIB agrícola.[9]

Los resultados de los efectos asociados con los distintos tipos de apoyo según los índices de PTF se presentan en la **Tabla 4**. Los resultados muestran que el EAT se asocia negativamente con la PTF, lo que confirma que las ganancias de productividad no están vinculadas al nivel total de apoyo otorgado al sector. En particular, un aumento de 1 punto porcentual del EAT como proporción del PIB agrícola se asocia con una reducción de alrededor de 0,1 puntos en la PTF. Dado que el EAT agrega todas las formas de apoyo (EAP, EASG y EAC), analizamos cada componente por separado para explorar sus distintos efectos.

En el caso del EAP, los resultados muestran coeficientes con signos y magnitudes muy similares a los del EAT. Un incremento de 1 punto porcentual del EAP como proporción del PIB agrícola reduce la PTF en alrededor de 0,1 puntos. El EAP captura el apoyo total proporcionado directamente a los productores, ya sea a través del APM o de subsidios directos. Las estimaciones sugieren que el APM se asocia con una menor productividad, lo que revela cómo las distorsiones de mercado pueden poner en riesgo el desempeño agrícola. En contraste, las TD se asocian positivamente con la productividad, aunque la significancia de esta relación no es consistente en todas las estimaciones.

Para el apoyo presupuestario, que comprende de los gastos fiscales efectivos (EASG y TD), los resultados sugieren una correlación positiva con la productividad agrícola. En concreto, un aumento de 1 punto porcentual en el apoyo presupuestario se corresponde con incrementos en la PTF de 0,337 unidades según el índice del USDA y de 0,503 unidades según el índice de Hicks-Moorsteen. Estos resultados sugieren que las formas de apoyo de política menos distorsionantes son más propicias para las mejoras de productividad.

El EASG, que incluye gastos no transferibles como I+D, infraestructura y servicios de inspección, no presenta un efecto estadísticamente significativo sobre la PTF. Este hallazgo contrasta con buena parte de la literatura existente, que en general reporta que los servicios públicos tienen un impacto positivo y significativo sobre la productividad agrícola (Ludeña, 2010; Bravo-Ortega et al., 2004; Anríquez et al., 2016). Esta diferencia puede deberse a la naturaleza de las inversiones en EASG, que en general se dirigen a bienes públicos que benefician el desempeño agrícola en el largo plazo. En este sentido, es probable que las ganancias de productividad se materialicen solo con rezago, un patrón consistente con la literatura que destaca los retornos diferidos del gasto público (van Dijk et al., 2025).

En resumen, los resultados sugieren que el apoyo agrícola per se podría no estar fomentando el crecimiento de la productividad. Esto podría depender de la composición de las políticas de apoyo. De hecho, las políticas que generan distorsiones de mercado pueden perjudicar el desempeño agrícola. En cambio, el apoyo focalizado a los productores puede fomentar ganancias de productividad, mientras que los beneficios de las inversiones en bienes públicos (EASG) probablemente emergen solo con el tiempo.

[8] Para transformar los datos y eliminar los efectos fijos individuales, aplicamos la transformación ortogonal propuesta por Arellano y Bover (1995), conocida también como desviaciones ortogonales hacia adelante. Este método consiste en restar a cada observación un promedio ponderado de las observaciones futuras de la misma unidad, conservando así las observaciones iniciales del panel. A diferencia de las primeras diferencias, esta transformación mantiene la ortogonalidad con respecto a los efectos fijos, lo que mejora la validez de las condiciones de momento y la eficiencia de la estimación.
[9] En todos los modelos encontramos evidencia de autocorrelación de primer orden, pero no de autocorrelación de segundo orden. Además, la prueba de Hansen no rechaza la validez de los instrumentos, lo que sugiere que tanto los instrumentos internos como los externos son apropiados.

## Tabla 4. Efecto del apoyo de la política agrícola sobre la PTF

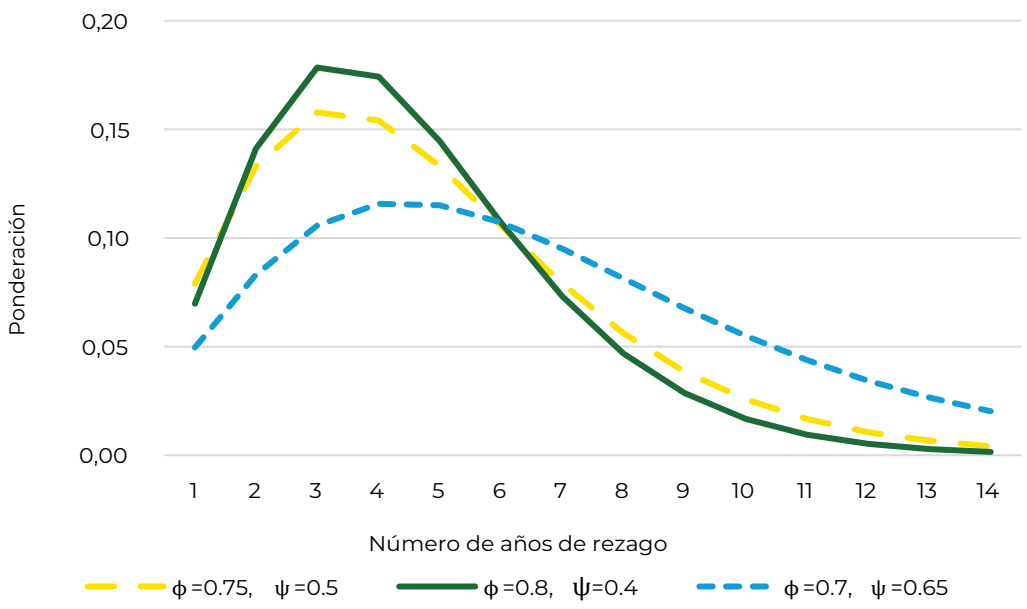
| Tipo de variable de apoyo | Variable de resultado (índices de PTF) | | |
|---|---|---|---|
| | USDA | Hicks-Moorsteen | Young |
| **EAT (EAP+EASG+EAC)** | -0,092* | -0,131** | -0,103* |
| **(% del PIB agrícola)** | (0,049) | (0,062) | (0,058) |
| No. instrumentos | 15 | 15 | 15 |
| AR (1) | 0,011 | 0,033 | 0,010 |
| AR (2) | 0,113 | 0,167 | 0,341 |
| Prueba de Hansen | 0,836 | 0,334 | 0,531 |
| Prueba de diferencia de Hansen | 0,732 | 0,426 | 0,158 |
| **EAP (TD+APM)** | -0,096** | -0,131** | -0,110* |
| **(% del PIB agrícola)** | (0,045) | (0,055) | (0,059) |
| No. instrumentos | 15 | 15 | 15 |
| AR (1) | 0,011 | 0,020 | 0,010 |
| AR (2) | 0,106 | 0,140 | 0,339 |
| Prueba de Hansen | 0,876 | 0,370 | 0,559 |
| Prueba de diferencia de Hansen | 0,908 | 0,495 | 0,164 |
| **APM** | -0,097** | -0,184*** | -0,139** |
| **(% del PIB agrícola)** | (0,046) | (0,056) | (0,070) |
| No. instrumentos | 12 | 12 | 12 |
| AR (1) | 0,009 | 0,008 | 0,010 |
| AR (2) | 0,099 | 0,100 | 0,375 |
| Prueba de Hansen | 0,730 | 0,303 | 0,780 |
| Prueba de diferencia de Hansen | 0,490 | 0,699 | 0,318 |
| **TD** | 0,507** | 0,754 | 0,058 |
| **(% del PIB agrícola)** | (0,231) | (0,519) | (0,530) |
| No. instrumentos | 15 | 15 | 15 |
| AR (1) | 0,013 | 0,006 | 0,013 |
| AR (2) | 0,143 | 0,145 | 0,464 |
| Prueba de Hansen | 0,475 | 0,666 | 0,915 |
| Prueba de diferencia de Hansen | 0,622 | 0,912 | 0,404 |
| **EASG** | 0,320 | 0,563 | -0,738 |
| **(% del PIB agrícola)** | (0,843) | (0,438) | (0,665) |
| No. instrumentos | 15 | 15 | 15 |
| AR (1) | 0,010 | 0,003 | 0,011 |
| AR (2) | 0,172 | 0,158 | 0,400 |
| Prueba de Hansen | 0,313 | 0,873 | 0,508 |
| Prueba de diferencia de Hansen | 0,270 | 0,466 | 0,697 |
| **Apoyo presupuestario (TD+EASG)** | 0,337** | 0,503* | 0,194 |
| **(% del PIB agrícola)** | (0,163) | (0,273) | (0,272) |
| No. instrumentos | 15 | 15 | 15 |
| AR (1) | 0,014 | 0,003 | 0,011 |
| AR (2) | 0,156 | 0,127 | 0,457 |
| Prueba de Hansen | 0,491 | 0,858 | 0,524 |
| Prueba de diferencia de Hansen | 0,718 | 0,734 | 0,157 |
| **No. países** | **17** | **17** | **17** |
| **No. observaciones** | **279** | **279** | **279** |

Notas: Por simplicidad, no se presentan los coeficientes de las variables de control incluidas en cada regresión. Errores estándar robustos entre paréntesis. ***, ** y * indican significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente. La tabla también reporta las pruebas diagnósticas estándar para las estimaciones GMM en sistema. La prueba de Hansen evalúa la validez de las restricciones de sobreidentificación, mientras que la prueba de Diferencia de Hansen evalúa la exogeneidad del instrumento externo. Los valores p de AR(1) y AR(2) corresponden a las pruebas de Arellano–Bond de autocorrelación de primer y segundo orden en los residuos.

Si bien nuestras estimaciones no aportan evidencia de que el EASG tenga un efecto significativo sobre la productividad, existe un amplio consenso respecto del impacto positivo y significativo de los bienes públicos sobre los resultados agrícolas (Ludeña, 2010; Bravo-Ortega et al., 2004; Anríquez et al., 2016). Como se mencionó, una posible explicación de este resultado es que las inversiones en bienes públicos no generan resultados de corto plazo. Para confirmar esta premisa, se realizó un análisis complementario centrado en la I+D agrícola pública, un componente central del EASG. Para construir el stock de conocimiento público agrícola, se aplicó una distribución gamma ponderada modificada a los gastos pasados en I+D (Alston, 2009; Fuglie, 2018).

Posteriormente, se utilizó un enfoque de rezagos distribuidos autorregresivos (ARDL) para seleccionar un rezago de 14 años.[10] La variable de stock resultante, expresada en forma logarítmica, captura el efecto acumulado de las inversiones públicas en I+D y se utilizó como variable explicativa principal. Para captar esta relación se emplea la especificación GMM principal utilizada a lo largo del análisis. Para este ejercicio se recurrió a una fuente de datos distinta, lo que permitió trabajar con series de tiempo más largas y datos de gasto en I+D más consistentes entre países.[11] La **Figura 5** muestra la distribución gamma de rezagos, y la **Tabla 5** reporta el efecto del stock de conocimiento público agrícola sobre la PTF.

**FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN GAMMA DE REZAGOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL STOCK DE CONOCIMIENTO PÚBLICO AGRÍCOLA**




Fuente: Cálculos de los autores a partir de van Dijk et al. (2025).

10 Para determinar la longitud óptima del rezago, primero aplicamos un enfoque ARDL, el cual indicó un rezago de 14 años. Luego realizamos una búsqueda en malla (*grid search*) sobre 81 combinaciones de los parámetros de forma y escala (Ø and ψ) to calibrate the gamma distribution (Alston, 2009; Lachaud & Bravo-Ureta, 2021). para calibrar la distribución gamma (Alston, 2009; Lachaud & Bravo-Ureta, 2021). Los valores finales de los parámetros, Ø = 0.8 and ψ = 0.4, se eligieron en función de la significancia estadística de los coeficientes de regresión y de la solidez y validez de los instrumentos internos y externos en la especificación completa del modelo.

11 Como en las especificaciones anteriores, encontramos evidencia de autocorrelación de primer orden, pero no de segundo orden, y la prueba de Hansen no rechazó la hipótesis nula, lo que respalda la validez de los instrumentos.

### Tabla 5. Efecto del stock de conocimiento público agrícola sobre la PTF

| Variable de I+D | USDA | Hicks-Moorsteen | Young |
|---|---|---|---|
| **Log. del stock de conocimiento público agrícola** | 0,011 ** | 0,012 | -0,015 |
| | (0,005) | (0,012) | (0,011) |
| No. instrumentos | 15 | 15 | 15 |
| AR (1) | 0,027 | 0,008 | 0,009 |
| AR (2) | 0,238 | 0,150 | 0,475 |
| Prueba de Hansen | 0,529 | 0,656 | 0,841 |
| Prueba de diferencia de Hansen | 0,349 | 0,866 | 0,634 |
| **No. países** | **17** | **17** | **17** |
| **No. observaciones** | **388** | **388** | **388** |

Notas: Por simplicidad, no se presentan los coeficientes de las variables de control incluidas en cada una de las tres regresiones. Los tres índices de PTF fueron transformados a forma logarítmica, lo que permite interpretar los coeficientes como elasticidades. Errores estándar robustos entre paréntesis. ***, ** y * indican significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente. La tabla también reporta las pruebas diagnósticas estándar para las estimaciones GMM en sistema. La prueba de Hansen evalúa la validez de las restricciones de sobreidentificación, mientras que la prueba de Diferencia en Hansen evalúa la exogeneidad del instrumento externo. Los valores p de AR(1) y AR(2) corresponden a las pruebas de Arellano–Bond de autocorrelación de primer y segundo orden en los residuos.

Los resultados de la **Tabla 5** ofrecen evidencia de un efecto positivo de la I+D agrícola sobre la PTF. Un aumento del 1% en el stock de conocimiento público agrícola se asocia con un incremento del 0,011% en la PTF, según el índice del USDA, resultado que es estadísticamente significativo. Aunque los coeficientes para los índices de Hicks-Moorsteen y Young no son estadísticamente significativos, el signo positivo en el primero respalda la idea de que la I+D contribuye potencialmente al crecimiento de la productividad en el largo plazo. En conjunto, estos hallazgos resaltan la importancia potencial de una inversión sostenida en investigación agrícola y la necesidad de una perspectiva de largo plazo al evaluar su impacto. La acumulación de conocimiento genera retornos graduales y acumulativos, más que efectos inmediatos, un patrón consistente con la literatura sobre rezagos de la I+D y efectos graduales, y condicionado por la especificación del modelo y el conjunto de controles utilizados en el análisis.

Los resultados presentados en este capítulo deben interpretarse con cautela, ya que cada estimación refleja el impacto de un único tipo de apoyo sobre la PTF, sin considerar los efectos de las otras formas de apoyo sectorial. No obstante, el enfoque adoptado aquí ofrece una visión clara de la relación entre cada instrumento de política y los resultados de productividad.

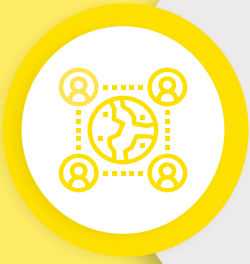
# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

A partir de los resultados descritos, las siguientes recomendaciones pueden ayudar a orientar a los responsables de política en el diseño de estrategias de apoyo agrícola más efectivas en ALC:

## I. Reducir gradualmente las políticas distorsionantes de APM

Los resultados de este capítulo sugieren que las políticas de apoyo agrícola deberían alejarse de las transferencias amplias y de las intervenciones de APM, que tienden a obstaculizar el crecimiento de la productividad. En la mayoría de los países de ALC, estas representan en promedio el 74% del apoyo al productor. Solo Brasil, Chile y Paraguay reportan niveles de APM por debajo de la mitad de su EAP, con Chile en 6% y Paraguay prácticamente en 0%. Argentina presenta APM negativo, lo que se traduce en apoyo a los consumidores más que a los productores (Agrimonitor, 2025). A la luz de estos resultados, los gobiernos deberían apuntar a reducir gradualmente este tipo de apoyo, al tiempo que aumentan la asistencia más focalizada al sector.

## II. Combinar apoyo directo y EASG para lograr beneficios de corto y largo plazo

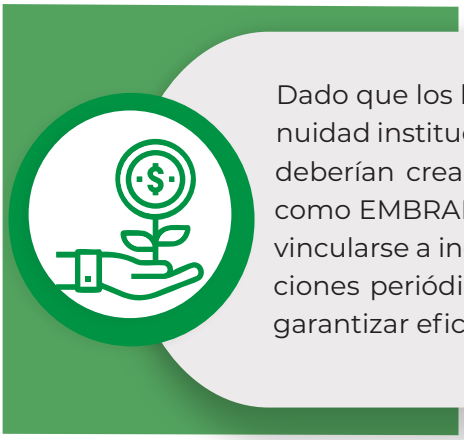


Las complejidades del sector agrícola pueden requerir una combinación equilibrada de enfoques. El apoyo directo no distorsionante puede ayudar a abordar fallas de mercado o choques inesperados que requieren soluciones inmediatas, como restricciones de liquidez causadas por eventos climáticos o asimetrías de información en prácticas agronómicas. Paralelamente, las inversiones de largo plazo en bienes públicos son esenciales, ya que generan ganancias sostenibles de productividad a largo plazo, aunque estas tarden en materializarse.

## III. Fortalecer las políticas de I+D agrícola orientadas a la productividad

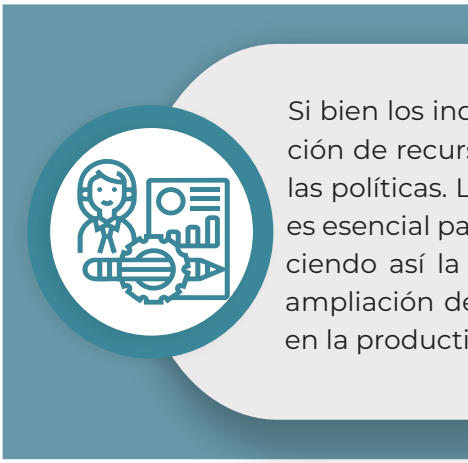
Encontramos evidencia de que la I+D se asocia positivamente con la productividad, pero el gasto público varía significativamente entre los países de ALC. Ecuador destina el 50% de su EASG a I+D como porcentaje del gasto público agrícola, y Brasil y Bahamas también muestran proporciones relativamente altas, de 44% y 36%, respectivamente. En Belice, en cambio, la proporción es de apenas 1% (Conroy et al., 2024). Estas disparidades sugieren que los países de ALC tienen un importante margen para mejorar la escala y el enfoque de la inversión en I+D agrícola.

## IV. Establecer mecanismos de financiamiento de largo plazo para la investigación agrícola pública, vinculados a resultados sostenibles de productividad



Dado que los beneficios de la I+D suelen tardar años en emerger, la continuidad institucional más allá de los ciclos electorales es esencial. Los países deberían crear o fortalecer fondos autónomos de investigación agrícola, como EMBRAPA en Brasil o el INIA en Uruguay. El financiamiento debería vincularse a indicadores de productividad medibles y estar sujeto a evaluaciones periódicas e independientes que midan efectos causales, a fin de garantizar eficiencia e impacto.

## V. Complementar la medición y el análisis del apoyo de políticas con evaluaciones de impacto rigurosas y sistemáticas de las intervenciones agrícolas



Si bien los indicadores EAP son indispensables para monitorear la asignación de recursos públicos, son insuficientes para evaluar la efectividad de las políticas. La incorporación de evaluaciones basadas en contrafactuales es esencial para identificar qué intervenciones generan resultados, fortaleciendo así la toma de decisiones basada en evidencia y respaldando la ampliación de aquellas intervenciones que impulsan mejoras sostenibles en la productividad agrícola.

CAPÍTULO 2.

# ADAPTARSE A UN CLIMA CAMBIANTE: ESTRATEGIAS PARA SISTEMAS AGROALIMENTARIOS PRODUCTIVOS Y RESILIENTES

Autores: Timothy S. Thomas, Valeria Piñeiro, Richard D. Robertson

## RESUMEN

América Latina y el Caribe (ALC) se encuentran en un momento crucial para avanzar en la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas agroalimentarios de la región. Como exportador neto de productos agrícolas y punto crítico de biodiversidad a nivel mundial, la región enfrenta el desafío de aumentar la productividad al mismo tiempo que protege la resiliencia ambiental y social a largo plazo. Este capítulo ofrece una evaluación prospectiva de cómo la variabilidad climática podría afectar la productividad agrícola y el uso del suelo hacia 2050, basándose en proyecciones ajustadas al clima para explorar posibles cambios en los rendimientos y en la distribución de cultivos bajo crecientes presiones climáticas. Los resultados indican que el cambio climático podría modificar las ventajas comparativas, reducir los rendimientos en determinadas zonas y generar reconfiguraciones significativas en los patrones de cultivo. No obstante, existen oportunidades importantes en inversiones estratégicas en prácticas climáticamente inteligentes, infraestructura resiliente y políticas inclusivas. Los efectos variarán ampliamente entre países y tipos de productores, lo que subraya la necesidad de estrategias específicas y adaptadas al contexto. En última instancia, la capacidad de ALC para anticipar y adaptarse —mediante la prospectiva, datos robustos y planificación por escenarios— determinará la productividad, sostenibilidad y resiliencia de sus sistemas agroalimentarios, y permitirá que la región siga siendo un actor central en los sistemas alimentarios globales a pesar del cambio climático.

### Principales hallazgos

- Se prevé que ALC experimente una disminución mayor en la producción de todos los cultivos analizados en comparación con el promedio mundial.

Sin embargo, estos resultados varían a nivel subregional.

- Dos de los cultivos más importantes de América Central, el maíz y el café, probablemente enfrentarán impactos negativos mayores que el resto de ALC bajo un escenario de variabilidad climática.
- En México, donde el maíz es el cultivo predominante por superficie, se proyecta una expansión del área cultivada; no obstante, la disminución de los rendimientos reduciría la producción total.
- En los países del Caribe, donde la caña de azúcar es el cultivo más importante por superficie, las proyecciones indican una disminución de los rendimientos y de la producción, a pesar de un aumento en las áreas cosechadas.
- En la Región Andina, se proyecta un aumento en los rendimientos y en las áreas cosechadas de frijol y soya, lo que generará incrementos en la producción total. Sin embargo, se prevé una disminución en los rendimientos y las áreas cosechadas de arroz, lo que resultará en una menor producción. La producción de café aumentaría ligeramente, impulsada por la expansión de las áreas cosechadas.
- En el Cono Sur, la soya es, por amplio margen, el cultivo líder por superficie cultivada. Se proyecta una disminución tanto en los rendimientos como en la producción total.

# I. INTRODUCCIÓN

La agricultura sigue siendo un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, los medios de vida rurales y el desarrollo económico en ALC. Asimismo, posiciona a la región como un proveedor clave del sistema alimentario mundial gracias a sus exportaciones de cultivos y productos pecuarios esenciales. Sin embargo, los cambios en los patrones de precipitación, el aumento de las temperaturas y la transformación de las zonas agroecológicas ya están afectando los rendimientos agrícolas, la disponibilidad de agua y la calidad del suelo. Se prevé que estas presiones se intensifiquen hacia 2050, generando cambios complejos y desiguales en toda la región, redefiniendo qué puede cultivarse y dónde, cómo se utilizan los recursos y qué países o subregiones mantendrán sus ventajas comparativas.

Este capítulo presenta proyecciones prospectivas del modelo IMPACT (*International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade*), una herramienta bioeconómica de equilibrio parcial que integra datos climáticos, económicos y agrícolas. Explora cómo las dinámicas climáticas afectarán los rendimientos, el uso del suelo y la producción en toda ALC, resaltando la importancia de respuestas estratégicas adaptadas a las condiciones locales. Los resultados muestran que los resultados previstos para 2050 estarán determinados no solo por la dinámica climática, sino también por las decisiones estratégicas y las políticas adoptadas hoy. Las inversiones en innovación, infraestructura y estrategias de adaptación inclusivas serán esenciales para proteger y reconfigurar la competitividad agrícola.

# II. METODOLOGÍA Y DATOS

### Preguntas de investigación

La interacción entre el crecimiento del PIB, el aumento de la población y la evolución de las preferencias alimentarias impulsa de manera natural transformaciones en las cadenas de suministro, los precios y el uso del suelo. Sin embargo, cuando los análisis

incorporan los impactos climáticos —en particular los choques en los rendimientos, las restricciones hídricas y el estrés térmico— el panorama se vuelve mucho más complejo. La dinámica climática introduce nuevas fuerzas de presión y atracción que modifican los incentivos, la viabilidad de los cultivos y las ventajas regionales de formas que no necesariamente se distribuyen de manera uniforme.

### Datos y métodos

Este capítulo presenta los resultados del modelo bioeconómico de equilibrio parcial IMPACT para alimentos y agricultura a nivel global, aplicado a las subregiones de ALC (Robinson et al., 2024). El análisis utiliza la versión 3.4 de IMPACT, que integra módulos climáticos, hidrológicos y de cultivos para realizar simulaciones. IMPACT se basa en proyecciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) a nivel país para el PIB (Dellink et al., 2017) y para la población (Samir y Lutz, 2017) hasta 2050, así como en supuestos de expertos sobre las trayectorias más probables de crecimiento de rendimientos por cultivo y por país. El modelo se alimenta de información derivada de modelos integrados de clima, agua y cultivos que operan con una resolución espacial de 0,5°, para evaluar los efectos del cambio climático en la productividad agrícola. Los impactos climáticos en los rendimientos provienen de cinco modelos generales de circulación (GFDL, IPSL, MPI, MRI y UK) bajo tres Trayectorias Representativas de Concentración (RCP2.6, RCP7.0 y RCP8.5) y tres Caminos Socioeconómicos Compartidos (SSP1–3), simulados mediante el modelo de cultivos DSSAT. IMPACT también incorpora proyecciones exógenas de expansión de tierras cultivables, considerando tanto el crecimiento de la superficie agrícola física como los aumentos en la intensidad de cultivo.

## III. RESULTADOS

Como consecuencia del aumento constante de las temperaturas, el clima mundial es actualmente aproximadamente 1 °C más cálido que en los niveles preindustriales. A pesar del incremento térmico, ALC ha logrado hasta ahora un notable crecimiento agrícola, con una productividad que se ha cuadruplicado desde la década de 1970 (USDA, 2024). Sin embargo, estas mejoras han sido desiguales, con dinámicas heterogéneas entre subregiones y países.

De cara al futuro, se prevé que los rendimientos continúen aumentando gracias a inversiones en investigación agrícola, insumos mejorados e infraestructura, aunque lo harán a un ritmo más lento bajo escenarios de variabilidad climática. Aún más importante, el crecimiento se distribuirá de manera desigual entre cultivos, países y zonas agroecológicas, generando cambios en las ventajas comparativas. Algunas regiones y productos surgirán como ganadores relativos, mientras que otros perderán competitividad.

### Impactos climáticos proyectados para ALC en su conjunto

La Tabla 1 presenta los impactos proyectados del clima sobre los rendimientos, el área cosechada y la producción total de los siete cultivos más importantes de ALC por superficie, utilizando 2020 como año base. En concreto, se muestran los efectos para soya, maíz, caña de azúcar, trigo, frijoles, café y arroz; las cifras se presentan tanto para ALC como para el mundo.

**Tabla 1. Impacto climático proyectado en rendimientos, área cosechada y producción en comparación con un escenario sin cambio climático para los siete cultivos principales de ALC, 2050 (año base 2020)**

| Cultivo | *Área cultivada en 2020 (miles de hectáreas)* | Impacto del clima en los RENDIMIENTOS hacia 2050 (%) | | Impacto del clima en el ÁREA COSECHADA hacia 2050 (%) | | Impacto del clima en la PRODUCCIÓN hacia 2050 (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ALC | Mundo | ALC | Mundo | ALC | Mundo |
| Soya | *58.542* | -10,1 | -5,4 | 3,8 | 4,1 | -4,7 | -1,4 |
| Maíz | *35.703* | -9,6 | -8,5 | 1,6 | 1,9 | -8,2 | -6,3 |
| Caña de Azúcar | *14.212* | -7,9 | -6,1 | 3,9 | 3,9 | -4,6 | -2,4 |
| Trigo | *9.686* | -4,4 | 4,3 | -7,1 | -0,1 | -10,4 | 4,4 |
| Frijoles | *6.62* | -4,8 | -0,2 | -5,7 | -0,5 | -9,7 | -0,7 |
| Café | *5.243* | -10,3 | -5,9 | -0,1 | 1,7 | -9,5 | -4,1 |
| Arroz | *4.933* | -3,7 | -2,1 | -1,0 | 0,4 | -5,1 | -1,7 |

Fuente: Proyecciones del modelo IMPACT v3.4 (Rosegrant et al., 2024).

Notas: Los resultados se presentan sin considerar el efecto de fertilización por $CO_2$ y se basan en emisiones bajo el escenario RCP8.5 y cambios económicos y demográficos basados en el SSP2. Los resultados reportados se basan en la mediana de cinco modelos climáticos. Los valores reflejan cambios en la oferta y demanda global, incluyendo población, PIB y factores de cambio tecnológico.

Bajo un escenario con cambio climático, los resultados muestran que los rendimientos de todos los cultivos (mostrados en naranja en la **Tabla 1**) disminuirán en toda ALC, y en todos los casos las pérdidas regionales superan los promedios mundiales. El café y la soya, dos exportaciones fundamentales, se proyecta que registren pérdidas de rendimiento superiores al 10% debido al cambio climático, lo cual es entre 4 y 5 puntos porcentuales más que la disminución promedio global. Se espera que los rendimientos del maíz caigan un 9,6% en ALC, frente al 8,5% proyectado a nivel mundial. El arroz, el trigo y los frijoles enfrentarán reducciones de rendimiento más pequeñas (inferiores al 5%), pero aun así tienen un desempeño peor en ALC que en el resto del mundo. Estos resultados son especialmente relevantes considerando la contribución vital de estos cultivos a la seguridad alimentaria de la región.

Si bien se espera que los rendimientos de casi todos los cultivos disminuyan tanto en ALC como en el mundo, una excepción notable es el trigo. A nivel mundial, se proyecta que los rendimientos aumenten un 4%, impulsados por el incremento de temperaturas que beneficia a los productores ubicados en climas fríos. Sin embargo, en un escenario con cambio climático, se espera que los rendimientos del trigo en ALC caigan un 4,4%. Este es un ejemplo del cambio en las ventajas comparativas, y uno que tiene implicaciones para la política comercial, las prioridades de investigación y la planificación del uso del suelo.

La dinámica climática también afectará las áreas cosechadas (mostradas en azul en la **Tabla 1**). Bajo un escenario con variabilidad climática, se espera que las áreas cosechadas de trigo, frijoles, café y arroz en ALC disminuyan, siendo el trigo el que experi-

menta la caída más pronunciada. Por otro lado, se prevé que las áreas cosechadas de soya, maíz y caña de azúcar aumenten moderadamente (entre 2% y 4%). A nivel mundial, se proyecta que las áreas cosechadas aumenten para la mayoría de los cultivos analizados, excepto para el trigo y los frijoles, que muestran pequeñas disminuciones.

Los resultados sugieren que la producción total de los siete cultivos (mostrada en verde en la **Tabla 1**) disminuirá de manera pronunciada en ALC para 2050. Esta caída podría ser particularmente marcada en el trigo (-10%), los frijoles y el arroz (<-9%), y el maíz (-8%). Se proyecta una disminución más moderada para el arroz, la soya y la caña de azúcar, entre 4,5% y 5,1%. A nivel mundial, con la excepción del trigo, el modelo predice una disminución en la producción y en los rendimientos de los siete cultivos bajo cambio climático, con reducciones que van de -0,7% a -6,3%.

En resumen, las proyecciones para 2050 bajo un escenario de cambio climático muestran que ALC podría experimentar rendimientos significativamente menores debido a la variabilidad climática en comparación con el escenario base. Estas disminuciones relativas irían acompañadas por cambios en las áreas cosechadas, a medida que los agricultores adaptan el uso de la tierra a las nuevas realidades climáticas. En los siete cultivos más importantes de la región, se espera que los rendimientos disminuyan con mayor intensidad que el promedio mundial, lo que pone de relieve la particular vulnerabilidad de ALC.

## Impactos proyectados en ALC, por subregión

La desagregación subregional ofrece una perspectiva aún más matizada. La **Tabla 2** muestra el impacto proyectado del cambio climático en los rendimientos de los cultivos en ALC y sus subregiones, junto con las tendencias globales. Las proyecciones sugieren disminuciones en los rendimientos de los siete cultivos en Centroamérica y el Cono Sur.

Los países andinos experimentarían un ligero aumento en los rendimientos de la soya (1,2%) y de los frijoles (1,4%), mientras que lo mismo ocurre en el Caribe en el caso de la soya (0,6%) y del maíz (3,8%). Ambas subregiones registrarían disminuciones en los rendimientos de los cultivos restantes.

En el caso de la soya, México y Centroamérica enfrentarían pérdidas de rendimiento particularmente severas, de 17,5% y 11,.9%, respectivamente. En contraste, se prevé que la Región Andina y el Caribe experimenten incrementos leves de 1,2% y 0,6%, respectivamente. Tendencias similares se observan para el maíz: se espera que ALC en su conjunto registre una disminución del 9.6%, mientras que las reducciones en Centroamérica serían más pronunciadas (18,2%). Los rendimientos de la caña de azúcar, el café y los frijoles también se proyecta que disminuyan de manera marcada en la mayoría de las subregiones, frecuentemente superando los promedios globales.

La **Tabla 3** presenta el impacto previsto sobre las áreas cosechadas en cada subregión bajo un escenario de cambio climático hacia 2050. Los resultados muestran que se espera un aumento en el área cosechada de soya en todas las subregiones, particularmente en Centroamérica (9,5%), México (5,8%) y el Caribe (5,2%). Esto sugiere que la demanda y las condiciones del mercado podrían seguir respaldando la producción de soya, a pesar de los desafíos de productividad. Se proyecta también un aumento en el área sembrada de maíz en México (4,0%), el Caribe (4,3%) y la Región Andina (2,7%), pero una disminución en Centroamérica (-1,1%), donde se espera que las pérdidas de rendimiento sean más pronunciadas (-18,2%, ver **Tabla 1**).

**Tabla 2. Impacto climático proyectado en los rendimientos en comparación con un escenario sin cambio climático para los siete principales cultivos de ALC en 2050 (año base 2020, cambio porcentual)**

| Cultivo | *Mundo* | *ALC* | Cono Sur | Región Andina | México | Centro-américa | Caribe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soya | *-5,4* | *-10,1* | -10,3 | 1,2 | -17,5 | -11,9 | 0,6 |
| Maíz | *-8,5* | -9,6 | -10,2 | -6,8 | -7,1 | -18,2 | 3,8 |
| Caña de Azucar | *-6,1* | -7.9 | -8,4 | -4,9 | -7,1 | -16,8 | -12,1 |
| Trigo | *4,3* | *-4.4* | -4,7 | -2,9 | 1,4 | -5,9 | NA |
| Frijoles | *-0,2* | *-4,8* | -6,1 | 1,4 | -8,1 | -5,2 | -3,2 |
| Café | *-5,9* | *-10,3* | -8,9 | -2,3 | -5,6 | -15,2 | -6,6 |
| Arroz | *-2,1* | *-3,7* | -5,2 | -2,5 | -1,8 | -6,7 | -8,8 |

Fuente: Proyecciones del modelo IMPACT v3.4 (Rosegrant et al., 2024).

Notas: Los resultados se presentan sin considerar el efecto de fertilización por $CO_2$ y se basan en emisiones bajo el escenario RCP8.5 y en cambios económicos y demográficos según el SSP2. Los valores corresponden a la mediana de cinco modelos climáticos. Los datos reflejan cambios en la oferta y demanda global, incluyendo población, PIB y cambio tecnológico.

La caña de azúcar muestra un crecimiento positivo en el área cosechada en todas las subregiones, con valores que van desde 1,7% en la Región Andina hasta 6,3% en Centroamérica . Es notable que el área cosechada de caña de azúcar aumente incluso donde los rendimientos disminuyen de manera significativa. En contraste, se proyecta una reducción en el área cosechada de trigo y frijoles bajo el cambio climático en la mayor parte de ALC.

La mayor disminución en el área cultivada de frijoles se observa en México, donde pierden más del 11% del área cosechada. Las perspectivas para el café son mixtas: el área cosechada podría aumentar ligeramente bajo el cambio climático en México (2,9%) y en la Región Andina (2,6%), pero disminuir en el Cono Sur (-2,2%) y en Centroamérica (-0,6%), posiblemente reflejando un desplazamiento hacia altitudes mayores.

**Tabla 3. Impacto climático proyectado en el área cosechada en comparación con un escenario sin cambio climático para los siete principales cultivos de ALC en 2050 (año base 2020, cambio porcentual)**

| Cultivo | *Mundo* | *ALC* | Cono Sur | Región Andina | México | Centro-américa | Caribe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soya | *4,1* | *3,8* | 3,9 | 2,4 | 5,8 | 9,5 | 5,2 |
| Maíz | *1,9* | *1,6* | 0,9 | 2,7 | 4,0 | -1,1 | 4,3 |
| Caña de Azúcar | *3,9* | *3,9* | 3,9 | 1,7 | 4,8 | 6,3 | 4,8 |
| Trigo | *-0,1* | *-7,1* | -7,5 | -2,3 | -2,6 | -2,9 | NA |
| Frijoles | *-0,5* | *-5,7* | -5,1 | 0,5 | -11,9 | -1,7 | -2,7 |
| Café | *1,7* | *-0,1* | -2,2 | 2,6 | 2,9 | -0,6 | 0,8 |
| Arroz | *0,4* | *-1,0* | -1,0 | -1,0 | 0,9 | -2,6 | -2,2 |

Fuente: Proyecciones del modelo IMPACT v3.4 (Rosegrant et al., 2024).

Notas: Los resultados se presentan sin considerar el efecto de fertilización por $CO_2$ y se basan en emisiones bajo el escenario RCP8.5 y en los cambios económicos y demográficos según el SSP2. Los valores corresponden a la mediana de cinco modelos climáticos. Los datos reflejan cambios en la oferta y demanda global, incluyendo población, PIB y cambio tecnológico.

En última instancia, la combinación de menores rendimientos bajo el cambio climático y cambios en el uso del suelo da lugar a una variación sustancial en la producción agrícola en toda la región. La **Tabla 4** resume el impacto climático proyectado sobre los niveles de producción para ALC y sus subregiones. En general, las proyecciones sugieren una posible disminución en la producción de todos los cultivos analizados en Centroamérica, México y el Cono Sur.

La Región Andina podría experimentar un aumento en la producción de soya (4,2%), frijoles (1,9%) y café (0,1%), mientras que se prevé que el Caribe incremente la producción de soya (5,8%) y maíz (8,4%). El desglose por cultivo sugiere que la producción de soya disminuiría un 4,7% en ALC en su conjunto, con pérdidas severas en México (11,6%) y en el Cono Sur (4,8%). Sin embargo, se prevé que las regiones Andina y del Caribe registren incrementos en la producción de soya (4,2% y 5,8%, respectivamente), lo cual se explica por los aumentos tanto en los rendimientos como en las áreas cosechadas (véase **Tabla 1** y **Tabla 2**).

Se espera que Centroamérica enfrente los impactos más severos en la producción de maíz, con una caída del 19,7%, mientras se proyecta que el Caribe muestre un aumento del 8,4%. El trigo constituye un caso particularmente marcado: se proyecta que la producción de ALC disminuya un 10,4% en comparación con un escenario sin cambio climático, incluso cuando la producción global aumenta. El café, los frijoles y el arroz también enfrentarán disminuciones pronunciadas y generalizadas en la producción, aunque la Región Andina muestra aumentos modestos en la producción de café y frijoles, lo que sugiere ventajas comparativas emergentes en ciertas zonas de altitud elevada.

**Tabla 4. Impacto climático proyectado en la producción en comparación con un escenario sin cambio climático para los siete principales cultivos de ALC en 2050 (año base 2020, cambio porcentual)**

| Cultivo | *Mundo* | *ALC* | Cono Sur | Región Andina | México | Centro-américa | Caribe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soya | *-1,4* | *-4,7* | -4,8 | 4,2 | -11,6 | -3,6 | 5,8 |
| Maíz | *-6,3* | *-8,2* | -9,4 | -5,5 | -3,2 | -19,7 | 8,4 |
| Caña de Azúcar | *-2,4* | *-4,6* | -4,1 | -3,8 | -2,1 | -11,5 | -7,9 |
| Trigo | *4,4* | *-10,4* | -10,9 | -4,6 | -1,3 | -7,2 | NA |
| Frijoles | *-0,7* | *-9,7* | -11,3 | 1,9 | -18,7 | -8,5 | -6,1 |
| Café | *-4,1* | *-9,5* | -11,9 | 0,1 | -1,3 | -15,1 | -6,9 |
| Arroz | *-1,7* | *-5,1* | -7,2 | -3,5 | -0,9 | -9,2 | -10,8 |

Fuente: Proyecciones del modelo IMPACT v3.4 (Rosegrant et al., 2024).

Notas: Los resultados se presentan sin considerar el efecto de fertilización por $CO_2$ y se basan en emisiones bajo el escenario RCP8.5 y en cambios económicos y demográficos según el SSP2. Los valores corresponden a la mediana de cinco modelos climáticos. Los datos reflejan cambios en la oferta y demanda global que incluyen población, PIB y cambio tecnológico.

## Principales conclusiones

1. **Sin intervenciones significativas, se espera que los rendimientos de todos los cultivos analizados disminuyan para ALC en su conjunto, y que la gran mayoría de los cultivos experimente reducciones de rendimiento dentro de las subregiones de ALC.** En toda la región de ALC, se prevé que los rendimientos de todos los cultivos analizados disminuyan. Esto también es válido para la gran mayoría de las subregiones de ALC, donde se anticipa que los rendimientos de casi todos los cultivos se reduzcan. Los únicos casos en los que se observan aumentos en los rendimientos son: frijoles y soya en la Región Andina (1,4% y 1,2%, respectivamente), trigo en México (1,4%), y soya y maíz en el Caribe (0,6% y 3,8%, respectivamente).

2. **El aumento en el área cosechada no compensará las pérdidas de producción cuando existan reducciones en los rendimientos.** Como se muestra en la **Tabla 2**, muchas subregiones proyectan expandir el área cosechada de cultivos que presentan disminuciones en los rendimientos, lo que sugiere un esfuerzo por mantener la producción a pesar de la caída en productividad (según lo reportado en la **Tabla 1**). Sin embargo, en la mayoría de los casos, el modelo indica que esta expansión del área no será suficiente para compensar las pérdidas de rendimiento ni para mantener los niveles actuales de producción. Incluso incrementos sustanciales en la superficie cultivada no logran contrarrestar el impacto de los rendimientos decrecientes: en América Central, por ejemplo, el área cosechada de soya se proyecta con un crecimiento significativo (9,8%), pero se espera que la producción disminuya en 3,7%. La única excepción a esta tendencia es el café en la Región Andina, donde la producción aumentaría levemente (0,1%) a pesar de una reducción del 2,3% en los rendimientos, probablemente debido a un aumento del 2.6% en el área cosechada.

3. **A nivel subregional, se espera que los cultivos que experimenten aumentos en los rendimientos también incrementen la producción.** Como se muestra en la **Tabla 4**, a nivel regional, se proyecta que todos los cultivos analizados presenten disminuciones en la producción. A nivel subregional, la mayoría de los cultivos sigue esta misma tendencia descendente, con solo unas pocas excepciones. Se espera un aumento en la producción de soya, frijoles y café en la Región Andina, y de soya y maíz en el Caribe. Cabe destacar que, con la excepción de los frijoles en la Región Andina —donde se proyecta que los rendimientos disminuyan— los cultivos que muestran crecimiento en la producción son los mismos que muestran incrementos en los rendimientos. Esto indica que las mejoras en los rendimientos, más que la expansión del área cosechada, serán el principal motor del aumento en los niveles de producción en las subregiones de ALC. El único caso donde el incremento de los rendimientos no se traduce en un aumento de la producción es el maíz en México, donde la producción disminuye 3,2% a pesar de los aumentos en los rendimientos, probablemente debido a una reducción de 2,6% en el área cosechada. No obstante, la producción de maíz en México presenta la menor disminución entre las subregiones con resultados negativos, lo que sugiere que las mejoras en los rendimientos podrían compensar parcialmente las pérdidas de producción.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Con base en estos hallazgos, este capítulo propone las siguientes intervenciones de política para preparar al sector agrícola de ALC frente a futuros escenarios climáticos.

## I. Diseñar estrategias proactivas y adaptativas para mitigar las disparidades socioeconómicas bajo condiciones agroecológicas cambiantes

Como muestra el modelo, se espera que la variabilidad climática modifique la viabilidad de ciertos cultivos y regiones al alterar las condiciones agroecológicas, lo cual probablemente intensificará y redefinirá las disparidades regionales existentes. Los responsables de política deben adoptar una visión de largo plazo y desarrollar de manera proactiva mecanismos y programas que ayuden a los sectores agrícolas y a los actores de las cadenas de valor más vulnerables a adaptarse a las nuevas condiciones. Las cadenas de valor siguientes podrían requerir especial atención, dada su importancia en términos de área cosechada y su vulnerabilidad a reducciones en los rendimientos y la producción inducidas por el clima, según el modelo: maíz y café en América Central, maíz en México, caña de azúcar en el Caribe, soya en el Caribe, y arroz en la Región Andina. Los responsables de política deberían considerar un conjunto amplio de acciones adaptativas, tales como invertir en actividades económicas eficientes en el uso de recursos que puedan ofrecer alternativas viables para los actores de estas cadenas vulnerables, y establecer programas de protección social y de recapacitación para aquellos con mayores barreras para la transición hacia nuevas actividades económicas.

## II. Priorizar intervenciones orientadas a aumentar los rendimientos para sostener la producción bajo condiciones climáticas cambiantes

El modelo predice que, bajo un escenario de cambio climático, el aumento de los rendimientos —y no la expansión del área cosechada— será el principal mecanismo para sostener o incrementar la producción en las subregiones de ALC. Sin intervenciones significativas, cultivos clave como el maíz, el café y el arroz enfrentarán caídas en la producción en muchas regiones, incluso a pesar de fuertes aumentos en el área cosechada. Si bien el modelo indica claramente que los impactos climáticos podrían limitar el crecimiento de los rendimientos, intervenciones específicas dirigidas a aumentarlos bajo condiciones climáticas cambiantes, podrían evitar este escenario y proteger estos mercados. Los países que inviertan tempranamente en tecnologías climáticamente inteligentes, infraestructura sostenible y sistemas de apoyo inclusivos podrían mantener —o incluso ampliar— su potencial agrícola.

## III. Realizar inversiones estratégicas para adaptarse a ventajas comparativas que cambian rápidamente

Para lograr avances en productividad y sostenibilidad, los países de ALC deberán actuar de manera coordinada para construir un entorno propicio que apoye la innovación, la adaptación y la inclusión. Los avances tecnológicos por sí solos no serán suficientes: el éxito dependerá de instituciones sólidas, políticas inclusivas y acceso equitativo a recursos y apoyo, especialmente para los pequeños productores, quienes enfrentan barreras significativas. Se requieren inversiones estratégicas en nuevos mercados, sistemas de producción diversificados y procesos de innovación que lleguen a todos los tipos de productores. Sin un enfoque coordinado y con visión de futuro, la región corre el riesgo de enfrentar degradación ambiental y perder oportunidades económicas. Actuando estratégicamente, ALC tiene el potencial de convertirse en un líder mundial en la construcción de sistemas agroalimentarios resilientes, competitivos y sostenibles.

## IV. Fortalecer la integración y la colaboración regional para construir estrategias de resiliencia climática rentables



Como muestra el modelo, los patrones de producción y los mercados podrían cambiar significativamente entre las subregiones de ALC. El cambio climático, la evolución de los patrones comerciales y las presiones ambientales trascienden las fronteras nacionales. Alinear estrategias, compartir conocimientos y coordinar acciones entre países puede mejorar la capacidad de la región para responder a los cambios esperados. Una mayor cooperación puede aumentar la eficacia de la adaptación climática, de los esfuerzos de investigación y de la integración de mercados, garantizando que ningún país quede rezagado en la transición hacia sistemas alimentarios más resilientes e inclusivos.

## En síntesis

El futuro de la agricultura en ALC dependerá de la capacidad de la región para aplicar las lecciones del pasado, mientras anticipa los desafíos y oportunidades que se avecinan. Mantener la competitividad en un contexto global cambiante requerirá una transición deliberada hacia la sostenibilidad, la resiliencia y el desarrollo inclusivo. Al incorporar la prospectiva en la toma de decisiones y alinear las políticas con objetivos de largo plazo, los países de la región pueden impulsar la transición hacia sistemas agroalimentarios que sean, a la vez productivos y resilientes al clima.

# II. PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN FOCO: EVIDENCIA DE ESTUDIOS DE PAÍS

# CAPÍTULO 3. **MÉXICO**

AUTORES: ARACELI ORTEGA DÍAZ, ANDREA GUERRERO

## RESUMEN

Este capítulo estima la producción potencial, la eficiencia técnica, el cambio tecnológico y la productividad total de los factores (PTF) en México entre 2007 y 2022, utilizando métodos de frontera estocástica de producción y datos de los censos agrícolas más recientes. Los resultados confirman que el potencial productivo aumentó en el 85,8% de los municipios, pero la eficiencia técnica disminuyó en el 84%. Mientras que el crecimiento de la PTF fue positivo en el 88,9% de los municipios, el aumento promedio fue inferior al 1% anual. Este crecimiento fue impulsado por el progreso tecnológico, que registró un promedio anual de 1,37%, contrarrestado por una disminución de la eficiencia técnica de -0,32%. Las condiciones climáticas tuvieron un efecto negativo, reduciendo el crecimiento de la PTF en 0,016% por año, resaltando la importancia de fortalecer la resiliencia climática del sector agrícola.

Los principales factores que contribuyeron al crecimiento de la PTF durante este período son el riego (5,3%), la tenencia de la tierra (11,3%) y las inversiones en infraestructura (3%).

## I. INTRODUCCIÓN

Este capítulo analiza los principales determinantes de la producción y la productividad agrícola en México entre 2007 y 2022, con el objetivo de identificar posibles políticas para mejorar el desempeño del sector de manera sostenible. Para capturar la heterogeneidad del sector, el análisis presenta estimaciones a nivel nacional y municipal, donde la desagregación por municipio permite capturar diferencias internas en el desempeño agrícola dentro del país, lo que a su vez ofrece a los formuladores de política una base más precisa para orientar las intervenciones de forma efectiva.

En 2025, la agricultura representó menos del 3,3% del PIB de México, una disminución respecto a su máximo de 4,09% en 1986, con

una participación promedio de 3,39% durante el período de estudio. A pesar de su contribución relativamente modesta al PIB, el sector sigue siendo una fuente clave de empleo, proporcionando trabajo a aproximadamente 6,4 millones de personas, lo que equivale al 10,8% de la fuerza laboral del país (INEGI, 2024). En 2023, la producción agrícola total incluyó 298,9 millones de toneladas de alimentos,[1] de las cuales aproximadamente el 85% se destinó al consumo interno (productos alimentarios básicos, la industria alimentaria nacional y alimento para animales), mientras que el 13% se exportó y el 2% restante correspondió a pérdidas o mercados informales (SADER, 2024).

Según la Organización Mundial del Comercio (OMC), México consolidó en 2023 su posición como el séptimo mayor exportador de alimentos, respaldado por su amplia red de acuerdos de libre comercio y por su reconocido estatus sanitario que le permite exportar a más de 190 países (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023). Aunque la inversión extranjera directa (IED) en el sector agrícola ha aumentado en las últimas décadas, todavía representa menos del 1% de los flujos totales de IED hacia México (Canales et al., 2019). Si bien la IED contribuye al crecimiento económico del sector agrícola, su desarrollo depende en gran medida de factores internos, particularmente de la inversión en infraestructura, maquinaria y equipo, así como de la capacidad de los productores para gestionar desafíos como las fluctuaciones del tipo de cambio (Valdez-Cornejo et al., 2025). La adopción de prácticas agrícolas innovadoras, a menudo certificadas bajo estándares internacionales como orgánico, comercio justo o Tipo Inspección Federal (TIF), ha permitido que una parte de los productores mexicanos acceda a mercados internacionales exigentes, fortaleciendo su competitividad y promoviendo la sostenibilidad.

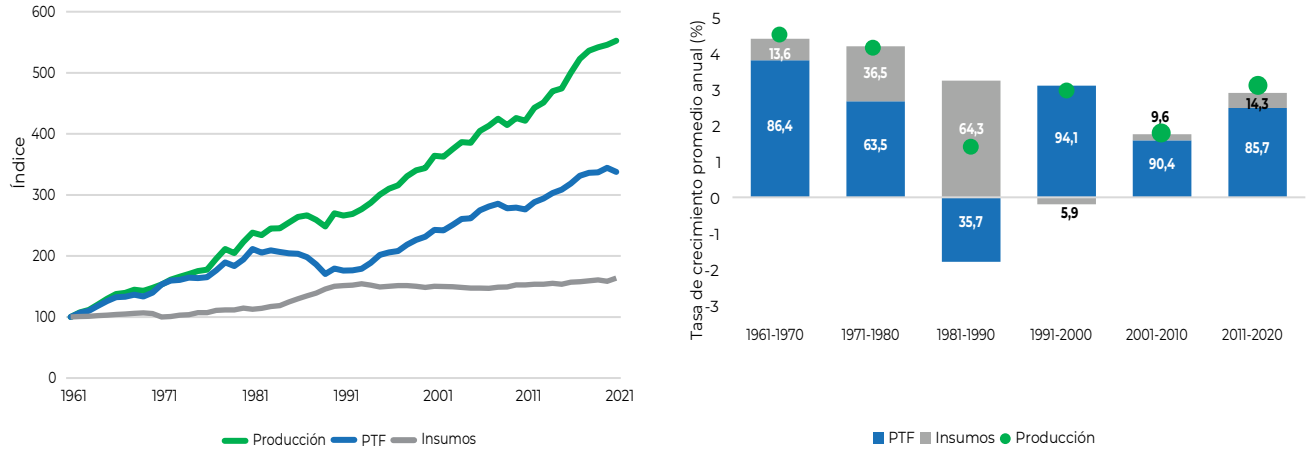
El sector agrícola de México es altamente heterogéneo y se caracteriza por marcadas diferencias en el tamaño de las unidades productivas, la orientación de la producción y el acceso a recursos. La mayoría de los productores son agricultores de pequeña escala y de subsistencia, que con frecuencia viven en condiciones de vulnerabilidad marcadas por la inseguridad alimentaria y la pobreza (FAO, 2016), mientras que un grupo más reducido, son explotaciones de gran escala que operan con tecnologías de punta (INEGI, 2023). La productividad de los agricultores tradicionales se ha estimado en solo el 15%–20% de la de los productores comerciales (UNCTAD, 2014), resaltando profundas disparidades estructurales. Estas brechas se agravan por desafíos sociales: en 2022, el 36,3% de la población mexicana vivía en pobreza y el 7,1% en pobreza extrema, cifras que aumentan a 48,8% y 14,9% en las zonas rurales (CONEVAL, 2023). La inseguridad alimentaria afecta al 18,2% de la población a nivel nacional, frente al 23,9% en áreas rurales. En este contexto, impulsar la productividad del sector agrícola es fundamental para mejorar los medios de vida rurales y al mismo tiempo, promover la sostenibilidad ambiental.

En los últimos 60 años, la producción agrícola de México se ha multiplicado casi por seis (**Figura 1**). Los datos del USDA-ERS muestran que la producción creció a una tasa promedio anual del 2,9%, impulsada principalmente por aumentos en la PTF, especialmente desde la década de 1990. En promedio, la PTF creció 2,1% por año, mientras que el uso de insumos aumentó 0,8% anualmente. Entre 2010 y 2020, la PTF continuó mejorando, lo que se tradujo en una mayor producción agrícola. Un análisis por décadas revela que México superó al promedio de los países de Centroamérica tanto en producción agrícola como en PTF, excepto durante la década de 1980 y los primeros años de la década de 2000. En este último período, la PTF de México creció 1,6% por año, ligeramente por debajo del promedio regional de

[1] Esta cifra incluye 271,8 millones de toneladas de productos agrícolas, 25,1 millones de toneladas de productos pecuarios y 2 millones de toneladas de productos pesqueros y de acuicultura.

1,7%. En la década de 1980, la PTF disminuyó, reflejando tendencias observadas en los países centroamericanos. Cabe destacar que, entre 2010 y 2020, la producción agrícola creció a una tasa promedio anual del 2,9%, de la cual el 86% se explicó por aumentos en la PTF (2,5% anual), mientras que el 14% restante se debió al mayor uso de insumos (Salazar et al., 2025).

Figura 1. Cambios en la PTF, la producción y los insumos en México (1961–2020)




Nota: Tomada de Salazar et al. (2025).

El sector agrícola mexicano es altamente vulnerable a la variabilidad climática, ya que cerca del 60% de la superficie cultivada depende de la lluvia, lo que lo hace especialmente sensible a eventos meteorológicos extremos. Al mismo tiempo, las actividades agropecuarias generan el 19% de los gases de efecto invernadero y otros compuestos con efecto invernadero (GyCEI) del país (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022). Este doble desafío refleja tanto la fuerte exposición del sector a los riesgos climáticos como su potencial contribución a la mitigación.

Para incorporar los impactos ambientales generados por el proceso productivo, el IFRPI y el BID (2025) estimaron Índices de Productividad Sostenible (SPI por sus siglas en inglés) para el período 1995-2021. Cuando se aplican penalizaciones a los costos ambientales mediante un esquema de ponderación del 10% para los subproductos indeseados, el crecimiento de la productividad disminuye de 1,5% a 1,3%.

Los análisis de productividad del sector agrícola en México que emplean metodologías recientes, como los enfoques de frontera estocástica, son escasos. Los estudios existentes suelen estar limitados a commodities o programas específicos y, en muchos casos, se basan en períodos no recientes. A nivel nacional, un estudio del Banco Mundial encontró que el crecimiento de la productividad en agricultura, silvicultura, pesca y caza se mantuvo estancado en México entre 1991 y 2018 (Iacovone et al., 2021). En contraste, Bravo-Ortega (2021), por medio de una función de producción translog, estimó un crecimiento anual promedio de la PTF del 1,7% para el sector agrícola entre 1961 y 2017. Algunos estudios previos examinaron la eficiencia del sector agrícola mexicano. Por ejemplo, Yúnez-Naude et al. (2006) analizaron los determinantes de la ineficiencia y encontraron que los agricultores de subsistencia e indígenas tienden a ser menos productivos, y que los desastres naturales también son una fuente de ineficiencia. Por el contrario, Kagin et al. (2016) reportaron que las explotaciones agrícolas de gran tamaño presentaban menor producción por hectárea y eran menos eficientes que las pequeñas unidades de producción.

Las evaluaciones de intervenciones agrícolas muestran resultados mixtos. Los análisis del programa de transferencias agrícolas más grande de México, anteriormente conocido como *Procampo*, han encontrado impactos limitados sobre la productividad (Dyer Leal et al., 2017; Valentín-Garrido et al., 2016). Un estudio reciente del mismo programa, renombrado *Producción para el Bienestar* en 2019, no identificó aumentos significativos en la productividad de los beneficiarios en los cultivos de caña de azúcar y maíz (Ortega Díaz y Guerrero, 2024). En contraste, Todd et al. (2010) encontraron efectos positivos del programa sobre resultados agrícolas como el uso de la tierra, la tenencia de ganado y el gasto agrícola.

Los estudios sobre intervenciones orientadas a mitigar los efectos de los choques climáticos muestran resultados mixtos. Fuchs y Wolff (2016) encontraron que un programa de seguros climáticos indexado a la lluvia aumentó el rendimiento del maíz en 6%. Los programas de extensión y asistencia técnica también reportan efectos positivos y significativos. Por ejemplo, Donnet et al. (2017) realizaron un análisis de metafronteras y estimaron puntajes de eficiencia técnica entre el 70% y el 100% entre los beneficiarios del programa de *Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro)*, una iniciativa del gobierno y el CIMMYT lanzada en 2010 con el objetivo de incrementar la productividad de maíz y trigo, al tiempo que promovía prácticas sostenibles entre pequeños agricultores. Finalmente, Guerrero Ortiz et al. (2023) encontraron que el programa *Precios de Garantía* moderó en un 5% la caída en el área cultivada de maíz.

La contribución de este capítulo radica en el análisis multinivel realizado a escala de finca y de municipio, lo cual complementa estudios previos que se basan únicamente en datos agregados (ERS-USDA, 2024; Fernández-Cornejo y Shumway, 1997; Iacovone et al., 2021), aquellos enfocados en *commodities* (Díaz et al., 2025; Ortega et al., 2023), o en intervenciones puntuales (Corral et al., 2016). En contraste, este estudio aprovecha datos a nivel micro agregados a nivel municipal, para ofrecer una visión integral de la producción agrícola. Este enfoque permite analizar variables clave del sector, incluidas la eficiencia técnica, el cambio tecnológico y el crecimiento de la PTF, además de identificar desafíos y oportunidades locales. Dada la diversidad de condiciones dentro del sector agrícola mexicano, los responsables de política pública y otros actores pueden utilizar los resultados desagregados de este capítulo para orientar intervenciones específicas por región.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

El crecimiento de la PTF se explica por cambios en el progreso tecnológico o en la eficiencia técnica. Este análisis emplea una metodología de frontera de producción para identificar los factores que impulsan la PTF. Para ello, la producción potencial se estima incorporando los insumos agrícolas tradicionales y variables asociadas al clima, mientras que la eficiencia técnica se estima a partir de factores de gestión (Asravor et al., 2024). La incertidumbre se captura mediante variables climáticas y otros factores que están fuera del control de los productores (Battese y Coelli, 1995).

### Fuentes de datos

Para la estimación de la producción agrícola, la eficiencia técnica y la PTF, este capítulo utiliza microdatos de los censos agropecuarios del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI) para 2007 y 2022. Se analizaron 3.885.353 unidades de producción para 2007 y 3.543.030 para 2022.[2] Para calcular el valor de la producción, los datos censales se complementaron con precios agrícolas del Sistema de Información

[2] El censo de 2022 registra 4.613.004 unidades de producción agrícola, frente a 4.072.729 en el censo de 2007, aunque no se dispone de información completa para todas las unidades. De las unidades registradas en 2022, 103.150 se clasifican como grandes empresas y 4.509.854 como medianas o pequeñas. En 2007 no se incluyeron clasificaciones oficiales.

Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del Ministerio de Agricultura. Información adicional sobre clima, aptitud de la tierra y localización provino de INEGI, el Servicio Geológico de los Estados Unidos y *Google Earth Engine*. La **Tabla 1** resume estas fuentes de información.

Tabla 1. Datos y fuentes

| Datos | Descripción | Fuente |
|---|---|---|
| Producción agrícola agregada por municipio | La información a nivel de unidad de producción se agrega al nivel municipal para comparaciones en el tiempo: tierra, insumos y variables socioeconómicas (2007, 2022) | INEGI: Censo Agropecuario (2007 y 2022) |
| Precios de productos agrícolas | Precios agrícolas a nivel municipal (2007, 2022; pesos mexicanos constantes de 2022) | Ministerio de Agricultura: SIAP - SADER (2007 y 2022) |
| Aptitud agrícola | Uso de suelo y vegetación a nivel municipal (2003, 2018) | INEGI: Mapa de Uso de Suelo y Vegetación, Serie II (2003) y Serie VII (2018) |
| Precipitación | Datos satelitales diarios de precipitación a nivel municipal (1997–2007, 2012–2022) | *Google Earth Engine: Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)* |
| Temperatura | Datos satelitales de la temperatura promedio de la superficie terrestre en el período de composición de 8 días a nivel municipal (2003–2007, 2010–2020) | *Google Earth Engine: Aqua Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS, MYD11A2)* |
| Finanzas públicas | Ingresos y egresos municipales anuales (2007, 2022) | INEGI: Finanzas Públicas Estatales y Municipales (EFIPEM) (2007 y 2022) |
| Tenencia de la tierra | Superficie por tipo de tenencia a nivel municipal (2007, 2022) | INEGI: *Censo Agropecuario* (2007 y 2022) |
| Sistema de riego | Proporción de unidades de producción que utilizan sistemas de riego (aspersión, goteo, microaspersión, canales revestidos y no revestidos) | INEGI: *Censo Agropecuario* (2007 y 2022) |
| Pobreza | Indicadores de bienestar y pobreza (2010, 2020) | CONEVAL: Mapas de pobreza 2022 |

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 2** presenta las variables utilizadas para estimar la función de producción y la producción potencial, es decir, el nivel máximo de producción que puede obtenerse con los insumos disponibles. La **Tabla 3** reporta las variables empleadas para estimar la eficiencia técnica.

## Tabla 2. Variables de control en la función de producción

| Variables de interés | Descripción |
|---|---|
| Capital | Número de tractores, camiones, maquinaria, instalaciones y tecnologías utilizadas en cada unidad de producción, agregados a nivel municipal |
| Trabajo | Número de personas empleadas en las unidades de producción, por municipio |
| Insumos | Número de unidades de producción que utilizan fertilizantes, herbicidas e insecticidas, o número de unidades que utilizan cada insumo agroquímico, por municipio |
| Tierra | Hectáreas sembradas, destinadas a pastos, arrendadas o bajo riego, por municipio |
| Variables climáticas | Promedios decenales de precipitación y temperatura a nivel municipal |

Nota: Elaboración propia con base en los censos agropecuarios (2007 y 2022). Las variables climáticas provienen de datos satelitales agregados a nivel municipal y se calculan como promedios para los períodos 2003–2007 y 2010–2020.

## Tabla 3. Variables de gestión en la eficiencia técnica

| Variables de interés | Descripción |
|---|---|
| Variables socioeconómicas | Número de productores hombres, edad promedio, número de productores indígenas, promedio de años de escolaridad, por municipio |
| Crédito | Número de productores que recibieron crédito, por municipio |
| Semilla certificada | Número de unidades de producción que utilizan semilla certificada, por municipio |
| Otras actividades | Número de unidades de producción que realizan actividades no agrícolas, por municipio |

Nota: Elaboración propia con base en los censos agropecuarios (2007 y 2022).

La **Tabla 4** presenta factores que afectan la incertidumbre de corto plazo.

TABLA 4. VARIABLES FUERA DEL CONTROL DE LOS PRODUCTORES

| Variables de interés | Descripción |
|---|---|
| Variables climáticas | Desviación estándar de la precipitación y la temperatura promedio |
| Competencia | Número de unidades de producción, por municipio |
| Tamaño de la tierra | Hectáreas de tierra agrícola, por municipio |

Nota: Elaboración propia con base en los censos agropecuarios (2007 y 2022). Las variables climáticas provienen de datos satelitales agregados a nivel municipal.

Finalmente, se emplea el método de descomposición de Lachaud et al. (2022) para calcular el índice y el crecimiento de la PTF. Posteriormente, la PTF se vincula con variables de política pública, incluyendo finanzas municipales, tipo de tenencia de la tierra y técnicas de riego, presentadas en la **Tabla 5**.

TABLA 5. PRINCIPALES VARIABLES DE POLÍTICA PÚBLICA

| Variables de interés | Descripción |
|---|---|
| Riego | Porcentaje de superficie irrigada por método (aspersión, goteo, microaspersión y canales), por municipio |
| Tenencia de la tierra | Hectáreas por tipo de tenencia (ejidal, comunal, núcleo agrario, privada, pública), por municipio |
| Finanzas públicas | Información municipal sobre deuda pública, gasto en inversión, impuestos y transferencias federales, cubriendo ingresos y egresos de los gobiernos locales |

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI (2007).

## FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN ESTOCÁSTICA

Los cambios en la productividad agrícola pueden deberse a la eficiencia técnica (la combinación de insumos y tecnologías utilizadas para alcanzar el nivel máximo de producción, donde el 100% de eficiencia representa la frontera) y/o al cambio tecnológico (tecnologías e innovaciones que desplazan hacia afuera la frontera de producción, permitiendo obtener mayor producción con

los mismos insumos).[3] La producción potencial y la eficiencia técnica se estiman mediante análisis de frontera estocástica.[4]

### Descomposición de la PTF

Para estimar el crecimiento de la PTF, adaptamos el enfoque de Lachaud et al. (2022) mediante la estimación de la frontera estocástica de producción especificada de la siguiente manera:

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{K} \beta_k \, x_{k,it} + \tau t + \sum_{j=1}^{J} \eta_j \, z_{j,it} + v_{it} - u_{it}^{5} \quad (1)$$

Todas las variables se agregan a nivel municipal y se expresan en forma de arcoseno hiperbólico inverso (IHS) para las variables continuas. $y_{it}$ representa el valor agregado de la producción del municipio $i$ en el año $t$; $x_{it}$ denota las variables de insumos agregados; t es una tendencia temporal; $z_{it}$ incluye las variables climáticas de largo plazo; $v_{it}$ y $\mu_{it}$ son errores aleatorios simétricos. Los coeficientes estimados de la ecuación 1 se utilizan para calcular el índice de PTF (IPTF) el cual compara dos ubicaciones (por ejemplo, municipios) $(m,i)$ en dos periodos de tiempo $(s,t)$, según se expresa en la siguiente ecuación:

$$IPTF_{it} = e^{(\alpha_i - \alpha_m)} \times \left[\prod_{k=1}^{K} \left(\frac{x_{kit}}{x_{kms}}\right)^{\beta_{ki} - b_i}\right] \times e^{(T_i - T_m)} \times \left[\prod_{j=2}^{J} \left(\frac{z_{jit}}{z_{jms}}\right)^{\eta_j}\right] \times e^{-(u_{it} - u_{ms})} \times e^{(v_{it} - v_{ms})} \quad (2)$$

Donde el primer término, $e^{(\alpha_i - \alpha_m)}$, captura la heterogeneidad no observada (UH); el segundo término $\left[\prod_{k=1}^{K} \left(\frac{x_{kit}}{x_{kms}}\right)^{\beta_{ki} - b_i}\right]$, mide el cambio relativo en la eficiencia de escala (SE), donde $b_k = \widehat{\beta_k} / \sum_{k=1}^{K} \widehat{\beta_k}$, y $\widehat{\beta_k}$ es el estimador de $\beta_k$; el tercer termino, $e^{(T_i - T_m)}$, representa el cambio relativo en el progreso tecnológico (TP); el cuarto término, $\left[\prod_{j=2}^{J} \left(\frac{z_{jit}}{z_{jms}}\right)^{\eta_j}\right]$, incorpora los efectos climáticos (WE) asociados a variaciones en las condiciones del clima; el quinto término, $e^{-(u_{it} - u_{ms})}$, , mide los cambios relativos en eficiencia técnica (TE) calculados siguiendo a Battese y Coelli (1995).

El último término, $e^{(v_{it} - v_{ms})}$, corresponde al ruido estadístico (SN) atribuible a la forma funcional y a otros errores no identificables. En general, la PTF para el municipio $i$ en el año $t$ se calcula como:

$$PTF_{it} \equiv TP_{it} \times TE_{it} \times SE_{it} \times CE_{it} \times UH_i \quad (3)$$

## III. RESULTADOS

### Descomposición de la PTF

La **Tabla 6** presenta los promedios nacionales del crecimiento de la PTF entre 2007 y 2023 y sus determinantes. Los resultados muestran que la PTF creció menos del 1% anual durante el período de estudio. Este crecimiento fue impulsado por el progreso tecnológico (+1,37%), pero se vio compensado por una disminución en la eficiencia técnica (-0,317%) y por efectos climáticos adversos (-0,016%). Finalmente, el valor negativo del índice de eficiencia de escala (SEI) sugiere que los productores de mayor tamaño han reducido su eficiencia (-0,013%). Estos resultados son consistentes con los reportados por Lachaud et al. (2022), quienes estimaron un crecimiento de la PTF de 1,43% para México entre 1961 y 2014, junto con un crecimiento del TPI de 1,58%, un SEI de -0,06% y un efecto climático de -0,205%.

[3] En los análisis del sector agrícola en países en desarrollo, la heterocedasticidad entre unidades de producción es el principal componente que debe controlarse en el término de ineficiencia. Por ello, se utiliza el modelo de Battese y Coelli (1995), que separa el término de error del término de eficiencia técnica y modela cada uno según sus propios determinantes.

[4] Siguiendo a Battese y Coelli (1995) y Maruyama et al. (2018), estimamos una función de frontera estocástica Cobb-Douglas definida como: $y_i = f(x_i;\beta) \exp(v_i - u_i)$, con $v_i \sim N(0,\sigma^2)$ and $u_i \sim N^+(0,\sigma_{ui}^2)$, donde $y_i$ es el arcoseno hiperbólico inverso de la producción del agricultor, que representa el valor de la producción del productor $i$; $\beta$ son las elasticidades; $v_i$ es un término aleatorio con media cero asociado a factores fuera del control del productor; y $u_i$ es una variable aleatoria no negativa que captura la eficiencia del productor.

[5] $u_{it} = \delta \sum_{l=1}^{L} w_{l,it} + \mu_{it}$ where $w_{l,it}$ representa características relacionadas con la gestión, incluyendo sexo, edad, etnia, tamaño del hogar, nivel educativo y certificación de acceso a crédito. El término $v_i$ es un error aleatorio con media cero, asociado con factores aleatorios fuera del control del productor, incluyendo el número de parcelas, el área agrícola y las condiciones climáticas.

### Tabla 6. Tasas de crecimiento anual de la PTF de México y sus componentes (2007–2022)

| Índice de PTF | Índice de eficiencia de escala (SEI) | Índice de efectos climáticos (WEI) | Índice de eficiencia técnica (TEI) | Índice de progreso tecnológico (TPI) | Ruido estadístico (SN) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,955% | -0,013% | -0,016% | -0,317% | 1,370% | -0,069% |

Nota: Cálculos de los autores basados en los censos agropecuarios (2007 y 2022). Las tasas anuales de crecimiento de la PTF y sus componentes se derivan de un índice multiplicativo basado en un análisis de frontera estocástica (SFA). Las tasas anuales municipales se agregan al nivel nacional a través de un promedio aritmético.

A nivel municipal, el 11% de los municipios presentó un crecimiento negativo de la PTF, el 37% mostró un crecimiento inferior al 1%, el 44,5% registró un crecimiento entre 1% y 2%, y solo el 6,6% superó el 2% de crecimiento (**Tabla 7**).

### Tabla 7. Crecimiento de la PTF a nivel municipal (2007–2022) y categorías de crecimiento, por entidad federativa

(continúa en la siguiente página)

| Entidad federativa | Crecimiento promedio de la PTF (p.a.) | Categoría PTF | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Negativo | Entre 0 y 1% | Mayor a 1% | Total |
| Aguascalientes (Ags) | 1,56% | 9,09% | 18,18% | 72,73% | 100% |
| Baja California (BC) | 1,45% | | | 100,00% | 100% |
| Baja California Sur (BCS) | 0,58% | 20,00% | 60,00% | 20,00% | 100% |
| Campeche (Camp) | 1,16% | | 36,36% | 63,64% | 100% |
| Chiapas (Chis) | 1,09% | 3,39% | 43,22% | 53,39% | 100% |
| Chihuahua (Chih) | 1,13% | 14,93% | 22,39% | 62,69% | 100% |
| Ciudad de México (CDMX) | 0,81% | | 75,00% | 25,00% | 100% |
| Coahuila de Zaragoza (Coah) | 0,91% | 18,42% | 36,84% | 44,74% | 100% |
| Colima (Col) | 1,25% | 10,00% | 10,00% | 80,00% | 100% |
| Durango (Dgo) | 0,95% | 28,21% | 5,13% | 66,67% | 100% |
| Guanajuato (Gto) | 1,69% | 4,35% | 17,39% | 78,26% | 100% |
| Guerrero (Gro) | 0,88% | 12,35% | 37,04% | 50,62% | 100% |
| Hidalgo (Hgo) | 1,14% | 5,95% | 27,38% | 66,67% | 100% |
| Jalisco (Jal) | 1,40% | 6,45% | 13,71% | 79,84% | 100% |
| Michoacán de Ocampo (Mich) | 1,11% | 8,85% | 24,78% | 66,37% | 100% |
| Morelos (Mor) | 0,89% | 9,09% | 33,33% | 57,58% | 100% |

Nota: Cálculos de los autores con base en los censos agropecuarios (2007 y 2022). Las tasas de crecimiento anual a nivel de entidad federativa se obtienen como el promedio aritmético de las tasas de crecimiento municipales.

### Tabla 7. Crecimiento de la PTF a nivel municipal (2007–2022) y categorías de crecimiento, por entidad federativa

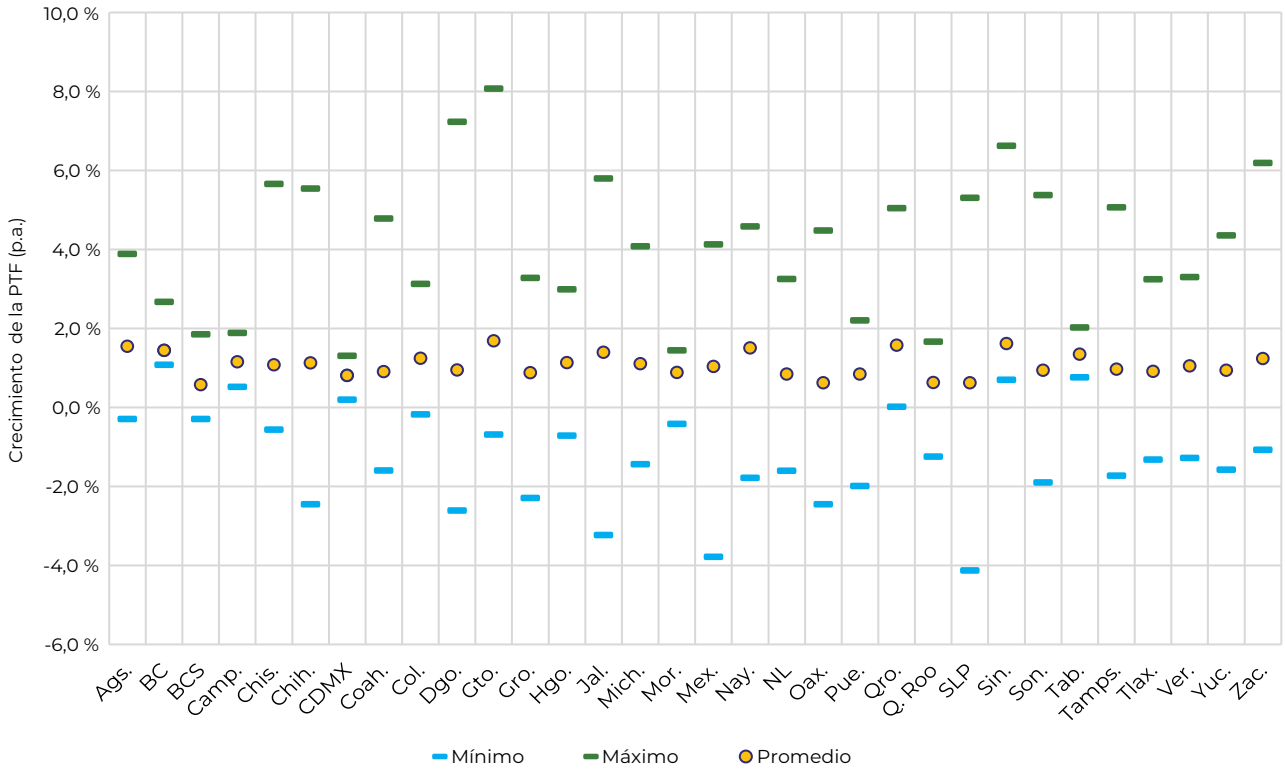
(continuación)

| Entidad federativa | Crecimiento promedio de la PTF (p.a.) | Categoría PTF | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Negativo | Entre 0 y 1% | Mayor a 1% | Total |
| México (Mex) | 1,04% | 9,68% | 29,03% | 61,29% | 100% |
| Nayarit (Nay) | 1,51% | 5,00% | | 95,00% | 100% |
| Nuevo León (NL) | 0,85% | 22,92% | 27,08% | 50,00% | 100% |
| Oaxaca (Oax) | 0,63% | 14,08% | 62,68% | 23,24% | 100% |
| Puebla (Pue) | 0,85% | 8,29% | 48,85% | 42,86% | 100% |
| Querétaro (Qro) | 1,58% | | 22,22% | 77,78% | 100% |
| Quintana Roo (Q. Roo) | 0,63% | 25,00% | 25,00% | 50,00% | 100% |
| San Luis Potosí (SLP) | 0,63% | 29,31% | 29,31% | 41,38% | 100% |
| Sinaloa (Sin) | 1,62% | | 16,67% | 83,33% | 100% |
| Sonora (Son) | 0,94% | 16,67% | 26,39% | 56,94% | 100% |
| Tabasco (Tab) | 1,35% | | 11,76% | 88,24% | 100% |
| Tamaulipas (Tamps) | 0,97% | 21,43% | 26,19% | 52,38% | 100% |
| Tlaxcala (Tlax) | 0,92% | 6,67% | 40,00% | 53,33% | 100% |
| Veracruz (Ver) | 1,06% | 5,19% | 27,83% | 66,98% | 100% |
| Yucatán (Yuc) | 0,95% | 9,43% | 46,23% | 44,34% | 100% |
| Zacatecas (Zac) | 1,24% | 17,24% | 12,07% | 70,69% | 100% |
| **México** | **0,96%** | **11,07%** | **37,84%** | **51,09%** | **100%** |

Nota: Cálculos de los autores con base en los censos agropecuarios (2007 y 2022). Las tasas de crecimiento anual a nivel de entidad federativa se obtienen como el promedio aritmético de las tasas de crecimiento municipales.

Los resultados también muestran una variabilidad considerable en el crecimiento de la PTF entre los municipios dentro de cada estado, como se observa en la **Figura 2**. El análisis identifica estados con muy baja variabilidad —como Tabasco, Morelos o Campeche— y otros con una variabilidad elevada —como San Luis Potosí, Durango o Guanajuato.

Figura 2. Crecimiento promedio de la PTF entre municipios por estado (2007–2022)



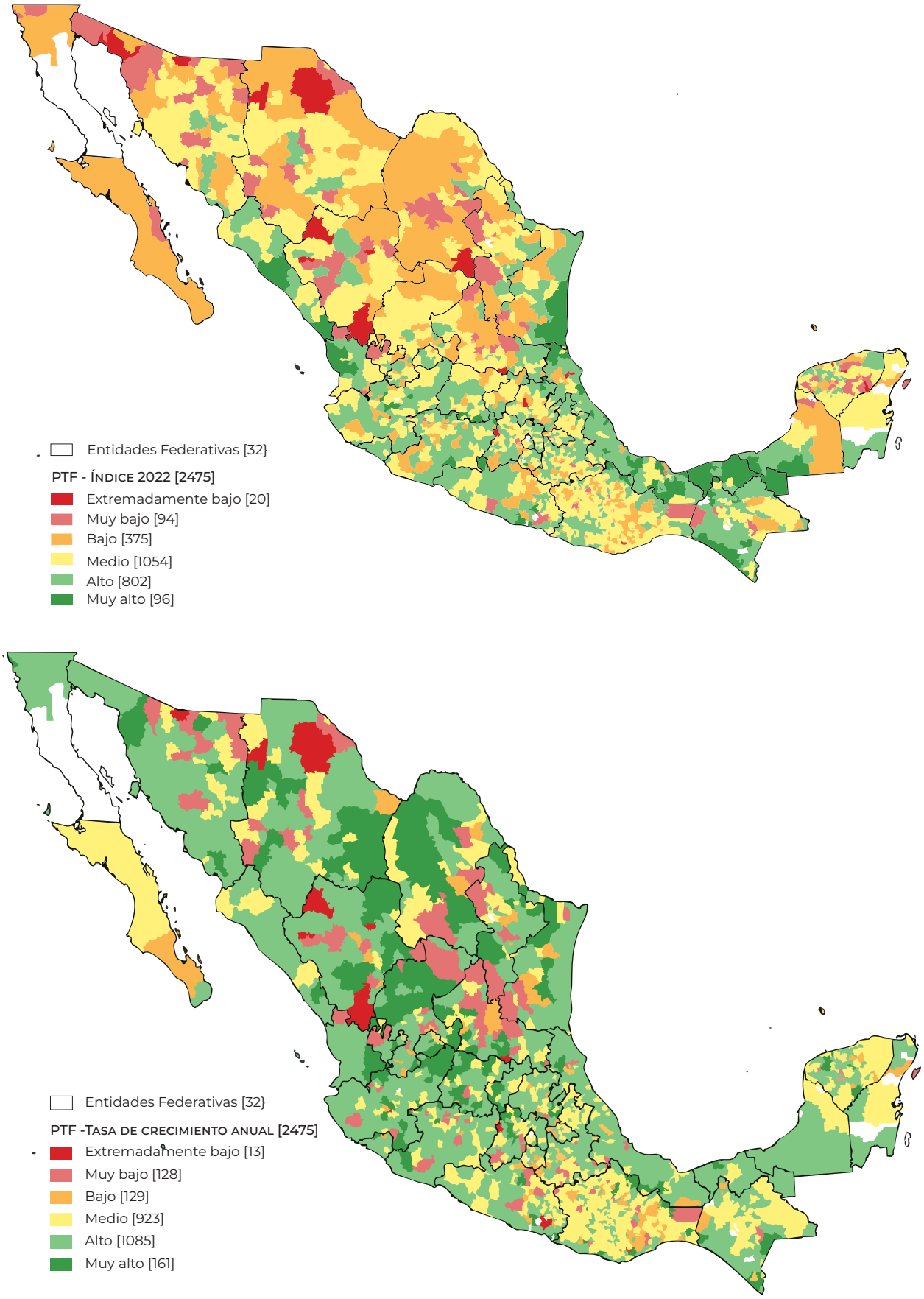

Nota: La figura presenta el crecimiento anual de la PTF (p.a.) para cada estado entre 2007 y 2022. Las líneas verdes representan el crecimiento municipal máximo dentro de cada estado, las líneas azules el mínimo, y los círculos amarillos el promedio de todos los municipios del estado.

La PTF para 2022 y el crecimiento de la PTF para 2.475 municipios se presentan en la **Figura 3**. Sinaloa se ubica entre los estados con mayor crecimiento promedio de la PTF municipal, solo superado por Guanajuato. Las tasas municipales de crecimiento anual de la PTF en Sinaloa varían entre el 0,70% y el 6,62%, con un promedio de 1,62%. De forma destacada, el 83,33% de los municipios registraron un crecimiento superior al 1%, mientras que un 16,67% se ubicaron por debajo de ese nivel. En contraste, Guanajuato, a pesar de reportar el mayor crecimiento promedio municipal de la PTF, exhibe mayor heterogeneidad: el 4,35% de sus municipios tuvieron crecimiento negativo, un 17,39% crecieron menos del 1%, y el 78,26% superaron el 1%.

Los estados sin municipios con crecimiento negativo de la PTF son: Querétaro, Ciudad de México, Campeche, Sinaloa, Tabasco y Baja California.

En el otro extremo, Oaxaca y Baja California Sur se ubican entre los estados con el menor crecimiento promedio de la PTF municipal. Los municipios de Oaxaca muestran una amplia variación, desde un -2,4% hasta el 4,4%, con un promedio de 0,62%. No obstante, el 14,08% registraron crecimiento negativo, el 62,68% crecieron menos del 1% y solo un 23,24% superaron el 1%.En Baja California Sur, el crecimiento municipal de la PTF osciló entre el -0,29% y el 1,85%, con un 20% de los municipios presentando crecimiento negativo.

## Figura 3. Índice de PTF municipal (2022) y crecimiento de la PTF (2007–2022)

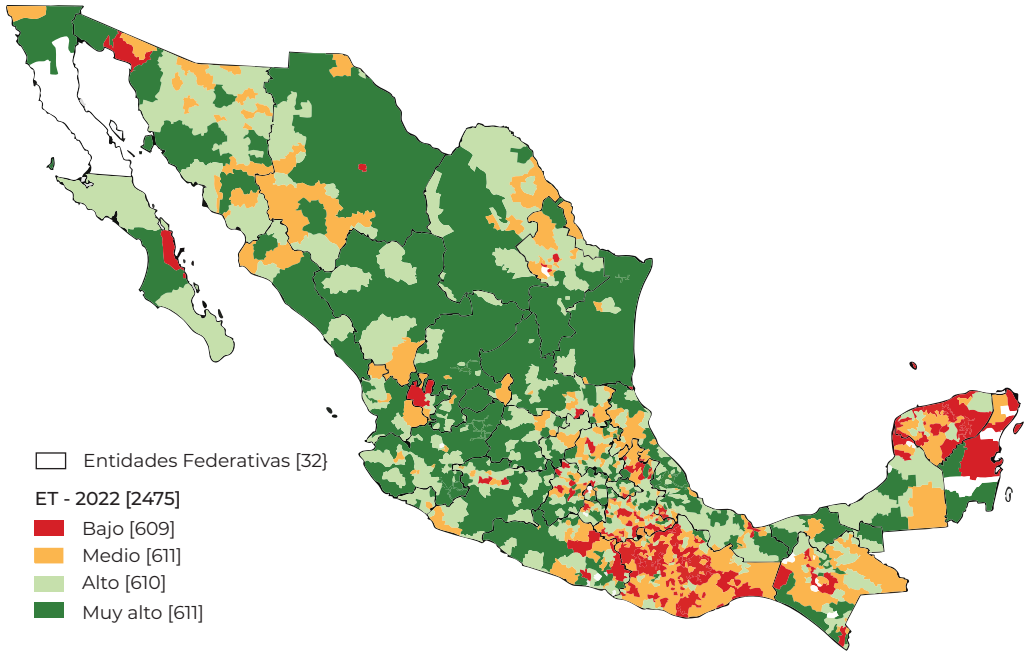


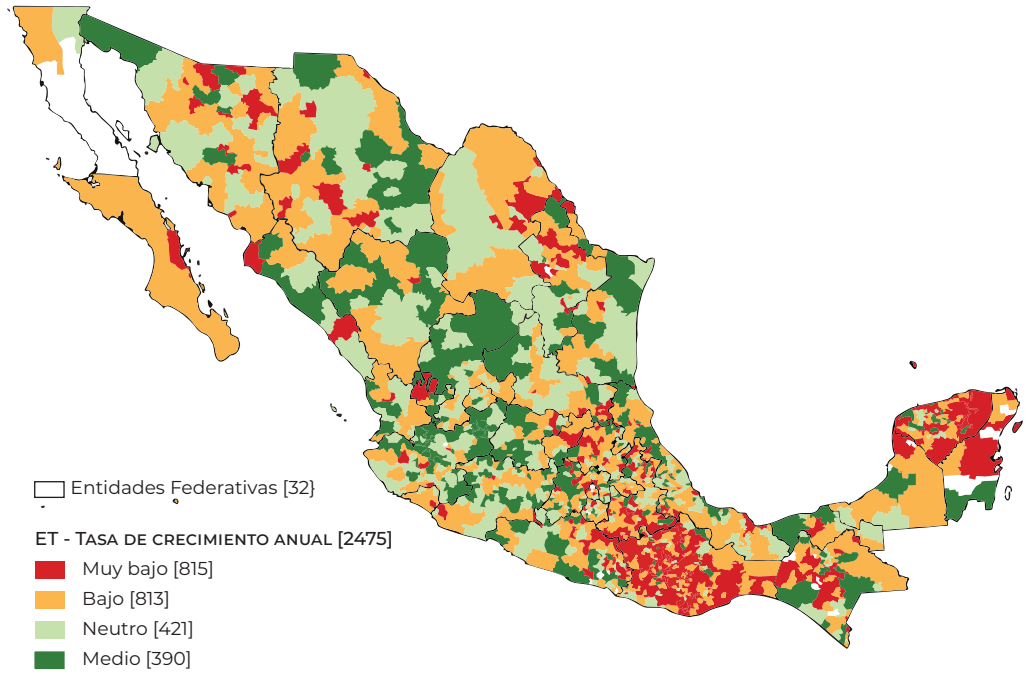

Nota: Elaboración propia con base en los censos agropecuarios (2007 y 2022).

## Eficiencia técnica

A nivel nacional, los resultados confirman que la eficiencia técnica promedio disminuyó del 90% en 2007 al 85% en 2022. En particular, el 84% de los municipios registraron una caída, mientras que solo el 16% mostraron una mejora (véase la **Figura 4**). En 2022, el 25% de los municipios alcanzó niveles altos de eficiencia técnica (91,9%–97,6%), concentrados principalmente en la región central del país. En contraste, los municipios del sureste y suroeste presentaron niveles bajos a medios, con pocos casos de crecimiento positivo durante el período analizado.

Figura 4. Niveles de eficiencia técnica municipal (2022) y crecimiento de la eficiencia técnica (2007–2022)




Nota: Elaboración propia con base en los censos agropecuarios (2007 y 2022).

## Determinantes específicos de la producción agrícola

**Resultados.** Los resultados obtenidos a partir de la frontera estocástica de producción descrita en la ecuación 1 revelan los factores que influyen en la producción agrícola y la eficiencia técnica a nivel municipal. Las estimaciones sugieren que el capital, la tierra y el trabajo incrementan la producción agrícola, mientras que los insumos presentan efectos mixtos. La precipitación, la temperatura y el contenido de agua en el suelo también favorecen la producción, al igual que prácticas de agricultura climáticamente inteligente, como la recuperación de suelos y la irrigación. Además, mayores niveles promedio de educación y la proporción de productores masculinos se asocian con una mayor eficiencia técnica a nivel municipal, mientras que la diversificación económica fuera del sector agrícola está vinculada a mayor ineficiencia (**Tabla 8**).

Tabla 8. Factores que afectan la producción y la eficiencia técnica a nivel municipal (continúa en la siguiente página)

| Factores | Efectos sobre la producción |
|---|---|
| Capital | El uso de tractores, vehículos y tecnologías en la cadena de producción aumenta la producción aproximadamente en un 13% en promedio, mientras que la maquinaria lo hace en un 3%. |
| Fertilizantes, herbicidas e insecticidas | El uso de fertilizantes químicos disminuye la producción en 8,7%. Los herbicidas tienen un efecto pequeño pero positivo (2,7%). |
| Trabajo | Un mayor número promedio de trabajadores en cada municipio incrementa la producción en 8,5%. |
| Tierra | Cada unidad adicional de tierra cosechada aumenta la producción en 26%. La tierra arrendada incrementa la producción en 6,4%, la tierra recuperada en 15% y la tierra irrigada en 8,8%. |
| Condiciones climáticas | A nivel municipal, un aumento del 1% en la precipitación promedio durante los últimos 10 años incrementa la producción en 18%. La temperatura promedio tiene un impacto considerable (82%), mientras que el contenido de agua en el suelo aumenta la producción en 8,8%. |

| Factores | Efecto sobre la eficiencia técnica |
|---|---|
| Edad | La edad del productor se relaciona negativamente con la eficiencia, pero no es estadísticamente significativa. |
| Crédito | Sin efecto, probablemente debido al bajo acceso de los productores: solo entre el 3,8% y el 6,4% de las fincas por municipio reciben crédito. |
| Escolaridad | Efecto positivo: cada año adicional de escolaridad disminuye la varianza de la ineficiencia en un 87%. |
| Productores indígenas | Sin efecto sobre la ineficiencia. |
| Productor masculino | Una mayor proporción de productores masculinos reduce la varianza de la ineficiencia en un 138% en comparación con las productoras femeninas. Los productores masculinos tienden a tener más activos, lo que facilita el acceso a garantías, crédito e inversiones. |
| Semilla transgénica | Sin efecto significativo. |
| Diversidad de actividades | A mayor proporción de productores dedicados a actividades distintas a la agricultura, aumenta la ineficiencia en un 42% a nivel municipal. |

### Tabla 8. Factores que afectan la producción y la eficiencia técnica a nivel municipal (continuación)

| Factores | Efecto de variables exógenas de corto plazo |
|---|---|
| Número de parcelas | Un mayor número de parcelas por municipio reduce la varianza en la incertidumbre de la producción en un 24%. |
| Área de tierra agrícola | Áreas agrícolas más grandes incrementan la incertidumbre de la producción en un 21%. |
| Condiciones climáticas | La varianza de la precipitación a nivel municipal incrementa la incertidumbre de la producción en un 52%, mientras que la varianza de las temperaturas la aumenta en un 18%. |

Nota: Coeficientes estimados a partir de la frontera de producción estocástica (ecuación 1) a nivel municipal, utilizando datos agregados de los censos agropecuarios 2007 y 2022.

Finalmente, analizamos algunos factores que pueden explican el crecimiento estimado de la PTF agrícola, incluyendo los sistemas de riego, el tipo de tenencia de la tierra y las finanzas públicas a nivel municipal. Los coeficientes estimados se presentan en la **Tabla 9**, y sus efectos correspondientes se resumen en la **Tabla 10**. Los resultados confirman que el acceso al riego, la inversión pública y las transferencias federales generan un crecimiento de la PTF.

### Tabla 9. Efecto de las variables de política en 2007 sobre el crecimiento de la PTF, 2007-2022

| | Riego | Tenencia de la tierra | Finanzas públicas (gasto) | Finanzas públicas (ingreso) |
|---|---|---|---|---|
| Proporción de unidades de producción con riego por goteo | 0,050***<br>(0,018) | | | |
| Proporción de unidades de producción con canal revestido | 0,038**<br>(0,016) | | | |
| Área de tierra comunal (ha) | | -0,014**<br>(0,006) | | |
| Área de tierra ejidal (ha) | | 0,043***<br>(0,011) | | |
| Área de tierra pública (ha) | | 0,024**<br>(0,010) | | |
| Deuda pública ($) | | | 0,044***<br>(0,012) | |
| Inversión pública ($) | | | 0,053*<br>(0,027) | |
| Impuestos ($) | | | | 0,030*<br>(0,016) |
| Transferencias federales ($) | | | | 0,113***<br>(0,04) |
| **Observaciones** | **1.633** | **1.982** | **1.325** | **1.875** |

Nota: Todas las variables se expresan en forma IHS. Las variables explicativas corresponden a sus valores de 2007, según datos de EFIPEM. La variable dependiente es el crecimiento de la PTF de 2007 a 2022, estimado mediante SFA. Las variables monetarias se expresan en pesos mexicanos de 2007.
Los errores estándar se muestran entre paréntesis.
*** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1.

### Tabla 10. Resultados de las variables de política

| Variables de interés | Descripción |
|---|---|
| Riego | Un aumento del 1% en la superficie con riego por goteo incrementa el crecimiento de la PTF en un 5%; los canales de riego tradicionales lo incrementan en un 3,8%. |
| Tenencia de la tierra | Un aumento del 1% en la tenencia comunal reduce el crecimiento de la PTF en 1,4%; el modelo de tenencia ejidal lo incrementa en un 4,3% y la tenencia de tierra pública en un 2,4%. Otros tipos de tenencia no mostraron efectos significativos. |
| Recursos públicos para inversión | Un aumento del 1% en la deuda pública eleva el crecimiento de la PTF en 4,4%, mientras que la inversión pública lo hace en 5,3%. Un mayor ingreso municipal también impulsa el crecimiento: un incremento del 1% en las transferencias federales aumenta la PTF en 11,3%, y los ingresos por impuestos locales en 3%. |

Fuente: Elaboración propia.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Este capítulo analizó la dinámica del crecimiento de la PTF en México entre 2007 y 2022 utilizando un enfoque de frontera estocástica. El objetivo fue proporcionar a los formuladores de política y a los actores del sector evidencia que facilite el diseño e implementación de intervenciones adaptadas al contexto, orientadas a atender las necesidades de los municipios con menor desempeño y a mejorar el impacto y la eficiencia de los recursos públicos. A partir de este análisis, se derivan las siguientes recomendaciones de política:

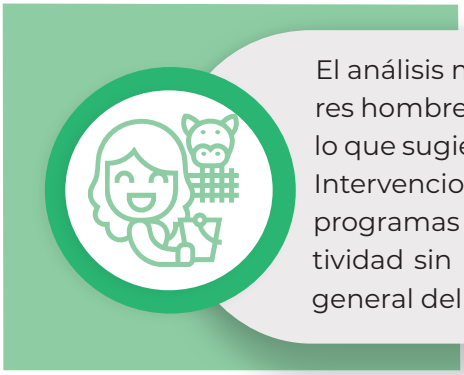
## I. Invertir en eficiencia técnica para generar ganancias en productividad

La descomposición revela que el crecimiento de la PTF ha sido impulsado principalmente por el progreso tecnológico, mientras que la baja eficiencia técnica ha limitado la productividad. Los agricultores no han aprovechado completamente la capacidad productiva generada por el cambio tecnológico. Además, el efecto positivo de la escolaridad sobre la eficiencia técnica resalta la necesidad de inversiones en capacitación, extensión agrícola y educación. Ampliar la asistencia técnica y la transferencia de conocimiento podría generar mejoras significativas en la productividad, especialmente en los municipios con menor desempeño.

## II. Fortalecer la resiliencia climática como motor de productividad

La variabilidad climática ha reducido las ganancias de productividad durante el período analizado. Al mismo tiempo, los resultados evidencian que las inversiones en riego y en tecnologías que reducen la vulnerabilidad climática tienen efectos positivos, lo que subraya la necesidad de adaptar la agricultura a los cambios en los patrones meteorológicos. Ampliar el acceso a sistemas de riego eficientes y a prácticas agrícolas resilientes al clima será clave para sostener el crecimiento de la productividad.

## III. Mayor focalización en mujeres productoras para reducir brechas de eficiencia



El análisis muestra que los municipios con mayor proporción de productores hombres presentan una varianza de ineficiencia técnica 138% más baja, lo que sugiere que, en promedio, los hombres operan con mayor eficiencia. Intervenciones específicas —como capacitación, asistencia técnica y programas educativos dirigidos a mujeres— podrían aumentar su productividad sin necesidad de mayores insumos, mejorando así el desempeño general del sector.

## IV. Optimizar las transferencias de recursos públicos a los municipios

Las transferencias de recursos públicos están positivamente asociadas con el crecimiento de la PTF. La inversión pública (5,3%), las transferencias federales (11,3%) y los ingresos tributarios municipales (3%) se vinculan con una mayor productividad. Mejorar el diseño y la focalización de estas transferencias puede aumentar aún más su impacto en el desempeño agrícola.

## V. Impulsar inversiones agrícolas focalizadas y adaptadas al contexto de cada municipio

La gran variabilidad en el desempeño de la PTF municipal, tanto dentro como entre los estados, evidencia disparidades significativas en productividad. Mientras que una pequeña proporción de municipios alcanzó tasas de crecimiento superiores al 6%, una parte considerable experimentó crecimiento negativo o inferior al 1%. Estos patrones reflejan brechas crecientes en productividad y eficiencia, por lo cual, inversiones agrícolas diseñadas según las condiciones locales podrían contribuir a reducir estas disparidades y fomentar un crecimiento más equitativo.

# CAPÍTULO 4. **COLOMBIA**

**Autores: Rachid Laajaj, María Camila Ortiz Álvarez, Margarita Gáfaro, Lina Salazar**

## RESUMEN

Mejorar la productividad agrícola es fundamental para el desarrollo rural, la seguridad alimentaria y un crecimiento inclusivo en Colombia. El país cuenta con tierras fértiles y condiciones geográficas favorables, sin embargo, la baja productividad continúa siendo el principal obstáculo que impide que el sector agrícola alcance su máximo potencial (Valdivia Zelaya et al., 2023). Este estudio analiza las tendencias recientes de la productividad y los efectos de los choques climáticos, el acceso al crédito, la violencia y la inversión pública, utilizando datos de panel a nivel de hogar y de municipio. Los resultados revelan que el crecimiento de la producción agrícola está impulsado principalmente por un mayor uso de insumos y no por ganancias de productividad. Entre 2015 y 2023, la productividad total de los factores (PTF) creció menos del 1% anual. El análisis también evidencia que la agricultura colombiana es altamente vulnerable a los choques climáticos. En cuanto a políticas específicas, el acceso al crédito y la infraestructura vial rural se asocian de manera consistente con aumentos en la productividad, mientras que la provisión directa de insumos agrícolas no presenta efectos estadísticamente significativos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de priorizar inversiones que amplíen la inclusión financiera y fortalezcan la conectividad rural. Asimismo, respaldan reorientar las transferencias de insumos hacia bienes públicos, al tiempo que se promueven prácticas resilientes al clima y un uso más eficiente de la tierra para sostener el crecimiento de la productividad agrícola.

## I. INTRODUCCIÓN

Históricamente, la agricultura ha sido un pilar del desarrollo socioeconómico de Colombia. El sector aporta el 9% del PIB, emplea al 14% de la fuerza laboral y sostiene a millones de hogares rurales, que representan alrededor del 17% de la población (Banco Mundial, 2024). Colombia es un exportador neto de alimentos, por lo que el sector desempeña un papel fundamental en la balanza comercial del país: en 2024, los productos agrícolas fueron el segundo grupo de expor-

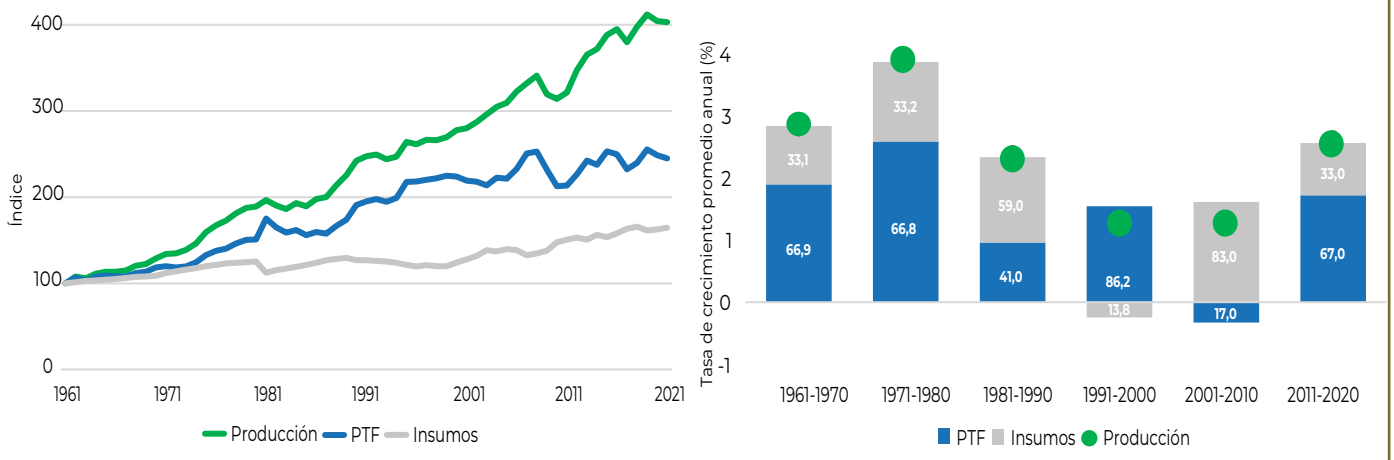
tación más importante. Como uno de los países más biodiversos del mundo, Colombia cuenta con cerca de 42,9 millones de hectáreas de frontera agrícola, equivalentes al 37,6% del territorio nacional (UPRA, 2024). Produce una amplia variedad de cultivos, entre los que destacan el café, las flores, el cacao, el banano, el arroz y el aceite de palma, junto con la actividad ganadera. Estos elementos consolidan al sector agrícola como un motor estratégico para el crecimiento y el desarrollo rural.

Con el tiempo, la participación del sector en la economía nacional ha disminuido. Esta caída se explica en parte por el proceso de desarrollo de Colombia y por la creciente importancia del sector de servicios (OCDE, 2022), pero también por el bajo crecimiento de la productividad. La mayor parte de la evidencia sobre la evolución de la productividad agrícola proviene de estudios que agrupan varios países y utilizan datos agregados. Por ejemplo, Nin-Pratt et al. (2015) estiman que el crecimiento anual de la PTF en Colombia fue del 1% entre 1981 y 2012, ligeramente por debajo del promedio regional. La evidencia específica para el país es limitada, aunque Jiménez et al. (2018) encuentran tasas de crecimiento anual de la PTF entre el 0,8% y el 1,3% entre 1975 y 2013.

De acuerdo con Salazar et al. (2025), entre 1961 y 2021 la producción agrícola en Colombia creció a una tasa promedio anual de 2,4%, por debajo del promedio regional de 2,9%. La **Figura 1** muestra que este crecimiento se explicó principalmente por mejoras en la PTF, la cual aumentó a una tasa promedio anual de el 1,5%, un ritmo similar al registrado por la Comunidad Andina, más que por un mayor uso de insumos. Para ofrecer una visión del crecimiento sostenible, IFRPI y BID (2025) estimaron Índices de Productividad Sostenible (SPI) para el período 1995-2020. Cuando los costos ambientales se incorporan bajo un esquema de ponderación del 10%, el crecimiento de la productividad se reduce a la mitad, reflejando el impacto ambiental negativo que deriva de la producción agrícola.

En conjunto, estos estudios sugieren que la productividad agrícola en Colombia ha aumentado de manera moderada en las últimas décadas, lo que ha limitado la capacidad del sector para impulsar un crecimiento económico sostenido. Por lo tanto, fortalecer la PTF es fundamental no solo para mejorar el desempeño económico, sino también para reducir la presión sobre los recursos naturales. Con las salvaguardas adecuadas y políticas sostenibles de uso del suelo, una mayor productividad podría contribuir a contener la expansión de la frontera agrícola y mitigar la deforestación.

FIGURA 1. CRECIMIENTO DE LA PTF, LA PRODUCCIÓN Y LOS INSUMOS EN COLOMBIA, 1961–2021




Fuente: Salazar et al. (2025).

La baja productividad está vinculada a diversas barreras estructurales. La concentración de la tierra reduce la productividad al impedir que los pequeños productores alcancen economías de escala (Deininger et al., 2013), limita su capacidad de utilizar la tierra como garantía para acceder al crédito (Rajan y Ramcharan, 2011) y conduce a un uso ineficiente del suelo (Castagnini et al., 2004). Otras barreras persistentes incluyen la informalidad en la tenencia de la tierra, las secuelas del conflicto armado, la deficiente infraestructura rural, las limitaciones en el acceso al financiamiento y a los servicios de extensión, así como la baja inversión en bienes públicos (Jiménez et al., 2019; OCDE, 2022).

Desde 1990, Colombia ha avanzado en un proceso de liberalización comercial que ha impulsado la inversión extranjera directa (IED). Sin embargo, en el sector agrícola, la participación de la IED ha sido históricamente baja, representando solo el 2,3% del total entre 2019 y 2024 (Banco de la República, 2025), en gran medida limitada por problemas relacionados con la propiedad de la tierra, restricciones legales sobre tierras públicas y la persistencia del conflicto armado. En los últimos años, los esfuerzos se han orientado a promover la agroindustria y diversificar las cadenas de valor agrícolas. En este contexto, aunque todavía es marginal, la IED en el sector ha ido aumentando, lo que podría contribuir a mejorar la productividad, especialmente mediante la transferencia de tecnología (Khan et al., 2018). No obstante, los altos aranceles y el uso generalizado de medidas no arancelarias siguen obstaculizando el desarrollo de cadenas de valor competitivas (Parra-Peña y Puyana, 2021).

Los choques climáticos limitan el desempeño agrícola. De acuerdo con la metodología de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC), que evalúa impactos y vulnerabilidades mediante 66 indicadores en biodiversidad, servicios ecosistémicos, recursos hídricos y seguridad alimentaria, casi la mitad de los municipios son clasificados como altamente vulnerables a eventos climáticos, especialmente aquellos asociados al Fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO), donde las sequías e inundaciones recurrentes han generado pérdidas agrícolas significativas (FAO y Ministerio de Agricultura, 2021).

Las políticas agrícolas en Colombia se han centrado principalmente en intervenciones de mercado y en subsidios directos a la producción, los insumos y el capital. Otras medidas incluyen la provisión de crédito agrícola con tasas de interés subsidiadas, seguros agropecuarios cofinanciados y exenciones tributarias (OCDE, 2015). Además, como estrategia para enfrentar la vulnerabilidad climática y promover sistemas de producción sostenibles, el país avanza en la transición agroecológica mediante iniciativas como el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario, que orienta las acciones de adaptación y mitigación en las actividades agrícolas. En línea con estas directrices, se impulsan iniciativas que promuevan la producción y el uso de bioinsumos, fertilizantes orgánicos y acondicionadores de suelos a nivel nacional, así como la implementación de programas que fomenten prácticas resilientes al clima mediante el mejoramiento genético, el manejo de cultivos, uso eficiente del agua y tecnologías de bajas emisiones.

Más recientemente, como parte del Acuerdo de Paz de 2016, se estableció la Reforma Rural Integral, cuyo objetivo es abordar las barreras estructurales en las zonas rurales mediante la democratización del acceso a la tierra, el mejoramiento de la infraestructura, el impulso a la productividad y la focalización de las regiones afectadas por el conflicto. Sus principales instrumentos incluyen la redistribución de tres millones de hectáreas a través del Fondo de Tierras —con un avance inferior al 1% hacia comienzos de 2024—, la formalización de siete millones de

hectáreas, con avances cercanos al 36%, y el catastro multipropósito, que para inicios de 2024 había actualizado el 12% del territorio nacional (PGN, 2024). En general, la implementación sigue siendo limitada, restringida por debilidades institucionales, el rearme de grupos armados, la expansión de los cultivos de coca y la capacidad limitada del Estado para establecer control territorial, factores que han reactivado el conflicto en zona rural y debilitado los esfuerzos de la reforma.

Aunque se han identificado los principales factores que influyen en la productividad del sector agrícola, las estimaciones rigurosas sobre su efectividad son limitadas. De igual manera, se requieren medidas precisas de la evolución de la PTF a lo largo del tiempo para respaldar la toma de decisiones basada en evidencia. El avance en esta agenda y en el desarrollo de la literatura empírica se ha visto restringido por la disponibilidad reducida de datos de alta calidad y por la baja frecuencia de su recolección. Los estudios existentes suelen basarse en agregados nacionales, lo que oculta la heterogeneidad local y con frecuencia excluye variables clave, como las condiciones climáticas. Este estudio aborda estas limitaciones mediante el uso de datos a nivel municipal y de hogar, para estimar y desagregar el crecimiento de la PTF, así como evaluar la efectividad de distintas políticas agrícolas sobre la producción, proporcionando nueva evidencia que contribuya a la toma de decisiones de política pública a nivel nacional y subregional.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

Este capítulo aborda las siguientes preguntas de investigación:

I. ¿Cómo ha evolucionado la productividad agrícola en Colombia durante el período 2015-2023?
II. ¿El crecimiento de la productividad ha sido impulsado principalmente por la eficiencia técnica, el progreso tecnológico u otros factores?
III. ¿Qué papel han desempeñado el acceso al crédito, la firma del Acuerdo de Paz, la inversión pública y la variabilidad climática en el comportamiento de la productividad?

Para responder a estas preguntas, este análisis combina dos fuentes de información agrícola. La primera corresponde a las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA), un registro anual a nivel municipal que abarca el período 2007-2023. La segunda es la Encuesta Longitudinal Colombiana de la Universidad de los Andes (ELCA), un conjunto de datos a nivel de hogar que cubre los años 2010, 2013 y 2016. La **Tabla 1** presenta una breve descripción de las fuentes de datos empleadas a lo largo de todo el análisis.

**Tabla 1. Descripción de las fuentes de datos**

(continúa en la siguiente página)

| Datos | Descripción | Nivel | Fuente |
|---|---|---|---|
| **Datos agrícolas** | | | |
| Producción agropecuaria a nivel hogar | Producción de cultivos y ganado, área de tierra por uso, costos de producción, uso de insumos y maquinaria, acceso al crédito y exposición a la violencia (años: 2010, 2013, 2016) | Hogar | Encuesta Longitudinal Colombiana de la Universidad de los Andes (ELCA)[1] |
| Producción agrícola a nivel municipal | Producción de cultivos y área cultivada para cultivos temporales y permanentes (anual: 2007-2023) | Municipal | Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA)[2] |

[1] https://datoscede.uniandes.edu.co/elca/
[2] https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE DATOS
(CONTINUACIÓN)

| Datos | Descripción | Nivel | Fuente |
|---|---|---|---|
| **Datos agrícolas** | | | |
| Insumos agrícolas | Volúmenes transportados de fertilizantes, semillas y tractores (anual: 2015-2023) | Municipal | Ministerio de Transporte |
| **Variables de política** | | | |
| Posconflicto | Actos violentos cometidos por grupos armados (anual: 1988-2019) | Municipal | *Violent Presence of Armed Actors in Colombia (ViPAA)* [3] |
| | Presencia de grupos armados en la comunidad (2010, 2013, 2016) | Hogar | ELCA |
| Crédito | Valor de los créditos agrícolas desembolsados (anual: 2007-2023) | Municipal | Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO) |
| Inversión pública | Valor y número de contratos públicos para financiar infraestructura vial, servicios agrícolas, entrega de insumos y provisión de maquinaria (anual: 2015-2023) | Municipal | Sistema Electrónico para la Contratación Pública (SECOP)[4] |
| **Variables climáticas** | | | |
| Temperatura | Temperatura media mensual (1901-2023) | Municipal | *Climate Research Unit (CRU)*[5] |
| Precipitación | Precipitación mensual total (1901-2023) | Municipal | CRU |

## DESCOMPOSICIÓN DE LA PTF: FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN ESTOCÁSTICA

Este capítulo utiliza un modelo de frontera de producción estocástica a nivel municipal para estimar el crecimiento de la PTF agrícola entre 2015 y 2023. El análisis de descomposición permite identificar en qué medida diferentes mecanismos contribuyen al crecimiento de la PTF. Se estima la siguiente función de producción estocástica para evaluar el desempeño de la PTF y sus componentes:

$$ln\, y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{K} \beta_k \; lnx_{kit} + \sum_{j=1}^{J} \eta_j z_{jit} + \sum_{r=1}^{R} \lambda_r R_{ri} t + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

donde $y_{it}$ denota el valor de la producción agrícola del municipio $i$ en el año $t$; $x_{kit}$ incluye las variables de insumos de producción presentadas en la **Tabla 2**; $z_{jit}$ es el vector de variables climáticas. $R_{ri}$ es un vector de dummies regionales (El Caribe, Eje Cafetero, Pacífico, Centro Sur Amazonía, Centro Oriente y Llanos)[6] que permite que el progreso tecnológico varíe entre regiones cuando se interactúa con la tendencia temporal. Finalmente, $u_{it}$ es el término de ineficiencia y $v_{it}$ es el error aleatorio.

[3] https://www.colombiaarmedactors.org
[4] https://www.contratos.gov.co/consultas/inicioConsulta.do
[5] https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/
[6] La Región Caribe abarca los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, San Andrés y Sucre. La Región del Eje Cafetero contiene a Antioquia, Caldas, Quindío, y Risaralda. El Pacífico abarca Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca. Centro Sur Amazonía incluye el Amazonas, Caquetá, Huila, Putumayo y Tolima. La Región de Centro Oriente comprende Bogotá, Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander y Santander. La Región de los Llanos incluye Arauca, Casanare, Guainía, Guaviare, Meta, Vaupés y Vichada.

**Tabla 2. Variables incluidas en la función de producción (niveles municipal y hogar)**

| Nivel | Producción | Insumos | Variables climáticas |
|---|---|---|---|
| Hogar | Valor de producción (cultivos + ganadería) | Área cultivada, mano de obra familiar, costo de insumos de producción, valor del trabajo contratado, capital animal, valor de alquiler de maquinaria | Temperatura media mensual, precipitación total, anomalía de temperatura, anomalía de precipitación |
| Municipal | Valor de producción (cultivos) | Área cultivada, población rural, volúmenes de semillas, fertilizantes, y tractores | |

Nota: La producción y los insumos se incluyen en la función de producción en forma logarítmica, mientras que las variables climáticas se incluyen en niveles.

# III. RESULTADOS

## Descomposición de la PTF

La **Tabla 3** presenta los coeficientes estimados a partir de la ecuación 1. La descomposición revela que, entre 2015 y 2023, la productividad agrícola en Colombia creció de manera modesta, aumentando a una tasa del 0,65% anual.[7] Este crecimiento se debió principalmente a condiciones climáticas favorables (61%), seguido por mejoras en la eficiencia técnica (28%) y el progreso tecnológico (20%).[8] El crecimiento de la eficiencia de escala fue prácticamente insignificante en todas las regiones entre 2015 y 2023. No obstante, dado que este concepto se define a nivel de finca, las estimaciones realizadas a escala municipal no permiten reflejar los efectos de escala propios de las unidades productivas. El valor de la producción agrícola creció a una tasa promedio anual del 2,46%. Sin embargo, el 72% de este crecimiento se explicó por un mayor uso de insumos, mientras que menos de un tercio se atribuyó a mejoras en la productividad.

Aunque los promedios nacionales resultan informativos, estos ocultan una variación regional considerable. La Región Caribe, la cual destina diez millones de hectáreas a actividades agrícolas y ganaderas, y que destaca por su producción de banano, algodón, maíz y arroz, registró el mayor crecimiento en producción y el incremento más alto de la PTF, como se muestra en la **Tabla 3**. El crecimiento promedio de la PTF en dicha región fue del 2% anual, impulsado principalmente por el progreso tecnológico. Si bien la producción agrícola estuvo determinada en mayor medida por el uso de insumos, la PTF representó aproximadamente el 36% del crecimiento total. La Región Pacífico también presentó un crecimiento de la PTF superior al promedio nacional, aunque significativamente menor que en la Región Caribe. En este caso, la eficiencia técnica y las condiciones climáticas fueron los principales factores que impulsaron dicho crecimiento. En contraste, El Eje Cafetero, la Región Centro Oriente y los Llanos experimentaron un crecimiento de la productividad inferior al promedio nacional, con un descenso en el progreso tecnológico. Finalmente, la Región de Centro Sur Amazonía fue la única región donde la productividad disminuyó (-0,12%), impulsada principalmente por una caída en la eficiencia técnica.

Las condiciones climáticas influyeron de manera significativa en las diferencias regionales de productividad. A nivel nacional, las variaciones climáticas fueron el factor que más contribuyo al crecimiento de la PTF, con un aporte del 62%. En la Región Centro

[7] La diferencia entre esta tasa de crecimiento y la reportada en la Figura 1 se debe a variaciones en el período, la metodología y el nivel de agregación. Este análisis utiliza datos a nivel municipal para 2015-2023, estimados mediante un Análisis de Frontera Estocástica (SFA) con insumos derivados de registros administrativos, mientras que la Figura 1 se basa en datos agregados a nivel nacional del USDA-ERS para 1961–2021, utilizando la metodología de números índice para seis insumos diferentes.
[8] Las contribuciones se obtienen dividiendo la tasa de crecimiento anual de cada componente entre la tasa de crecimiento nacional de la PTF reportada en la Tabla 3.

Oriente y el Eje Cafetero, las condiciones climáticas favorables compensaron parcialmente los efectos negativos del descenso en el progreso tecnológico. De manera similar, en Centro Sur Amazonía, las condiciones climáticas mitigaron parcialmente la disminución de la eficiencia técnica, aunque no lo suficiente para generar un crecimiento positivo de la PTF.

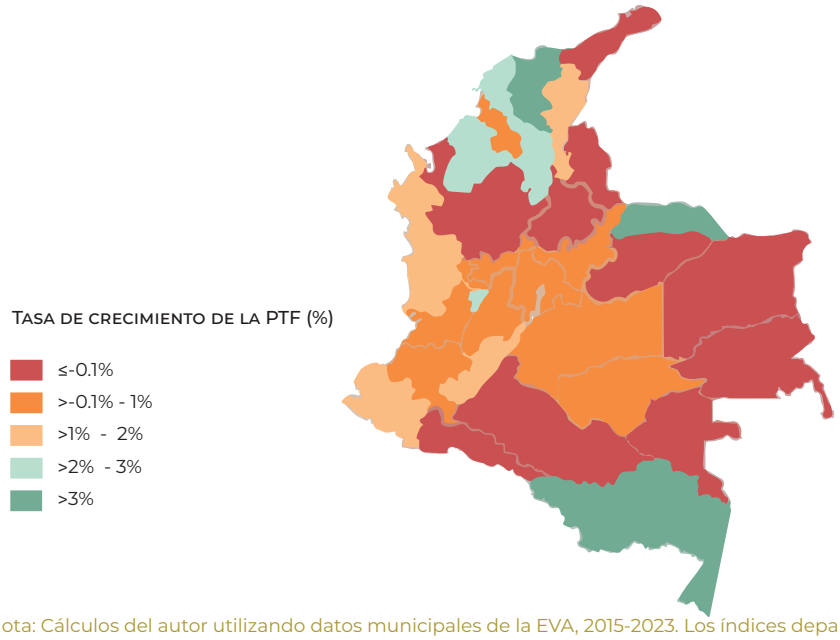
### Tabla 3. Tasas de crecimiento anual de la producción, los insumos, la PTF y sus componentes por región, utilizando datos a nivel municipal (%) (2015–2023)

| Región | Índice de producción | Índice de insumos | Índice de PTF | Índice de eficiencia de escala | Índice de eficiencia técnica | Índice de progreso tecnológico | Índice de condiciones climáticas | Ruido estadístico |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Caribe | 5,84 | 3,62 | 2,14 | 0,12 | 0,47 | 1,56 | 0,22 | -0,23 |
| Eje Cafetero | 1,22 | 0,97 | 0,25 | 0,03 | 0,15 | -0,55 | 0,45 | 0,17 |
| Pacífico | 2,63 | 1,62 | 0,99 | 0,05 | 0,33 | 0,16 | 0,33 | 0,12 |
| Centro Sur Amazonía | 1,04 | 1,15 | -0,12 | 0,04 | -0,06 | 0,02 | 0,42 | -0,54 |
| Centro Oriente | 1,36 | 1,12 | 0,23 | 0,04 | 0,05 | -0,2 | 0,53 | -0,19 |
| LLanos | 4,15 | 3,96 | 0,18 | 0,13 | 0,06 | -0,18 | 0,3 | -0,12 |
| **Nacional** | **2,46** | **1,79** | **0,65** | **0,06** | **0,18** | **0,13** | **0,4** | **-0,12** |

Nota: Cálculos del autor utilizando datos municipales de la EVA, 2015-2023. Las tasas de crecimiento anual de la PTF y sus componentes se obtienen mediante un índice multiplicativo basado en un análisis de frontera estocástica (SFA), siguiendo a Njuki et al. (2018) y O'Donnell (2018). Los índices se calculan a nivel municipal y se agregan a niveles regional y nacional mediante la media geométrica.

El **Mapa 1** ilustra los cambios en la PTF a nivel departamental. En particular, departamentos como Magdalena, Arauca y Amazonas registraron tasas de crecimiento anual de la PTF superiores al 3%, mientras que Vichada, Vaupés, Caquetá, Putumayo, Guainía, Casanare, Santander, Antioquia y La Guajira presentaron las mayores pérdidas de productividad.

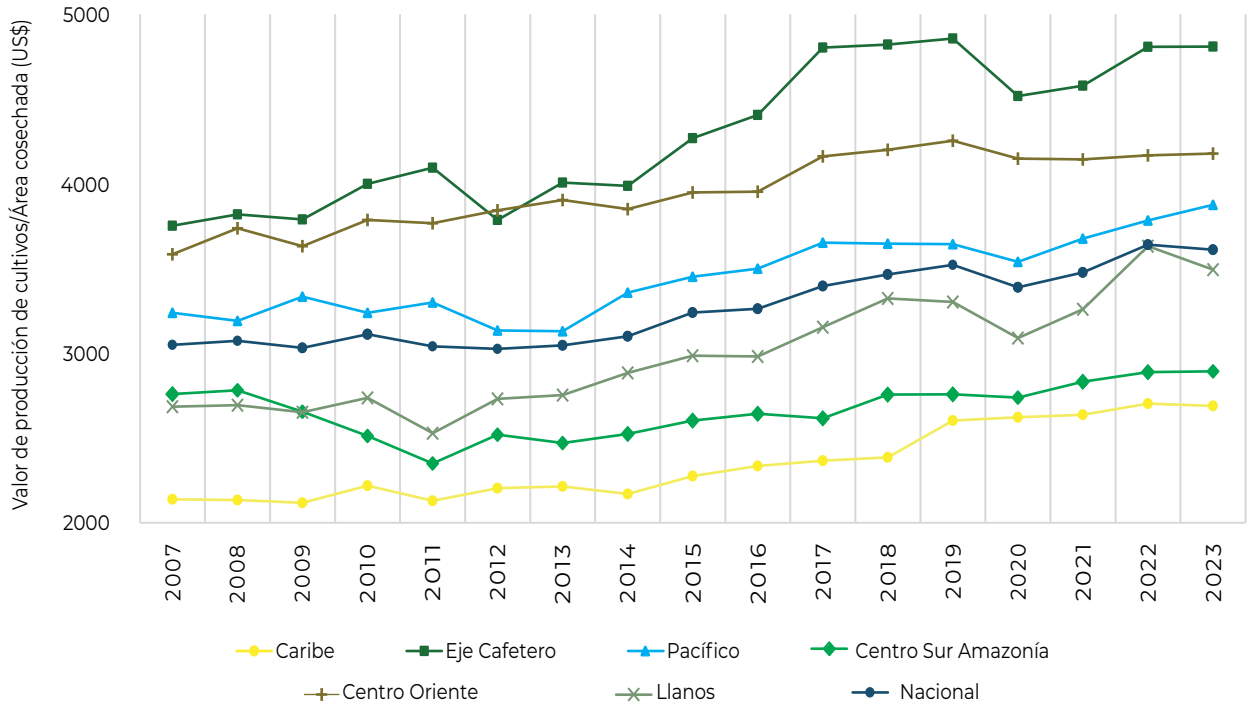
### Mapa 1. Tasas de crecimiento anual de la PTF a nivel departamental (2015–2023)




Nota: Cálculos del autor utilizando datos municipales de la EVA, 2015-2023. Los índices departamentales se construyen a partir de la media geométrica de los valores municipales, que luego se utilizan para estimar las tasas de crecimiento anual compuesto.

Si bien la PTF proporciona una medida integral de la productividad agrícola, las diferencias regionales en el valor de la producción de cultivos por hectárea ofrecen información sobre las disparidades geográficas en la productividad de la tierra. La **Figura 2** ilustra estas diferencias a lo largo del tiempo: mientras que el promedio nacional aumentó de manera constante, las tendencias regionales divergieron. La Región del Eje Cafetero, la Región Centro Oriente y la Región Pacífico mantuvieron de manera consistente niveles de productividad de la tierra superiores al promedio nacional. Los Llanos registraron el mayor crecimiento en el valor la producción agrícola por hectárea (1,66% anual), seguidos por el Eje Cafetero, ambos por encima del promedio nacional de 1,06%. En contraste, la Región de Centro Sur Amazonía presentó el desempeño más débil, con un crecimiento de solo el 0,3% anual.

FIGURA 2. VALOR DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA POR HECTAREA, POR REGIÓN (2007–2023)




Nota: Cálculos del autor utilizando datos municipales de la EVA, 2007-2023. Las series regionales y nacionales se obtienen sumando, para cada año, el valor de la producción y el área cosechada a nivel municipal, y dividiendo el valor total entre el área total para calcular el valor por hectárea.

## DETERMINANTES DE LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA Y SUS EFECTOS ESTIMADOS

Además de la descomposición de la PTF, se analizan los efectos de determinados factores que pueden influir en los niveles de productividad agrícola, a partir de datos a nivel de hogar de la ELCA y datos municipales provenientes de la EVA. Estos efectos se estiman mediante una regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), especificada de la siguiente manera:

$$ln\, y_{it} = \alpha_i + \delta\, D_{it} + \sum_{n=1}^{N} \beta_n\, lnx_{nit} + \sum_{j=1}^{J} \eta_j\, z_{jit} + \lambda_t + v_{it} \quad (2)$$

Donde $\delta$ captura el efecto promedio de los factores de política evaluados; $\lambda_t$ y $\alpha_i$ representan efectos fijos de tiempo y de municipio u hogar, respectivamente, controlando por choques comunes y por características no observadas e invariantes en el tiempo; y $v_{it}$ es el término de error idiosincrático.

Los demás parámetros se definen como en la ecuación 1.

La **Tabla 4** resume los factores de política analizados y las variables utilizadas para capturar sus efectos sobre la productividad y la producción.

TABLA 4. VISIÓN GENERAL DE LOS DETERMINANTES DE POLITICA Y LOS EFECTOS A ESTIMAR

| Determinante | Variable |
|---|---|
| Posconflicto | Variable dummy que captura el impacto del cese al fuego de 2014 con el grupo armado más grande del país (FARC) en municipios y hogares afectados por el conflicto |
| Crédito | Valor de los créditos agrícolas desembolsados a nivel municipal (US$), y una variable dummy a nivel de hogar que indica acceso al crédito |
| Infraestructura vial | Valor monetario de los contratos públicos para infraestructura vial a nivel municipal (US$) |
| Servicios agrícolas | Valor monetario de los contratos públicos de servicios agrícolas a nivel municipal, incluyendo asistencia técnica, fortalecimiento de cadenas de valor y programas relacionados (US$) |
| Entrega de insumos | Valor monetario de los contratos públicos para la entrega de insumos agrícolas (por ejemplo, semillas, fertilizantes, agroquímicos) a nivel municipal (US$) |
| Provisión de maquinaria | Valor monetario de los contratos públicos para la entrega o arrendamiento de maquinaria agrícola a nivel municipal (US$) |

Los resultados de las estimaciones se presentan en la **Tabla 5**. Los coeficientes reflejan el efecto de cada determinante de política, según las estimaciones a nivel municipal y/o de hogar, dependiendo de la disponibilidad de los datos.

TABLA 5. COEFICIENTES ESTIMADOS A PARTIR DE LAS REGRESIONES A NIVEL MUNICIPAL Y HOGAR

| | Valor de crédito (US$, per capita) | Acceso a crédito (dummy) | Infraestructura vial (US$1,000 /finca) | Entrega de insumos (US$1,000/finca) | Servicios agrícola (US$1,000/finca) | Provisión de maquinaria (US$1,000/finca) | Posconflicto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nivel municipal | 0,014** | | 0,007*** | -0,007 | 0,003 | -0,004 | -0,041* |
| | (0,006) | | (0,002) | (0,009) | (0,002) | (0,004) | (0,022) |
| Nivel hogar | | 0,406 | | | | | 0,389* |
| | | (0,85) | | | | | (0,214) |
| Observaciones | 9.885 | 8.957 | 3.420 | 3.420 | 3.420 | 3.420 | 8.483 (mun) / 1.903 (hh) |
| Número de municipios | 1.101 | - | 380 | 380 | 380 | 380 | 499 |
| Número de hogares | - | 2,988 | - | - | - | - | 635 |
| Período | 2015–2023 | 2010, 2013, 2016 | 2015–2023 | 2015–2023 | 2015–2023 | 2015–2023 | 2007–2023 (municipal) 2010, 2013, 2016 (hogar) |
| **Metodología** | **TWFE** | **IV** | **TWFE** | **TWFE** | **TWFE** | **TWFE** | **DiD** |

Nota: Cálculos del autor utilizando datos de la EVA y ELCA. Todas las estimaciones incluyen efectos fijos de año y unidad (municipio o hogar) y controles por insumos y condiciones climáticas. La variable dependiente es el logaritmo del valor de la producción agrícola. El valor de crédito se mide como el valor de los préstamos agrícolas per cápita (transformación IHS). Infraestructura vial, entrega de insumos, servicios agrícolas y provisión de maquinaria se calculan como el valor acumulado de los contratos públicos por finca, en miles de USD. Posconflicto es una variable dummy que toma valor uno para municipios con presencia previa de las FARC en el período de estudio posterior al cese al fuego. Errores estándar agrupados a nivel municipal (entre paréntesis) ***p<0,01, **p<0,05,*p<0,1.

La Tabla 6 resalta los hallazgos más relevantes:

### 1. LOS EFECTOS DEL CESE AL FUEGO CON LAS FARC VARÍAN SEGÚN LA ESCALA DE ANÁLISIS

A nivel hogar, las comunidades afectadas por la presencia de las FARC experimentaron un aumento significativo en la productividad después del cese al fuego. En contraste, el análisis a nivel municipal evidencia un descenso en la productividad promedio, impulsado por la expansión del área cultivada, posiblemente hacia tierras de menor rendimiento, y la incorporación de nuevos productores que podrían ser menos productivos.

### 2. EL CRÉDITO SE ASOCIA POSITIVAMENTE CON INCREMENTOS EN LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA [9]

Un incremento del 1% en el crédito per cápita se relaciona con un aumento del 0,014% en la productividad a nivel municipal. Este resultado resalta el potencial de la inclusión financiera como motor del desarrollo agrícola, al fomentar mejoras sostenidas en la productividad. Al aliviar las restricciones de liquidez, el crédito permite a los agricultores invertir de manera más eficiente en capital y fortalece su capacidad para enfrentar choques e incertidumbre.

[9] El estudio no encuentra un efecto significativo del acceso al crédito sobre la productividad agrícola a nivel de hogar. El tamaño reducido de la muestra (17 municipios) limita el poder estadístico y aumenta el ruido, lo que resalta la necesidad de contar con datos con mayor cobertura y realizar análisis adicionales a nivel de hogar antes de llegar a conclusiones definitivas.

### 3. Las inversiones en infraestructura vial rural mejoran el desempeño agrícola

Un incremento adicional de US$ 1.000 en inversión pública en infraestructura vial rural por finca se asocia con un aumento del 0,75% en la productividad agrícola. Estos efectos se observan tres años después de la finalización del contrato. Al reducir los costos de transacción, mejorar el acceso a los mercados de insumos y productos, y facilitar la adopción de nuevas tecnologías, las vías rurales desempeñan un papel clave en el crecimiento de la productividad (Kebede, 2024; Parada et al., 2015; Shamdasani, 2018).

### 4. La provisión de insumos y maquinaria agrícola a nivel municipal no encuentra efectos significativos

Aunque una parte considerable del apoyo se destina a la transferencia de insumos, la evidencia sugiere que estos contratos no se han traducido, en promedio, en aumentos relevantes de productividad. Diversas razones podrían explicar este resultado, incluyendo la ausencia de inversiones complementarias o condiciones habilitantes (como acceso a crédito, asistencia técnica, medidas fitosanitarias o titulación de la tierra), ineficiencias en la focalización de los programas, limitaciones en la adopción y uso efectivo de la maquinaria, y posibles distorsiones en la producción.

### 5. Los servicios agrícolas no presentan un impacto sobre la productividad

Aunque la baja contribución de la eficiencia técnica al crecimiento de la productividad destaca la necesidad de fortalecer las capacidades de gestión de los agricultores mediante asistencia técnica, los resultados a nivel municipal indican que dichos servicios no han sido efectivos para mejorar la productividad. La falta de un impacto medible puede deberse a la baja calidad de los servicios, a una intensidad insuficiente, o a recomendaciones técnicas desactualizadas o inadecuadas, entre otros factores. Además, la naturaleza heterogénea de los contratos agrupados bajo esta categoría probablemente introduce ruido en la medición.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de investigación adicional que permita identificar los factores que determinan la efectividad de los servicios agrícolas.

Tabla 6. Efectos estimados de los determinantes de politica sobre el desempeño agrícola

| Determinante | Efecto estimado |
|---|---|
| Posconflicto | La producción disminuyó en un 4% en los municipios con presencia previa de las FARC después del cese al fuego. |
| | La productividad aumentó en un 46% en los hogares ubicados en zonas con presencia previa de las FARC después del cese al fuego. |
| Crédito | Un aumento del 1% en el crédito agrícola per cápita (US$) se asocia con un incremento del 0,014% en la productividad a nivel municipal. |
| Infraestructura vial | Un incremento adicional de US$ 1.000 en inversión vial rural por finca se asocia con un aumento del 0,7% en la productividad. |

Nota: Elaboración propia con base en los resultados de la Tabla 5, utilizando datos de la EVA y ELCA.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Los resultados del análisis señalan áreas prioritarias para promover un crecimiento sostenido de la productividad agrícola en Colombia. Las siguientes recomendaciones buscan orientar el diseño de políticas focalizadas territorialmente, eficientes y resilientes al clima:

## I. Fortalecer la investigación agrícola y los servicios de extensión podría impulsar el desarrollo y la adopción de tecnologías adaptadas al contexto

El hecho de que los contratos de servicios agrícolas no revelen un efecto claro sobre la productividad, apunta a la necesidad de mejorar su diseño e implementación, en lugar de descartarlos como instrumentos de política. La baja contribución del cambio tecnológico a la productividad resalta la importancia de generar y difundir tecnologías avanzadas y específicas al contexto. Estas deberían potenciar el rendimiento agrícola teniendo en cuenta las condiciones agroecológicas, la vulnerabilidad climática y la diversidad socioeconómica entre regiones. Debe darse una mayor atención a zonas donde el progreso tecnológico o la eficiencia técnica han sido bajos, como la Región del Eje Cafetero, la Región Centro Oriente y los Llanos. Servicios de extensión y asistencia técnica bien diseñados pueden facilitar la adopción de tecnologías y prácticas mejor adaptadas, con el potencial de mejorar el desempeño agronómico y gerencial, especialmente en la Región de Centro Sur Amazonía, la Región Centro Oriente y la Región de los Llanos, donde la contribución de la eficiencia técnica ha sido negativa o marginal para el crecimiento de la productividad.

## II. Ampliar acceso al crédito agrícola

Fortalecer y expandir los programas de financiamiento rural es fundamental. Las estrategias para llegar a los productores en las zonas más remotas deben incluir la simplificación de los requisitos de acceso, la reducción de las asimetrías de información y la implementación de mecanismos innovadores de inclusión financiera, como el acceso a servicios bancarios digitales. Las instituciones públicas de financiamiento rural requieren mayor capacidad institucional, mientras que la participación del sector privado debería incentivarse mediante instrumentos que mitiguen los riesgos asociados al crédito agrícola, como la estacionalidad y los choques climáticos. Una prioridad adicional es ampliar el acceso a servicios financieros para comunidades vulnerables —como mujeres, pueblos indígenas y población afrocolombiana— que históricamente han estado excluidas de los mercados financieros.

## III. Garantizar un uso eficiente de la tierra en los procesos de desarrollo rural durante el posconflicto

Las políticas de restitución, formalización o reactivación productiva en las zonas afectadas por el conflicto deben estar acompañadas de evaluaciones técnicas sobre la productividad del suelo, así como de asistencia técnica y acceso a tecnologías adecuadas. También es necesario implementar mecanismos que limiten la expansión de la frontera agrícola e incentiven un uso eficiente y sostenible de la tierra dentro de dicha frontera.

## IV. Las inversiones en bienes públicos son más efectivas para impulsar ganancias sostenidas en la productividad agrícola que los programas centrados en la entrega de insumos

Las brechas persistentes en infraestructura rural limitan la conectividad, dificultan el acceso a los mercados y reducen la rentabilidad de la actividad agrícola. Si bien la provisión de insumos puede aliviar restricciones de corto plazo, sus efectos a largo plazo son más limitados. Los subsidios a insumos pueden sustituir compras privadas que se habrían realizado igualmente o incentivar su uso incluso cuando no es rentable, generando mayores costos ambientales. En contraste, las inversiones en infraestructura abordan barreras estructurales que los productores no pueden superar de manera individual y generan efectos de derrame a lo largo de las cadenas de valor. Desde una perspectiva de política pública, fortalecer la infraestructura de transporte rural debería ser un componente central de la estrategia de desarrollo rural de Colombia, al reducir los costos de transacción y mejorar el acceso a los mercados.

## V. Reevaluar la estructura, ejecución y calidad de los programas de insumos y servicios agrícolas

Las políticas deben dejar de centrarse en transferencias aisladas y avanzar hacia paquetes integrales que combinen acceso a tecnologías mejoradas, crédito, extensión agropecuaria y vínculos con mercados, junto con inversiones en infraestructura, especialmente en contextos donde estas condiciones habilitantes son débiles. Los programas deben asegurar una focalización adecuada y promover el uso sostenible y el mantenimiento de la maquinaria. Además, dado el alto nivel de vulnerabilidad del sector frente a factores climáticos, es fundamental que estos programas prioricen el acceso a bioinsumos y tecnologías climáticamente inteligentes que fortalezcan la conservación del suelo, la eficiencia hídrica y la resiliencia climática. Facilitar el comercio internacional y promover la inversión extranjera podría generar canales importantes para el crecimiento de la productividad a través de la transferencia tecnológica, el cumplimiento de estándares internacionales y un fortalecimiento de los enlaces en las cadenas de valor. Al fortalecer los sistemas productivos, estas intervenciones contribuyen a que los agricultores resistan mejor los choques climáticos, mejoren la eficiencia en el uso de recursos y preserven la base de recursos naturales (Bhatnagar et al., 2024).

## VI. Diseñar políticas adaptativas frente al cambio climático

Dado que la variabilidad climática explicó más de un tercio del crecimiento de la PTF nacional, se requiere una transformación estructural gradual que disminuya la sensibilidad de la producción agrícola a esta variabilidad. Esto implica promover prácticas adaptativas que integren sostenibilidad, uso eficiente de recursos, diversificación productiva, restauración de ecosistemas y gestión integrada del territorio. También exige desarrollar y difundir sistemas estratégicos de información agroclimática que reduzcan pérdidas de cultivos al mejorar la toma de decisiones mediante calendarios de siembra más precisos, sistemas de alerta temprana y pronósticos climáticos.

En conclusión, el análisis resalta la importancia de priorizar inversiones en bienes públicos que fortalezcan tanto la eficiencia técnica como el progreso tecnológico. El fortalecimiento de la investigación agrícola, los servicios de extensión y la infraestructura rural puede generar las condiciones habilitantes necesarias para impulsar aumentos sostenidos de productividad, mientras que la expansión del acceso a servicios financieros garantiza que los productores cuenten con los recursos necesarios para invertir, innovar y adaptarse. En general, estas medidas pueden favorecer la construcción de un sector agrícola más inclusivo, competitivo y resiliente al clima.

# CAPÍTULO 5. **BRASIL**

**Autores: Steven M. Helfand, Francisco Lima Cavalcanti, Carlos Otávio de Freitas, Ajax R. B. Moreira, Maja Schling**

## RESUMEN

Brasil se encuentra entre los cuatro principales productores y exportadores agrícolas del mundo, y la continuidad del crecimiento de su producción puede tener un impacto significativo tanto en la seguridad alimentaria interna como global. Un crecimiento sostenido de la productividad es esencial para respaldar esta expansión. El sector agrícola también contribuye a la reducción de la pobreza al generar ingresos y reducir los precios de los alimentos, y apoya el crecimiento económico más amplio mediante la generación de divisas a través de las exportaciones. Este estudio calcula el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) en la agricultura brasileña y lo desagrega en componentes relacionados con la tecnología, el clima, la política (educación e I+D agrícola) y otros factores. El análisis se basa en datos a nivel municipal de cuatro rondas del Censo Agropecuario entre 1985 y 2017. Los resultados ofrecen una caracterización novedosa del crecimiento de la PTF durante este período y tienen importantes implicaciones de política. La PTF aumentó a una tasa media anual del 1,56%, explicando aproximadamente el 60% del crecimiento de la producción. La descomposición pone en evidencia el efecto desacelerador de los factores climáticos sobre el crecimiento de la productividad, junto con la influencia aceleradora de las inversiones en I+D agrícola y en educación de los productores. Un resultado clave es la marcada divergencia de resultados en varias dimensiones. La producción y la PTF crecieron más rápidamente en el bioma del Cerrado, caracterizado por grandes explotaciones, y más lentamente en la Caatinga, donde se ubica gran parte de las explotaciones más pequeñas. La producción se ha concentrado cada vez más en un número reducido de municipios, que tienden a exhibir un crecimiento de la PTF más rápido y una especialización en cultivos anuales como la soya. Por el contrario, alrededor de un tercio de los municipios experimentaron caídas tanto del producto como de la PTF, con proporciones más altas en la Amazonía y la Caatinga, en zonas especiali-

zadas en cultivos perennes y en municipios de menor nivel de producción. Los resultados del estudio tienen implicancias de política significativas para enfrentar el cambio climático, orientar las inversiones en I+D agrícola y gestionar la creciente divergencia de resultados.

# I. INTRODUCCIÓN

Estudiar el crecimiento de la productividad agrícola en Brasil es de gran importancia tanto para el país como para la comunidad internacional. Brasil se encuentra entre los cuatro principales productores y exportadores agrícolas del mundo en términos de valor (FAO, 2023), y el crecimiento continuo de su producción tiene implicaciones importantes para la seguridad alimentaria nacional e internacional. La agricultura representó solo el 7% del PIB y cerca del 10% del empleo en 2021; sin embargo, al generar ingresos para una parte importante de los productores y mantener bajos los precios de los alimentos, el sector constituye un componente esencial de la estrategia de reducción de la pobreza del país.[1] También cumple un papel estratégico en la generación de divisas, lo que puede ser crítico para el desarrollo económico. Entre 2000 y 2020, la proporción del sector agroalimentario en el total de las exportaciones brasileñas pasó del 23% al 37%, lo que resalta su creciente importancia. Su integración a los mercados globales y la creciente participación de inversionistas extranjeros en el agronegocio están asociadas con avances en productividad mediante la adopción de tecnologías modernas, la difusión de estándares de calidad y sostenibilidad, y conexiones más sólidas con cadenas de valor alto . El sector agrícola también fue responsable de más del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero del país en 2021, lo que le otorga un papel potencialmente significativo en los esfuerzos para combatir el cambio climático.

Las políticas públicas han sido fundamentales para estimular la producción y la productividad agrícola desde la década de 1970 (Teixeira et al., 2014; Buainain, 2025). Entre las intervenciones más importantes se encuentran las inversiones en I+D, que se aceleraron con la creación de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) perteneciente al sector público (Vieira Filho, 2018). Las inversiones de Embrapa, que formaron parte de un esfuerzo de investigación más amplio, contribuyeron a una profunda transformación tecnológica durante este período. Buainain (2014) destaca el papel del crédito y la asistencia técnica en la adopción y difusión de nuevas tecnologías. De hecho, el crédito agrícola subsidiado ha sido una de las políticas agrícolas más importantes de Brasil desde la creación del Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) en 1965. En las últimas décadas se crearon líneas específicas de crédito para la agricultura familiar (PRONAF), las explotaciones medianas (Pronamp), la inversión en tractores, cosechadoras y otras máquinas (Moderfrota), la inversión en infraestructura y riego (Moderinfra), entre otras. También se han creado políticas que buscan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el programa de Agricultura de Bajo Carbono (ABC).

La investigación sobre el crecimiento de la PTF en la agricultura brasileña es amplia en algunos aspectos y limitada en otros. Existen numerosos trabajos sobre el crecimiento de la PTF a nivel nacional desde la década de 1970. Gasques et al. (2020), por ejemplo, estiman un crecimiento anual promedio de la PTF en Brasil de aproximadamente el 1,82% entre 1985 y 2017, mientras que Salazar et al. (2025) muestran que el crecimiento de la PTF en Brasil fue considerablemente más lento cuando se consideran los impactos ambientales negativos usando el Índice de Productividad Sostenible (SPI, por sus siglas en inglés).[2] Sin embargo, pocos estudios emplean técnicas econométricas con datos

[1] Los datos de este párrafo provienen de la OCDE (2023).
2 Los resultados son sensibles a la elección de la ponderación asignada a los impactos ambientales negativos, de modo que, en los escenarios que analizan, la reducción del crecimiento de la PTF en 1995-2017 oscila entre el 16 % y el 49 %.

de panel detallados que permitan un análisis por debajo del nivel estatal. Una excepción es Rada et al. (2019), quienes estiman el crecimiento de la PTF con datos a nivel municipal para distintos grupos de tamaño de finca, aunque su estudio termina en 2006. Otra es Spolador y Danelon (2024), que utilizan datos a nivel de microrregión entre 1996 y 2017, pero se concentran exclusivamente en la producción de cultivos. Este capítulo contribuye a cerrar esa brecha al presentar un análisis novedoso del crecimiento de la PTF con más de 30 años de datos a nivel municipal. Nuestro estudio difiere de investigaciones previas en que abarca toda la producción agrícola, utilizando datos altamente desagregados en un período más largo. Esta mayor cobertura temporal es especialmente valiosa para estudiar los efectos del cambio climático.

Un rasgo notable del crecimiento de la producción durante este período es que se produjo con menos tierra agrícola, lo que refleja, en parte, ganancias de productividad. Si bien la deforestación sigue siendo un problema crítico en Brasil y la frontera agrícola se expandió primero en el Centro-Oeste y luego hacia el norte a través del bioma del Cerrado, el área total destinada a cultivos y pasturas se redujo aproximadamente un 4% entre 1985 y 2017 (IBGE). Esta reducción corresponde a una caída de casi 60 millones de hectáreas de pasturas naturales, parcialmente compensada por cerca de 40 millones de hectáreas de pasturas sembradas y 13,5 millones de hectáreas de cultivos anuales. La superficie destinada a cultivos perennes también disminuyó en un 20%, o alrededor de dos millones de hectáreas.

Sobre esta base, este estudio estima la heterogeneidad del crecimiento de la PTF entre los municipios brasileños y lo descompone en componentes relevantes para la política pública.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

Este capítulo se guía por las siguientes preguntas:

I. ¿Cuál ha sido la tasa de crecimiento de la producción y de la PTF para Brasil, sus principales biomas y sus municipios?
II. ¿Qué factores explican el patrón heterogéneo de crecimiento de la productividad, incluidas las diferencias entre:
a. biomas,
b. especialización en producción pecuaria, cultivos anuales o cultivos perennes, y
c. escala de producción municipal?
III. ¿Qué factores están impulsando o restringiendo el crecimiento de la PTF? En particular:
a. Los factores climáticos —especialmente el calor extremo— han desacelerado el crecimiento de la productividad?
b. ¿Qué políticas —como las inversiones en I+D y la educación de los productores— han acelerado el crecimiento de la productividad?
IV. ¿Los niveles de productividad están convergiendo en el tiempo o algunos municipios quedan atrapados en niveles persistentemente bajos de PTF?

Para abordar estas preguntas, estimamos una función de producción de frontera estocástica para calcular el crecimiento de la PTF. A continuación, aplicamos un método de descomposición siguiendo a O'Donnell (2018) y trabajos relacionados. La descomposición distingue en primer lugar las contribuciones del crecimiento de los insumos y del crecimiento de la PTF al crecimiento de la producción, y luego desagrega aún más el crecimiento de la PTF en componentes asociados con: (a) la tecnología, (b) el clima, (c) los rendimientos a escala, (d) la política (educación e I+D agrícola), (e) la eficiencia técnica y (f) el ruido estadístico.

El modelo se estima utilizando datos a nivel

municipal del Censo Agropecuario para el período 1985–2017. La base contiene aproximadamente 3.800 municipios —definidos como unidades geográficas consistentes a lo largo del tiempo[3]— y cuatro rondas censales (1985, 1995–96, 2006 y 2017), lo que da lugar a cerca de 15.000 observaciones. Las definiciones y fuentes de datos de las principales variables se presentan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Datos, variables principales y fuentes**

| Datos | Descripción | Fuentes |
|---|---|---|
| Producto e insumos agrícolas a nivel municipal | Producto que representa más del 98 % del valor del producto. Insumos: tierra, trabajo familiar, insumos comprados, medidas del stock de capital en maquinaria, animales y árboles perennes. | Censos agropecuarios de 1985, 1995–1996, 2006 y 2017 (IBGE) |
| Temperatura | Datos satelitales de temperaturas máximas y mínimas diarias. Se utilizan para construir los grados-día de crecimiento en una temporada de cultivo de nueve meses, de octubre a junio, agregados en tres intervalos: 8–28 °C, 28–32 °C y >32 °C. | Servicio de Cambio Climático de Copernicus, ERA5: variables climáticas esenciales para aplicaciones en el sector hídrico derivadas de proyecciones climáticas |
| Precipitación | Datos mensuales de precipitación total. | *Climate Research Unit University of East Anglia* |
| *Stock* de conocimiento público | Proxy del *stock* de conocimiento público basada en el gasto de Embrapa en alrededor de 15 ecorregiones y 15 líneas de productos. | Embrapa |
| Educación de los productores | Años de escolaridad de los productores agrícolas. | Censos demográficos (IBGE) |

## Función de producción de frontera estocástica

Estimamos una función de producción de frontera estocástica Cobb-Douglas con un índice de cantidad de producto expresado en precios constantes de 2017:

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{K} \beta_k x_{kit} + \tau T + \sum_{j=1}^{J} \eta_j z_{jit} + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

donde $y_{it}$ es el logaritmo natural del índice de cantidad de producto en el municipio $i$ en el tiempo $t$; $\alpha_i$ son efectos fijos municipales; $x_{kit}$ denota el logaritmo de los insumos de producción $k$; $T$ es una tendencia temporal que captura el progreso tecnológico; $z_{jit}$ son variables climáticas y otros determinantes de la PTF[4]; $v_{it}$ es un término de error aleatorio simétrico; $u_{it}$ es un término

[3] El número de municipios aumentó de alrededor de 4.000 a más de 5.500 entre 1985 y 2017. Construimos unidades geográficas consistentes de modo que analizamos municipios —o agregaciones de estos— que no cambian en el tiempo. Por simplicidad, seguimos refiriéndonos a ellas como "municipios".
[4] Para ser más precisos, $z_{jit}$ representa determinantes del producto. Una vez que controlamos por los insumos $x_{kit}$, estos pueden interpretarse como determinantes de la PTF.

asimétrico *half-normal* (seminormal) que captura ineficiencia; y $\beta_k$, $\tau$, y $\eta_j$ son coeficientes a estimar. Las variables climáticas incluidas en $z_{jit}$ comprenden el calor extremo, la precipitación anual y el cuadrado de esta última. Otros determinantes proxys del capital humano rezagado de los productores agrícolas y del stock de conocimiento público resultan de las inversiones federales en I+D agrícola. También modelamos la varianza de la ineficiencia como función de la asistencia técnica, el crédito y el riego, y la heterocedasticidad en $v_{it}$ como función de la escala, aproximada por la superficie agrícola total.

## Resultados de la función de producción

La función de producción presenta un grado moderado de rendimientos crecientes a escala: un aumento del 10% en todos los insumos de producción eleva el producto en 10,6%. Esto implica que los municipios con mayor escala de producción tienden a ser más productivos. Los insumos individuales, la tierra y los insumos comprados son los más influyentes: un aumento del 10% en cualquiera de ellos incrementa la producción en aproximadamente 3,5%, manteniendo constantes los demás factores.

## Efectos climáticos

Los efectos climáticos son marcadamente negativos. Medimos el calor extremo utilizando grados-día de crecimiento (GDD), definiendo la temporada de crecimiento como los nueve meses que excluyen el invierno (el tercer trimestre del año).[5] Para captar un rango de umbrales térmicos específicos de los distintos productos, adoptamos un enfoque más flexible que el común en la literatura, utilizando tres intervalos de GDD: normal (8–28 °C), perjudicial (28–32 °C) y muy perjudicial (>32 °C). De manera inesperada, días grado adicionales dentro del rango normal reducen el producto, aunque los efectos varían entre biomas. El impacto en el intervalo perjudicial es aproximadamente el doble que en el intervalo normal, y el efecto en el intervalo muy perjudicial es también casi el doble del rango perjudicial. Estos resultados sugieren que el cambio climático ha tenido un impacto sustancialmente negativo sobre el crecimiento de la PTF a lo largo de los 32 años del período de estudio, efecto que cuantificamos más adelante.

## I+D agrícola y educación

Las inversiones públicas en el stock de conocimiento y en la educación de los productores pueden ayudar a contrarrestar los efectos climáticos adversos. Construimos variables del *stock* de conocimiento basadas en el gasto federal en I+D agrícola de Embrapa entre 1973 y 2016, desagregado en unas 15 líneas de productos y 15 áreas geográficas (llamadas ecorregiones).[6] Cada línea de gasto se extrapola hacia atrás hasta 1950 y se agrega usando ponderaciones sobre los 35 años previos a cada censo. Estos *stocks* se asignan luego a los municipios según su ubicación dentro de las ecorregiones y su composición productiva. El gasto de Embrapa sirve como proxy del esfuerzo más amplio del sector público a través del Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria (SNPA). La educación de los productores se mide como los años de escolaridad rezagados de los productores agrícolas. Tanto el stock de conocimiento público como la educación de los productores tienen efectos positivos y estadísticamente significativos sobre la PTF. En la sección de resultados cuantificamos su contribución conjunta al crecimiento de la PTF entre 1985 y 2017.

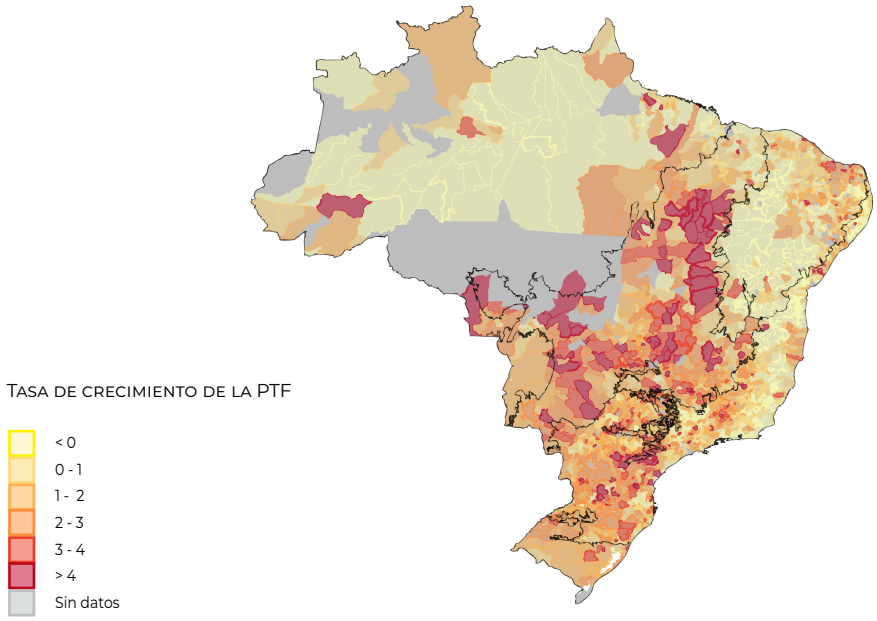
[5] Este enfoque sigue a Schlenker y Roberts (2009), Burke y Emerick (2016) y Aragón et al. (2021). Dado que nuestro análisis se basa en datos censales decenales, en lugar de un panel anual, nuestras estimaciones se sitúan en un punto intermedio entre los efectos del tiempo meteorológico y los del cambio climático. Utilizamos el término "efectos climáticos" porque están más próximos a estimaciones en diferencias largas, como en Burke y Emerick (2016), que a shocks meteorológicos anuales.
[6] Nuestro enfoque sigue los métodos descritos en Alston et al. (2010), Alston y Pardey (2021), Avila y Evenson (1995) y Rada y Valdes (2012).

# III. RESULTADOS

## Crecimiento de la PTF y su heterogeneidad

**a. Nacional.** La PTF agrícola creció en promedio un 1,56% anual entre 1985 y 2017, un período marcado por una considerable heterogeneidad entre municipios (**Figura 1**). Durante este tiempo, el crecimiento de la PTF explicó alrededor del 60% del crecimiento del producto, que promedió el 2,6% anual (**Tabla 2**). En general, Brasil destaca como un caso excepcionalmente exitoso en América Latina y el Caribe (ALC) en este período, particularmente dado su rol como el mayor productor y exportador de la región.

Figura 1. Crecimiento de la productividad total de los factores por municipio, 1985-2017




Fuente: Cálculos de los autores basados en el modelo y los datos descritos anteriormente.

Tabla 2. Crecimiento promedio anual del producto, los insumos, la PTF y sus componentes, Brasil y biomas (1985–2017)

| | | | | Componentes de la PTF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bioma | Producción (1) | Insumos (2) | PTF (3) | Clima (4) | Educación (5) | I+D (6) | Tecnología (7) | Escala (8) | Eficiencia (9) | Ruido Est. (10) |
| Amazonía | 3,56 | 2,47 | 1,02 | -0,80 | 0,17 | 0,97 | 0,56 | 0,15 | -0,05 | 0,01 |
| Caatinga | 0,51 | 0,39 | 0,07 | -1,36 | 0,16 | 0,70 | 0,56 | 0,02 | -0,01 | 0,01 |
| Cerrado | 4,29 | 1,61 | 2,43 | -0,59 | 0,30 | 0,76 | 0,56 | 0,10 | -0,08 | 1,36 |
| Bosque Atl. | 1,70 | 0,51 | 1,25 | -0,43 | 0,27 | 0,57 | 0,56 | 0,03 | 0,04 | 0,21 |
| **Brasil** | **2,59** | **0,97** | **1,56** | **-0,56** | **0,27** | **0,67** | **0,56** | **0,06** | **-0,01** | **0,57** |

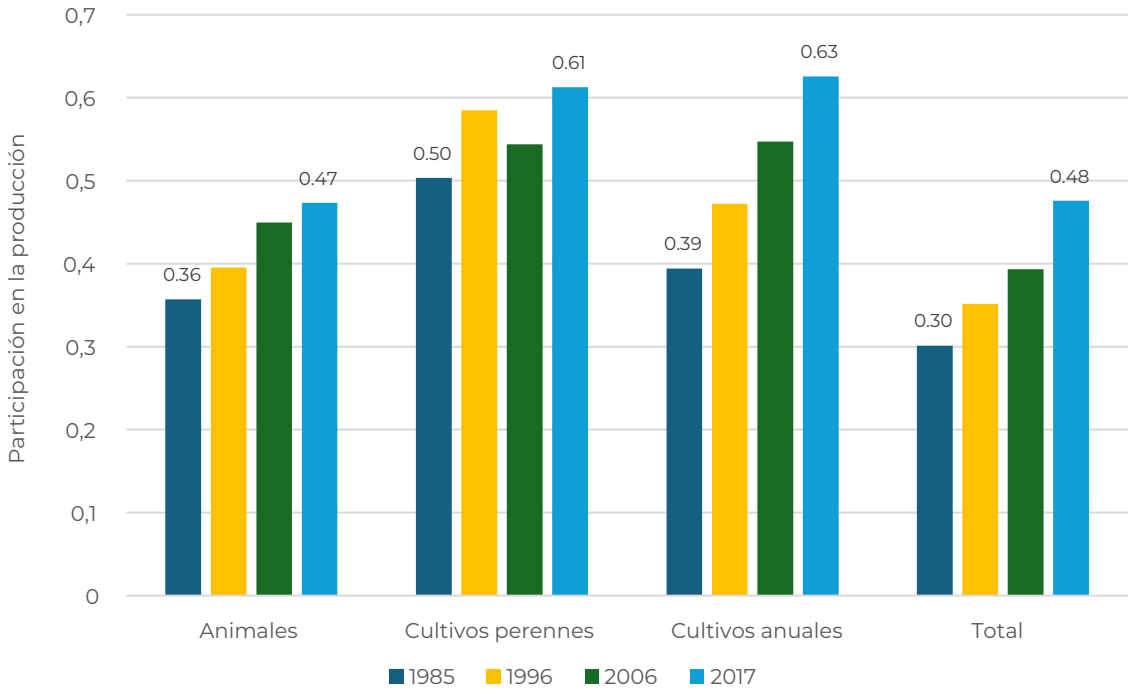
Fuente: Cálculos de los autores basados en el modelo y los datos descritos anteriormente. Más detalles pueden encontrarse en el documento de trabajo que respalda esta Nota de Política.

**B. Biomas y décadas.** El crecimiento de la PTF varió considerablemente entre biomas y décadas. La **Tabla 2** muestra que el Cerrado experimentó el crecimiento más rápido (2,43% anual), mientras que la Caatinga prácticamente se estancó (0,07% anual). Aunque no se muestra en la **Tabla 2**, el crecimiento de la PTF se aceleró con fuerza, duplicándose de alrededor de 1% anual entre 1985 y 1996 a más del 2% anual en las dos décadas siguientes. El crecimiento lento en la primera década reflejó la inestabilidad macroeconómica y las importantes reformas de política al final de la era de sustitución de importaciones. La posterior aceleración es particularmente notable en el contexto de ALC.

**C. Escala de la producción.** El crecimiento de la PTF estuvo estrechamente vinculado a la escala de la produccción. El 75% de los municipios con menor producción registraron un crecimiento promedio de la PTF de solo el 0,6% anual, mientras que el 10% superior creció muy por encima del promedio nacional. Estos grandes productores tenían muchas más probabilidades de especializarse en cultivos anuales, en particular soya, reflejando el auge de las últimas décadas. El efecto de la escala es relevante dada la creciente concentración de la producción en Brasil.

La **Figura 2** muestra que el 5% de los municipios con mayor producción aumentó su participación en el producto total del 30% a casi el 50% entre 1985 y 2017. En 2017, ese 5% produjo más del 60% del producto de cultivos anuales y perennes.

Figura 2. Participación en la producción generada por los 200 principales municipios (~5 %)




Fuente: Cálculos de los autores basados en datos del Censo Agropecuario.

**D. Municipios con PTF decreciente.** El rápido crecimiento de la PTF estuvo lejos de ser universal. Aproximadamente un tercio de los municipios experimentó caídas de la PTF y de la producción a lo largo de las tres décadas, un hallazgo sorprendente para un país con un crecimiento tan rápido de la PTF. El crecimiento negativo fue más

frecuente en los biomas de Amazonía y Caatinga (más del 45% de los municipios), en municipios especializados en cultivos perennes (65%) y entre los municipios con la menor producción (38%). En contraste, entre el 5% de los municipios con mayor producción, menos del 10% presentó PTF decreciente.

## Descomposición del crecimiento de la PTF: roles del clima, la política y otros factores

**a. Efectos climáticos.** Uno de los resultados más importantes de la Tabla 2 es el gran efecto negativo de las variables climáticas, que redujeron el crecimiento de la PTF en 0,56 puntos porcentuales (p.p.) por año. Estos efectos fueron más del doble en el bioma de la Caatinga, reflejando la influencia combinada de las tres variables de temperatura, junto con la precipitación, cuyo efecto es cercano a cero. El impacto surge de la interacción entre los coeficientes de regresión (que se vuelven cada vez más negativos a medida que se pasa a intervalos más altos de GDD) y los cambios observados en estas variables entre 1985 y 2017. La proporción de GDD entre 28 °C y 32 °C aumentó del 13% al 17% durante el período, y la proporción por encima de 32 °C se duplicó del 4% al 8%. A medida que Brasil continúa calentándose, es probable que el impacto negativo sobre el crecimiento de la PTF se intensifique, lo que supone un desafío creciente para la producción y la productividad agrícola.

**b. Cambio tecnológico e inversiones públicas en investigación y educación.** El cambio tecnológico explica la mayor parte del crecimiento de la PTF, y el modelo capta este efecto de tres maneras —dos de ellas con importantes implicancias de política. En primer lugar, las inversiones públicas en I+D agrícola son el mayor contribuyente, al aportar 0,67 p.p. de crecimiento de la PTF por año. Esto refleja esfuerzos sostenidos del sector público durante décadas para desarrollar y adaptar nuevas tecnologías. En segundo lugar, los cambios en el capital humano de los productores —impulsados por la educación pública— contribuyeron con 0,27 p.p. adicionales por año. La educación de los productores acelera la adopción de tecnología y mejora su uso eficiente. Finalmente, una tendencia temporal captura el progreso tecnológico residual, sumando 0,56 p.p. anuales. Este componente refleja factores no observados como la I+D del sector privado, la mejora de semillas, forrajes, pasturas y la calidad de los insumos.

**c. Otros factores.** El aumento de la escala de producción tuvo un efecto positivo moderado, mientras que los cambios en la eficiencia técnica prácticamente no tuvieron efecto, probablemente debido a dificultades para medir la ineficiencia. Un residual positivo relativamente grande, categorizado como ruido estadístico, representa componentes no explicados del crecimiento de la PTF.

## Evidencia adicional sobre divergencia: niveles de PTF y transiciones

**Matriz de transición de la PTF.** Para evaluar la movilidad y la persistencia en los niveles de PTF, clasificamos los municipios según su PTF en 1985 y 2017, dividimos cada distribución anual en quintiles y construimos una matriz de transición. Más de la mitad (56%) de los municipios del quintil inferior en 1985 permanecieron allí en 2017, y casi una cuarta parte (23%) de los del segundo quintil descendieron al primero. Como resultado, el 79% del quintil inferior en 2017 proviene de los dos quintiles inferiores de 1985. Esto refleja un alto grado de persistencia, similar a una “trampa de PTF”. En el extremo superior, el 42% de los municipios del quintil más alto en 1985 permaneció allí, y el 30% de los del cuarto quintil ascendió, de modo que el 72% del quintil superior en 2017 se origina en los dos quintiles superiores de 1985. El quintil superior también se distanció

aún más del resto: su PTF creció más rápidamente que la de los demás, lo que sugiere nuevamente dinámicas profundamente divergentes. La geografía y la especialización ayudan a explicar esta diferencia: más del 70% de los municipios que permanecieron en el quintil inferior se ubican en el bioma de la Caatinga, mientras que el 40% de aquellos que se mantuvieron en el quintil superior se especializan en cultivos anuales como soya y maíz. Esta proporción es más que el doble del promedio nacional.

### Tamaño de la finca y productividad de la tierra y del trabajo familiar

Concluimos con evidencia sobre el tamaño de las fincas y medidas parciales de productividad. En el bioma del Cerrado, donde el crecimiento de la PTF fue más rápido, el tamaño promedio de las fincas es más que el doble del promedio nacional, y muchas fincas son muy grandes. Alrededor de dos tercios de la superficie se encuentran en fincas de más de 500 hectáreas, y en el Centro-Oeste (que se superpone en gran medida con el bioma del Cerrado), más de la mitad se ubica en fincas de más de 2.500 hectáreas. La productividad de la tierra y del trabajo familiar —medida con el índice de cantidad de producto— creció aproximadamente un 40% más rápido en el Cerrado que el promedio nacional. En contraste, el bioma de la Caatinga, donde la pobreza es elevada, presenta un tamaño promedio de finca cercano a un tercio del promedio nacional. Más de la mitad (55%) de las fincas tienen menos de 5 hectáreas y otro 23% entre 5 y 20 hectáreas. La productividad de la tierra equivale solo al 40% del promedio nacional, y la productividad del trabajo familiar es apenas del 15%. A pesar de partir de una base tan baja, el crecimiento de ambas medidas fue muy inferior al promedio nacional. Por último, en la porción del bioma del Bosque Atlántico ubicada en el sur de Brasil, donde las fincas familiares son frecuentes y exitosas, la productividad de la tierra y del trabajo familiar es aproximadamente el doble del promedio nacional y creció ligeramente por encima de este. El tamaño promedio de finca es alrededor de la mitad del promedio nacional en esta parte del bioma, pero solo una cuarta parte de las fincas tiene menos de 5 hectáreas, mientras que el 44% se sitúa entre 5 y 20 hectáreas, un marcado contraste con la Caatinga.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

A partir del análisis presentado en este capítulo, se desprenden varias recomendaciones de política importantes:

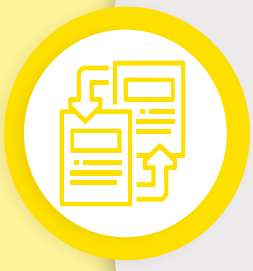
### I. Abordar los desafíos del cambio climático

El calentamiento global representa una amenaza importante para la agricultura brasileña. Nuestras estimaciones muestran que el aumento de las temperaturas redujo el crecimiento de la PTF en más de 0,5 p.p. por año en estas tres décadas. La política pública y la innovación y adaptación del sector privado deben enfrentar estos desafíos, que incluyen eventos extremos como las sequías. Entre las estrategias se encuentran la inversión en semillas resistentes al calor y a la sequía, el uso más amplio y eficiente del riego y el apoyo de política a la evolución de la geografía de la producción en respuesta al cambio climático.

## II. Sostener y mejorar la I+D agrícola y la educación

Las inversiones públicas en I+D y educación fueron motores cruciales del crecimiento de la PTF en este período, pero los logros pasados no garantizan el éxito futuro. La contribución de la I+D se redujo en la última década, y es poco probable que la expansión de la educación pública pueda repetirse en la misma escala. Al mismo tiempo, continúan los debates dentro (y fuera) de Embrapa sobre cómo seguir siendo relevante e influyente en un contexto de creciente I+D en el sector privado. El crecimiento de la productividad depende de la generación continua de nuevos conocimientos y tecnologías y de su adopción por parte de los productores. Embrapa desempeña un papel central en el ecosistema de investigación brasileño al coordinar esfuerzos de investigación a nivel federal, estatal y universitario, así como mediante alianzas con el sector privado. Garantizar presupuestos adecuados, investigadores altamente capacitados e iniciativas estratégicas es esencial para ello. Los programas de capacitación focalizados para productores podrían reforzar aún más la adopción y el uso eficiente de las tecnologías. El crédito y la asistencia técnica, aunque no son el foco principal de este estudio, también desempeñan un papel importante.

## III. Orientar las políticas para abordar resultados divergentes entre biomas, especialización productiva, escala de producción y tamaño de las fincas



Una producción concentrada y a gran escala impulsa la seguridad alimentaria, los ingresos y las exportaciones, y debe ser apoyada. Brasil tiene un entorno de política relativamente neutral, habiéndose alejado de la discriminación contra el sector agrícola desde finales de la década de 1980. Sin embargo, los servicios de apoyo general siguen siendo reducidos en relación con el tamaño del sector (OCDE, 2023), y la infraestructura es precaria. Este es un ámbito en el que la política podría mejorar. A su vez, concentrar aún más la producción en una pequeña proporción de municipios implica un aumento de las desigualdades territoriales, con consecuencias para el empleo y la pobreza. El uso de trabajo familiar se redujo en un 30% durante este período, y las generaciones jóvenes abandonan cada vez más la agricultura y las zonas rurales. La edad promedio de los productores ha aumentado y muchos agricultores familiares tienen dificultades para encontrar un hijo que quiera hacerse cargo de la finca. Las políticas deben mejorar el acceso y la calidad de la educación para los hijos de los agricultores, ya que esto beneficia tanto la productividad y el ingreso de quienes permanecen en la actividad como la probabilidad de alcanzar una adultez libre de pobreza para quienes migran.

## IV. Priorizar un enfoque multifacético para el bioma de la Caatinga

Este bioma del nordeste de Brasil concentra muchos de los desafíos más agudos mencionados en este capítulo: fincas pequeñas, altos niveles de pobreza, baja producción y un crecimiento negativo generalizado de la PTF. Los impactos climáticos fueron más severos aquí, con una PTF negativa tanto en la primera como en la última década. Las políticas para este bioma requieren una estrategia de "todo lo anterior", que incluya inversiones en infraestructura (especialmente riego), el desarrollo de variedades de cultivos resistentes al calor y a la sequía, y seguros agrícolas y redes de protección social para mitigar los efectos de los choques. Mejorar el acceso a una educación de calidad también es fundamental, tanto para quienes permanecen en la actividad agrícola como para los jóvenes que buscan oportunidades en otros sectores o lugares.

# CAPÍTULO 6. **ECUADOR**

**Autores: Michee Lachaud, Boris Bravo-Ureta**

## RESUMEN

Este capítulo examina el desempeño de la productividad total de los factores (PTF) en el sector agrícola del Ecuador durante la última década e identifica sus principales determinantes. Los resultados de este análisis son esenciales para fortalecer el desempeño del sector agrícola, reducir la pobreza, mejorar la seguridad alimentaria y enfrentar los efectos de la variabilidad climática. En un contexto de aumento de los costos de los insumos y de creciente incertidumbre asociada a eventos climáticos extremos, comprender las variables que impulsan el crecimiento agrícola resulta fundamental para la formulación de políticas informadas.

El análisis recopila datos de fuentes oficiales de las 23 provincias del país entre 2014 y 2023, combinando información sobre la producción agrícola con datos climáticos. Se utilizó un enfoque de frontera de producción estocástica para capturar las diferencias entre provincias y regiones, lo que permitió cuantificar la contribución al crecimiento del progreso tecnológico, las mejoras en la gestión y los factores ambientales. Los resultados muestran que la productividad agrícola en Ecuador creció en promedio un 4,5% anual, impulsada principalmente por el avance tecnológico. No obstante, los hallazgos indican que los productores agrícolas no están utilizando de manera eficiente las tecnologías disponibles, dado que el desempeño gerencial ha disminuido con el tiempo. Las disparidades regionales son significativas: la región Costa registró los mayores incrementos en productividad, mientras que la región Sierra quedó rezagada, posiblemente debido a los desafíos que imponen sus condiciones climáticas.

Para mejorar los resultados en materia de productividad, los hallazgos destacan la importancia de fortalecer el desempeño gerencial, lo que a su vez implica un énfasis en la formación de capital humano mediante capacitación, educación y asisten-

cia técnica a los agricultores. Los resultados muestran que el progreso tecnológico ha desempeñado un papel fundamental en el crecimiento de la productividad. Sin embargo, dicho crecimiento varía de manera considerable entre provincias y regiones.

Este desempeño heterogéneo entre regiones evidencia la necesidad de promover esfuerzos focalizados en investigación y desarrollo, que suministren a los agricultores las herramientas que se adecúen a sus condiciones climáticas y geográficas específicas. Asimismo, es fundamental ampliar la educación agrícola y la capacitación en prácticas climáticamente inteligentes, desarrollar programas de extensión con una perspectiva de género y fortalecer los sistemas de monitoreo de la productividad a nivel provincial.

## I. INTRODUCCIÓN

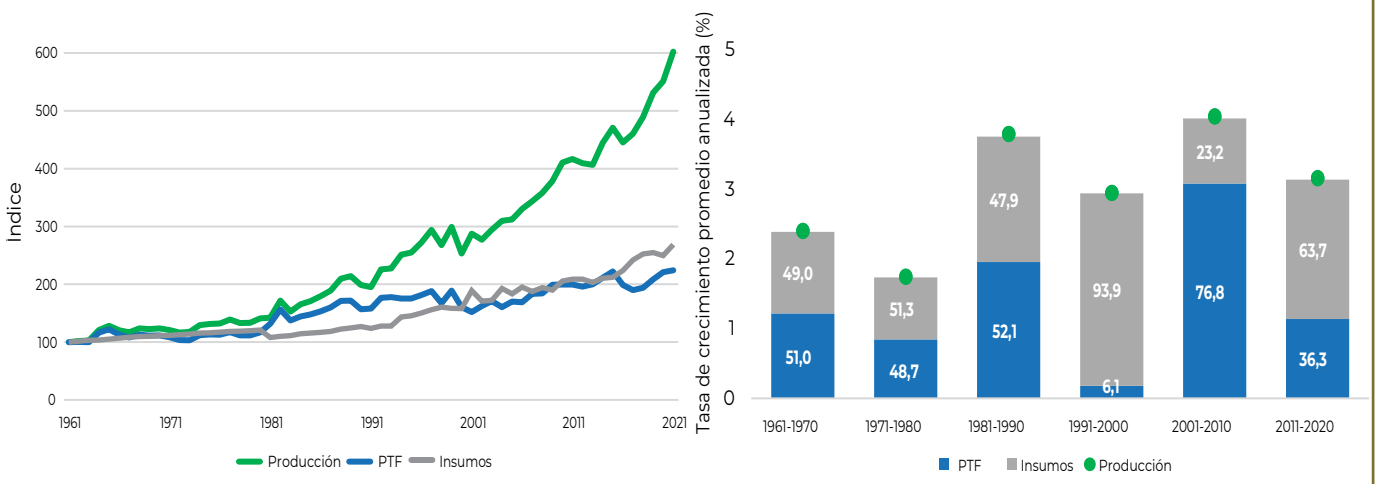
El sector agrícola del Ecuador desempeña un papel fundamental en la economía nacional, ya que representa el 7,7% del PIB (INEC, 2024). Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en 2023 empleó al 29,8% de la fuerza laboral total (2,6 millones de personas). En materia de comercio internacional, el país incrementó el valor de sus exportaciones agrícolas en un 41% durante los últimos 10 años, en comparación con un aumento del 44% en América del Sur (FAO, 2024). El sector agrícola aporta el 27% del total de exportaciones del país (INEC, 2024).

Su creciente integración en los mercados internacionales, junto con la presencia de inversión extranjera en las cadenas de valor agroindustriales, ofrece oportunidades para fortalecer la productividad mediante la adopción de tecnología, el cumplimiento de estándares de exportación y la mejora de las prácticas organizacionales.

En 2024, Ecuador contaba con 4,8 millones de hectáreas destinadas a la producción agrícola (INEC, 2025). Coexisten dos modelos productivos claramente diferenciados. Según FAO (2024), la agricultura comercial, que representa el 15% de las unidades de producción agropecuaria (UPA), controla el 80% de la tierra agrícola y se orienta principalmente a la exportación, dependiendo en gran medida de agroquímicos y de insumos energéticos. En contraste, la agricultura familiar constituye el 85% de las UPA, utiliza el 20% de la tierra agrícola y se centra en la producción de subsistencia y en la satisfacción de necesidades básicas.

Como se muestra en la **Figura 1**, la producción agrícola en Ecuador se expandió de manera significativa a nivel agregado durante la última década. Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo basado en datos del USDA-ERS (Salazar et al., 2025), la producción agrícola creció a una tasa promedio anual del 3,15% entre 2011 y 2020. Esta expansión estuvo impulsada principalmente por un mayor uso de insumos, mientras que la productividad total de los factores (PTF) se estancó, creciendo apenas el 1,14%, una disminución notable en comparación con el crecimiento de 3,08% registrado entre 2001 y 2010. En el largo plazo, la producción agrícola del Ecuador se multiplicó por seis entre 1961 y 2021, con un crecimiento promedio anual del 3%. Este crecimiento fue impulsado principalmente por la acumulación de insumos (1,7%) y, en menor medida, por el crecimiento de la PTF (1,4%). Las mayores ganancias de productividad ocurrieron en la década de 1980 y a inicios de la década de 2000, mientras que el período más reciente refleja un giro hacia un crecimiento impulsado por insumos.

**Figura 1. Evolución de la TFP, la producción y el uso de insumos en Ecuador, 1961–2020**




Fuente: Salazar et al. (2025).

La productividad agrícola es fundamental para la seguridad alimentaria: influye en la disponibilidad de alimentos tanto a nivel nacional como local, en el acceso de los hogares mediante mayores ingresos rurales y en la estabilidad del suministro alimentario. En los últimos años, Ecuador ha experimentado un incremento de la inseguridad alimentaria. En 2022, el 36,9% de la población (6,6 millones de personas) enfrentó inseguridad alimentaria, frente al 20% registrado en 2015 (FAO, 2024). Además, se estima que el 25,9% de la población (aproximadamente 4,6 millones de personas) no puede costear una dieta saludable (FAO, 2024).

Diversos factores subrayan la importancia de analizar el crecimiento de la productividad agrícola en Ecuador. En primer lugar, tras varios años de buen desempeño, el sector agrícola del país ha perdido dinamismo, lo que ha generado graves desafíos en las zonas rurales, incluidos el aumento de la pobreza, el desempleo y una elevada vulnerabilidad a los choques climáticos (Toledo et al., 2023; Yerovi et al., 2018). En segundo lugar, la amplia variedad de microclimas y paisajes del Ecuador alberga entornos marinos y terrestres sumamente ricos (World Bank Group, 2021). No obstante, la superposición de zonas de alta biodiversidad con áreas densamente pobladas y con buenas condiciones agrícolas ha generado tensiones crecientes entre comunidades y distintos grupos de interés. Quintana et al. (2019) sostienen que promover la productividad agrícola es fundamental para equilibrar la actividad agrícola con la conservación y prevenir conflictos sociales. En tercer lugar, durante la última década, el 63% del crecimiento de la producción agrícola ha sido impulsado por un mayor uso de insumos, lo que podría generar efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud pública. En cuarto lugar, un sector agrícola dinámico podría reducir la dependencia del país respecto de los ingresos provenientes de las exportaciones de petróleo, lo cual sería crucial para avanzar en la descarbonización y, al mismo tiempo, disminuir las presiones sobre la deforestación (González Amador et al., 2024). Finalmente, el crecimiento de la PTF es esencial para satisfacer la creciente demanda de alimentos derivada del aumento de la población, el cambio en las preferencias de consumo hacia dietas más complejas y el incremento de los ingresos. Por todas

estas razones, comprender adecuadamente los factores que impulsan la productividad agrícola en Ecuador resulta indispensable.

Tomando en cuenta estos desafíos, el objetivo principal de este capítulo es analizar las tendencias recientes del crecimiento de la PTF, y evaluar sus determinantes en relación con los principales cultivos anuales del Ecuador. Cuantificar la evolución de los componentes clave de la productividad es fundamental para diseñar estrategias eficaces de desarrollo rural y seguridad alimentaria. En particular, este estudio aborda las siguientes cinco preguntas de investigación:

I. ¿Cuál es la tasa de crecimiento de la PTF para los cultivos anuales en Ecuador?

II. ¿Cuál es la importancia relativa de los distintos componentes que impulsan el crecimiento de la PTF?

III. ¿Cuál es la relación entre los principales factores socioeconómicos y los niveles de productividad?

IV. ¿Qué implicaciones de política pueden derivarse de este análisis?

V. ¿Qué temas clave deben ser abordados por futuras investigaciones sobre productividad agrícola en Ecuador que complementen este estudio?

Responder estas preguntas permitirá identificar los factores que impulsan el crecimiento de la productividad y aportará evidencia para los responsables de política que buscan diseñar intervenciones concretas orientadas a mejorar la eficiencia, la productividad y la resiliencia del sector agrícola en Ecuador.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

Este análisis emplea un panel balanceado compuesto por 230 observaciones correspondientes a 23 provincias del Ecuador entre 2013 y 2023. El conjunto de datos integra información agrícola de insumos y productos, así como datos socioeconómicos provenientes de Encuesta de Superficie Agrícola y Producción Agropecuaria (ESPAC) del INEC (2023), junto con datos climáticos de la *Climatic Research Unit* de la Universidad de East Anglia (series CRU TS, versiones 4.08 y 4.09).

Las características socioeconómicas de los productores agrícolas presentadas en la **Tabla 2** provienen directamente de la ESPAC. Para cuantificar la producción, se construyó el índice de cantidad de producción Geométrico de Young (GY), siguiendo la metodología propuesta por O'Donnell (2012, 2018). Este índice integra información de 23 cultivos anuales de relevancia económica en el país.[1] El valor de producción de cada cultivo se estimó multiplicando el volumen producido (en miles de toneladas) por el precio promedio nacional recibido por los productores. El índice GY emplea ponderaciones basadas en los ingresos y utiliza el período 2015–2017 como base, conforme a las recomendaciones de Norton (1988).[2]

[1] La producción agregada incluye los siguientes cultivos anuales: cebada, haba (tierna, sin desgranar), brócoli, yuca amarga, yuca (variedad Bolona Blanca), maíz seco, maíz tierno, cebolla blanca, cebada perlada (seca y limpia), papa (variedad China), papa (variedad Superchola), quinua, fréjol rojo seco, fréjol rojo (sin desgranar), cebolla roja (seca y limpia), arroz pilado, arroz en cáscara, soya, frutilla, tomate bajo invernadero, tomate de campo abierto, trigo y fréjol amarillo seco.

[2] Las participaciones en los ingresos se calculan de la siguiente manera: $S_{it} = \frac{1}{2}\left[\frac{P_{i0}Y_{i0}}{\sum_i P_{i0}Y_{i0}} + \frac{P_{it}Y_{it}}{\sum_i P_{it}Y_{it}}\right]$. El índice de cantidad Geométrico de Young se calcula de la siguiente manera: $Y_t^{GY} = e\left(\sum_i S_i \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_{i0}}\right)\right)$

### Tabla 1. Datos y fuentes

| Datos | Descripción | Fuente |
|---|---|---|
| Producción agrícola, insumos y variables socioeconómicas a nivel provincial | Datos de los hogares agrícolas sobre tierra, mano de obra, fertilizantes, valor de la producción, género, educación y edad (2014–2023) | 2014–2023 Encuesta de Superficie Agrícola y Producción Agropecuaria (INEC) |
| Variables de temperatura y precipitación | Datos diarios de temperatura y precipitación en *grids* de alta resolución (1901–2023) | Datos meteorológicos en *grids* que cubren las áreas terrestres del planeta para el período 1901–2023, Climatic Research Unit, Universidad de East Anglia |

Fuente: Elaboración propia.

### Tabla 2. Variables socioeconómicas

| Variables | Descripción |
|---|---|
| Educación[3] | Número de productores agrícolas que alcanzaron niveles educativos bajos, medios o altos. |
| Edad | Indicador de experiencia, medido como la edad promedio de los productores agrícolas. |
| Género | Número de productores agrícolas hombres y mujeres. |

Fuente: Elaboración propia.

La metodología aplicada es un modelo de frontera de producción estocástica con verdaderos parámetros aleatorios (TRP-SPF), el cual permite que los parámetros estimados varíen aleatoriamente, capturando al mismo tiempo la heterogeneidad no observada tanto invariante en el tiempo como variable en el tiempo a nivel provincial (Tsionas, 2002; Greene, 2005, 2008; Lachaud et al., 2022). Este enfoque metodológico permite que los parámetros de producción estimados difieran entre provincias (Lachaud et al., 2017; Njuki et al., 2019; Lachaud & Bravo-Ureta, 2021) y separa la eficiencia técnica de la heterogeneidad no observada invariante en el tiempo.[4]

La PTF se calcula dividiendo el índice de producción entre un índice de insumos, construido a partir de los resultados del modelo de frontera de producción. Posteriormente, la PTF se descompone en distintos componentes: mejoras en el desempeño gerencial, avances tecnológicos y variaciones en las condiciones climáticas.

[3] Nivel educativo bajo incluye los niveles sin educación, básica y primaria. El nivel educativo medio corresponde a los niveles secundario y bachillerato. El nivel educativo alto abarca los niveles universitario y de posgrado.
[4] Si bien el modelo incorpora las diferencias tecnológicas entre provincias mediante pendientes aleatorias, su parámetro de invariancia temporal puede presentar limitaciones en períodos con cambios estructurales en la tecnología o en las elasticidades de los insumos (Lachaud, 2025).

Esta descomposición permite identificar los factores que impulsan el crecimiento de la productividad, conforme a Lachaud et al. (2017) y O'Donnell (2018). Finalmente, se emplea un método no paramétrico —el coeficiente de correlación por rangos de Spearman ($\rho$)— para examinar asociaciones monótonas entre la PTF y características clave de los productores agrícolas.[5]

### Modelo de frontera de producción estocástica

El estudio emplea un enfoque de frontera estocástica de producción (SPF, por sus siglas en inglés) con datos de panel, un ámbito dentro del campo de la economía de la producción que ha experimentado importantes avances metodológicos y diversas aplicaciones, incluido el análisis de políticas en el sector agrícola (Lovell, 1995; Fried et al., 2008; O'Donnell, 2018).

En particular, el modelo Cobb-Douglas TRP-SPF se expresa de la siguiente manera:

$$ln\, y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{K} \beta_{ki} ln x_{kit} + \sum_{j=1}^{J} \eta_{ij} z_{jit} + \gamma_i T + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

donde $y_{it}$ es el valor de la producción agregada; $x_{kit}$ es un vector de insumos agrícolas (tierra, trabajo, y fertilizantes); $z_{jit}$ es un vector de variables climáticas; $T$ es una tendencia temporal que captura el progreso tecnológico; $u_{it}$ es una medida de ineficiencia técnica orientada al producto, la cual proporciona una medida del desempeño gerencial;[6] $v_{it}$ es un término de ruido estadístico; y $\alpha_i$ captura la heterogeneidad provincial invariante en el tiempo. Este modelo incorpora la heterogeneidad no observada en los insumos y las diferencias tecnológicas entre provincias. La **Tabla 3** describe las principales variables de interés incluidas en el análisis empírico.

Tabla 3. Principales variables incluidas en el modelo de parámetros aleatorios[7]

| Variables de interés | Descripción |
|---|---|
| Índice de producción | Agregado para los cultivos anuales |
| Tierra | Superficie total cosechada destinada a cultivos anuales |
| Fertilizante | Total de fertilizante aplicado a los cultivos anuales |
| Trabajo | Número de trabajadores contratados y familiares involucrados en la producción de cultivos anuales. La variable de mano de obra se deriva como una proporción de la participación de la superficie total utilizada para estos cultivos |
| Anomalías climáticas | Desviaciones respecto del promedio de largo plazo (1902–2023) de las variables climáticas (por ejemplo, temperatura y precipitación) |

Fuente: Elaboración propia.

## III. RESULTADOS

La **Tabla 4** presenta las elasticidades promedio de los insumos convencionales y muestra que la producción agrícola es más sensible a las variaciones en el uso de la tierra. El progreso tecnológico, aproximado mediante una tendencia temporal, resulta estadísticamente significativo, lo que sugiere un aumento promedio anual de 7,7% en la producción entre 2014 y 2023, una cifra relativamente elevada. Las anomalías climáticas no presentan un efecto estadísticamente signi-

[5] Este enfoque es robusto frente a la no normalidad, la heterocedasticidad, las escalas ordinales y la presencia de valores atípicos (Hollander, Wolfe y Chicken, 2013).
[6] En este estudio, el desempeño gerencial puede interpretarse como el componente de eficiencia técnica (TE). Según O'Donnell (2018), las medidas de eficiencia orientadas al producto son indicadores pertinentes del desempeño gerencial en situaciones donde los administradores asignan valores no negativos a los productos y los insumos han sido predeterminados.
[7] El capital no se incluye en el análisis debido a la falta de datos a nivel provincial. En consecuencia, los resultados deben interpretarse con cautela.

ficativo sobre la producción. No obstante, temperaturas más altas se asocian con una disminución de la producción agrícola, mientras que la precipitación podría ejercer una influencia negativa.[8] El análisis no identifica efectos fijos regionales estadísticamente significativos.

### Tabla 4. Estimaciones de los modelos de SPF (2014–2023)

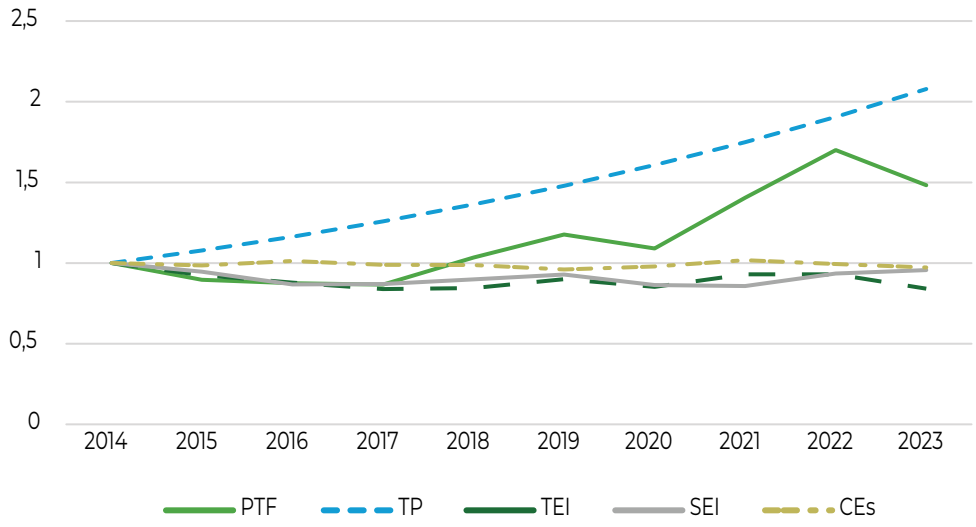
| Variable | Coeficientes |
|---|---|
| Constante | 2,256*** (0,485) |
| Tierra | 0,490*** (0,126) |
| Fertilizantes | 0,035 (0,059) |
| Trabajo | 0,104** (0,042) |
| Tiempo | 0,077*** (0,028) |
| Anomalías en temperaturas | 0,311 (0,330) |
| Temperatura | -0,099*** (0,021) |
| Temperatura al cuadrado | -0,049*** (0,007) |
| Anomalías en precipitación | 0,001 (0,005) |
| Precipitación | -0,005*** (0,002) |
| Precipitación al cuadrado | 0,000 (0,000) |
| Región Costa# | 0,013 (0,278) |
| Región Sierra | -0,180 (0,309) |
| $\lambda$ | 2,306*** (0,392) |
| $\sigma$ | 1,670*** -0,105 |
| $\sigma_u$ | 1,532 |
| $\sigma_v$ | 0,664 |
| **Estimaciones de Eficiencia Técnica** | |
| Media | 0,359 |
| Desviación Estándar | 0,171 |
| Min | 0,017 |
| Max | 0,861 |
| Log-likelihood | -419,7 |
| **Observaciones** | **230** |

Notas: Cálculos de los autores. La variable dependiente es la producción agrícola.
***, **, * son los niveles de significancia al 1%, 5%, and 10%, respectivamente. Errores estándar en paréntesis.
Las variables están expresadas en logaritmos naturales. # Amazonía es la categoría excluída.

[8] Considerando los signos de los términos lineal y cuadrático de la precipitación, el punto de inflexión estimado es de aproximadamente 809 mm por año, mientras que el promedio anual máximo a nivel provincial en la muestra es de 429 mm. Por lo tanto, dentro del rango observado, el efecto práctico de la precipitación es negativo.

**La Figura 2** muestra la dinámica de la producción agrícola y de los componentes de la PTF. La evolución cronológica del crecimiento de la PTF revela una marcada divergencia entre sus impulsores. El progreso tecnológico presenta un crecimiento sostenido y considerable, lo que sugiere que los avances en tecnología o en los métodos de producción han sido la principal fuente de las ganancias de productividad. En contraste, tanto el índice de eficiencia técnica (TEI) como el índice de eficiencia de escala (SEI) se mantienen relativamente estables y muestran variaciones mínimas respecto de la línea base (2014), lo que indica escasos avances en la eficiencia del uso de los recursos o en la optimización de la escala productiva. Como resultado, las ganancias de productividad derivadas del progreso tecnológico no se han traducido plenamente en un aumento efectivo de la PTF. El índice de PTF exhibe un patrón más irregular: tras incrementos moderados en los primeros años, se acelera de manera significativa a partir de 2019, alcanza su punto máximo alrededor de 2022 y luego presenta una ligera disminución.

FIGURA 2. PRINCIPALES DETERMINANTES DEL CRECIMIENTO DE LA PTF (2014–2023)




Fuente: Cálculos de los autores usando datos de INEC.

Los efectos climáticos (CEs) se mantienen relativamente estables a lo largo del período, situándose en torno a la línea de base con fluctuaciones leves. Esta estabilidad indica que los efectos climáticos no han actuado como un impulsor persistente de los cambios en la productividad agregada. No obstante, las variaciones anuales siguen siendo relevantes a nivel provincial y regional, como se analiza más adelante.

La **Tabla 5** presenta los determinantes del crecimiento de la PTF para cada una de las 23 provincias. A nivel nacional, la descomposición de la productividad revela que la PTF creció a una tasa promedio anual de 4,53% entre 2014 y 2023. Las provincias con las mayores tasas de crecimiento de la PTF fueron Esmeraldas (13,9%) y El Oro (9,2%), mientras que Cañar, Morona Santiago y Orellana registraron crecimientos negativos. El puntaje promedio de eficiencia técnica es relativamente bajo (0,359), lo que indica que mejoras en la capacidad de gestión de los agricultores podrían incrementar significativamente la productividad. De hecho, la eficiencia técnica se ha deteriorado a una tasa de 1,76% anual, con niveles persistentemente bajos en todas las provincias y regiones.

Los resultados muestran que el progreso tecnológico ha sido el principal motor del crecimiento de la PTF en el sector agrícola ecuatoriano, lo que concuerda con estudios previos a nivel macroeconómico en la región (Lachaud et al., 2017; Lachaud y Bravo-Ureta, 2022; Lachaud, 2025). En contraste, la eficiencia de escala ha disminuido en 0,139% anual, lo que podría reflejar una reducción de la productividad relativa entre las explotaciones de mayor tamaño. Asimismo, los efectos climáticos han afectado negativamente el crecimiento de la PTF en un 0,18%, lo que resalta el potencial de las intervenciones agrícolas orientadas a fortalecer la resiliencia y la adaptación climática para mejorar el desempeño del sector.

Tabla 5. Tasa de crecimiento promedio anual de la PTF, sus componentes (%) y la eficiencia técnica en Ecuador, según el modelo TRP-SPF (2014–2023)

| Provincia | PTF | TP | SEC | CEs | TEC | SN | TE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Azuay | 5,202 | 6,819 | 0,252 | 0,044 | -1,805 | -0,108 | 0,317 |
| Bolivar | 6,819 | 11,094 | -0,460 | -0,285 | -3,129 | -0,402 | 0,298 |
| Cañar | -13,180 | -10,059 | 0,751 | -0,302 | -3,900 | 0,329 | 0,319 |
| Carchi | 5,851 | 8,223 | -0,796 | 0,049 | -1,455 | -0,170 | 0,371 |
| Chimborazo | 5,669 | 6,388 | -0,101 | 0,281 | -0,853 | -0,045 | 0,359 |
| Cotopaxi | 0,134 | 4,311 | 0,114 | -0,189 | -3,933 | -0,170 | 0,349 |
| Imbabura | 6,408 | 8,877 | -0,033 | 1,184 | -3,380 | -0,241 | 0,346 |
| Loja | 8,904 | 11,214 | 0,184 | -0,167 | -2,094 | -0,234 | 0,273 |
| Pichincha | -2,331 | 5,112 | -0,413 | -3,894 | -2,915 | -0,221 | 0,362 |
| Santo Domingo de los Tsachilas | 12,442 | 12,089 | 0,512 | 0,085 | -0,280 | 0,037 | 0,263 |
| Tungurahua | 10,790 | 9,309 | 0,016 | 0,113 | 1,224 | 0,128 | 0,339 |
| Guayas | 1,975 | 4,735 | -0,001 | 0,706 | -3,317 | -0,148 | 0,381 |
| El Oro | 9,163 | 9,545 | -0,740 | -0,605 | 1,006 | -0,042 | 0,366 |
| Esmeraldas | 13,915 | 11,535 | -0,466 | -0,296 | 2,916 | 0,225 | 0,346 |
| Los Rios | 8,562 | 9,093 | 0,446 | -0,084 | -0,845 | -0,048 | 0,381 |
| Manabi | 4,353 | 7,205 | -0,815 | -0,751 | -1,117 | -0,168 | 0,381 |
| Santa Elena | 6,433 | 8,418 | -1,232 | 0,080 | -0,685 | -0,147 | 0,372 |
| Morona Santiago | -3,819 | -0,798 | 1,004 | 0,099 | -4,104 | -0,020 | 0,350 |
| Napo | 5,328 | 8,184 | -0,444 | -0,146 | -2,063 | -0,203 | 0,374 |
| Orellana | -3,391 | 5,311 | -4,946 | 0,067 | -3,555 | -0,269 | 0,372 |
| Pastaza | 8,289 | 9,388 | 1,389 | -0,390 | -1,979 | -0,119 | 0,363 |
| Sucumbíos | 1,477 | 2,959 | 1,892 | -0,181 | -3,093 | -0,099 | 0,357 |
| Zamora Chinchipe | 5,190 | 5,150 | 0,703 | 0,430 | -1,085 | -0,007 | 0,353 |
| **Ecuador (promedio)** | **4,530** | **6,700** | **-0,139** | **-0,181** | **-1,758** | **-0,093** | **0,348** |

Notas: Cálculos de los autores usando datos de INEC. PTF = productividad total de los factores; TP = progreso tecnológico; CE = efectos climáticos; SEC = cambio en la eficiencia de escala; TEC = cambios en la eficiencia técnica; SN = ruido estadístico; TE = eficiencia técnica promedio.

La **Tabla 6** presenta el crecimiento de la PTF y su descomposición por región. Los resultados evidencian disparidades considerables entre las tres regiones agrícolas del Ecuador. La región Costa muestra las mayores tasas anuales de crecimiento de la PTF (7,4%) y de progreso tecnológico (8,4%). Le sigue la región Sierra, con un crecimiento anual de la PTF del 4,24% y un progreso tecnológico del 6,67%. La región Amazonía registra los valores más bajos, con un crecimiento de la PTF del 2,18% y un progreso tecnológico del 5%. La eficiencia técnica disminuyó en todas las regiones durante los últimos diez años, particularmente en la Sierra (-2%) y en la Amazonía (-2,6%). Finalmente, los efectos climáticos fueron adversos en todas las regiones, siendo la Sierra la más afectada.

TABLA 6. TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA PTF, SUS COMPONENTES (%), POR REGIÓN (2014–2023)

| Región | TFP | TP | SEC | CEs | TEC | SN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sierra | 4,24 | 6,67 | 0,000 | -0,8 | -2,05 | -0,10 |
| Costa | 7,40 | 8,42 | -0,47 | -0,16 | -0,34 | -0,05 |
| Amazonía | 2,18 | 5,03 | -0,07 | -0,02 | -2,65 | -0,12 |

Fuente: Cálculos de los autores usando datos de INEC.

Finalmente, se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas para examinar si las características sociodemográficas de los administradores agrícolas se correlacionan con los niveles de productividad (**Tabla 7**).

El análisis muestra que las provincias con una mayor proporción de productores agrícolas hombres presentan niveles más bajos de productividad agrícola (**Tabla 7**). Este hallazgo es coherente con evidencia más amplia que indica que la gestión agrícola predominantemente masculina suele asociarse con menores niveles de productividad.

No se observa una relación clara entre la edad promedio de los administradores y los niveles de productividad, posiblemente porque las diferencias etarias entre provincias son reducidas y podrían quedar ocultas por la agregación a nivel provincial. Es importante destacar que la productividad es menor en las zonas donde los productores agrícolas tienen menores niveles de escolaridad, aunque esta correlación es relativamente débil ($\rho$ = −0,131).

Este resultado sugiere que la educación puede constituir una limitación para el desempeño agrícola.

### Tabla 7. Análisis no paramétrico de correlación de Spearman entre la PTF y las características sociodemográficas de los productores agrícolas

| Grupo de variables | Variable | $\rho$ de Spearman | Valor-p |
|---|---|---|---|
| Educación | Nivel educativo bajo | -0,131** | 0,047 |
| Educación | Nivel educativo medio | -0,077 | 0,244 |
| Educación | Nivel educativo alto | -0,104 | 0,12 |
| Edad | Edad promedio | -0,055 | 0,405 |
| Género | Número de productores hombres | -0,131** | 0,047 |
| Género | Número de productores mujeres | -0,095 | 0,149 |

Fuente: Cálculos de los autores usando datos de INEC.

Los principales resultados del análisis presentado anteriormente se resumen en la **Tabla 8**.

### Tabla 8. Resultados principales

| Tipo de intervención | Efectos en la productividad |
|---|---|
| Educación | Fomentar que los productores agrícolas cuenten al menos con educación secundaria y técnica podría mejorar la PTF. |
| Género | La PTF tiende a ser menor en los predios administrados por hombres en comparación con aquellos gestionados por mujeres. |
| Edad | No se encuentra una relación clara entre la PTF y la edad de los administradores agrícolas. |
| Progreso tecnológico | El progreso tecnológico, comúnmente asociado con inversiones en investigación y desarrollo (I+D), ha sido el principal impulsor del crecimiento de la PTF, con una contribución sustancial tanto a nivel nacional como regional. |
| Desempeño gerencial | A diferencia del progreso tecnológico, el desempeño gerencial se mantiene relativamente bajo. Este ha disminuido con el tiempo, lo cual evidencia el potencial del país para mejorar la producción agrícola utilizando los recursos o insumos existentes mediante inversiones en asistencia técnica, capacitación formal e informal y servicios de extensión. |
| Efectos climáticos | Los efectos climáticos han afectado negativamente el crecimiento de la PTF en todas las regiones, especialmente en la Sierra y la Costa. Fortalecer la resiliencia climática es fundamental para mejorar el desempeño del sector agrícola, particularmente en estas dos regiones. |
| Eficiencia de escala | La eficiencia de escala ha disminuido en 0,139% anual, lo que indica que las explotaciones de mayor tamaño se han vuelto relativamente menos productivas. |
| Variabilidad geográfica | El progreso agrícola varía entre las regiones del país. La región Costa ha experimentado un crecimiento sostenido, favorecido por un mejor acceso a la tecnología. En contraste, la región Sierra enfrenta menores niveles de productividad y efectos climáticos adversos. Estas diferencias muestran que un enfoque uniforme no es adecuado: las políticas efectivas deben considerar esta heterogeneidad geográfica. |

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Este análisis proporcionaría una las primeras estimaciones a nivel provincial del crecimiento de la PTF y de sus componentes asociados para los cultivos anuales en Ecuador, utilizando un modelo robusto de frontera estocástica. El análisis señala cinco recomendaciones principales de política para contribuir a impulsar el crecimiento de la PTF:

## I. Fortalecer los servicios de extensión y la asistencia técnica para mejorar las prácticas agronómicas y de gestión

La PTF creció a una tasa promedio anual del 4,5% entre 2014 y 2023, impulsada principalmente por el progreso tecnológico. Sin embargo, la eficiencia técnica disminuyó de manera pronunciada a nivel nacional y regional. Abordar este desafío requiere políticas agrícolas que prioricen la educación, la capacitación, la asistencia técnica y los servicios de extensión. En otras palabras, son esenciales los esfuerzos bien focalizados de desarrollo de capital humano orientados a fortalecer las capacidades de gestión. Se debe poner especial énfasis en llegar a los agricultores con bajos niveles de educación formal, a fin de mejorar sus habilidades gerenciales mediante programas de capacitación y asistencia técnica. Los programas de extensión deben adaptarse para abordar brechas de alfabetización, de modo que todos los agricultores puedan aprovechar al máximo las tecnologías disponibles.

## II. Apoyar a los agricultores en la adaptación al rápido cambio tecnológico mediante programas de capacitación y asistencia técnica

Los cambios tecnológicos rápidos pueden generar barreras para los agricultores que necesitan adoptar y adaptar innovaciones. A medida que las nuevas tecnologías desplazan la frontera de producción hacia arriba, muchos agricultores tienen dificultades para mantenerse al día. Esta brecha suele manifestarse en un bajo desempeño gerencial (baja eficiencia técnica). Dado que el cambio tecnológico altera las prácticas existentes, los agricultores requieren educación y capacitación oportunas y pertinentes para mantenerse al tanto de las tecnologías emergentes.

## III. Implementar programas de transferencia tecnológica adaptados a cada región, que tomen en cuenta la diversidad agroecológica, los niveles actuales de desempeño agrícola y los efectos climáticos

La descomposición regional del crecimiento de la PTF evidencia disparidades significativas. La región Costa lidera en productividad e innovación, mientras que la Amazonía y la Sierra presentan rezagos, siendo esta última particularmente vulnerable a la variabilidad climática.

## IV. Adoptar políticas sensibles al género para impulsar el crecimiento de la productividad

Las políticas orientadas a empoderar a las mujeres agricultoras podrían contribuir a aumentar aún más su productividad, especialmente en aquellas regiones donde la actividad agrícola está predominantemente gestionada por hombres.

## V. Desarrollar y fortalecer los sistemas de datos para monitorear la PTF y las tendencias de eficiencia a nivel subnacional

El fortalecimiento de los sistemas de información agrícola facilitaría el diseño de intervenciones eficaces adaptadas a contextos específicos. El monitoreo regular de la productividad podría institucionalizarse mediante el apoyo a las encuestas agrícolas del INEC y la integración de indicadores geoespaciales y climáticos. La colaboración entre el INEC, el Ministerio de Agricultura y los investigadores en economía agrícola será esencial para optimizar estos datos con fines de análisis de políticas.

# CAPÍTULO 7. **PERÚ**

**Autores: Joanna Kamiche Zegarra, Jacques Julien**

## RESUMEN

La agricultura es un pilar fundamental del desarrollo económico y social del Perú, y desempeña un papel crucial en garantizar la seguridad alimentaria y mejorar los medios de vida rurales (FAO, 2025). El sector agropecuario representa el 5,6% del PIB del Perú y emplea aproximadamente a 2,07 millones de agricultores. Sin embargo, la productividad agrícola sigue siendo una preocupación crítica en el país, donde el 88% de los agricultores pertenece a la agricultura familiar de subsistencia. Basándose en ocho rondas de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) (2015–2023), este estudio examina la productividad agrícola peruana, la eficiencia técnica, el rol del clima y las políticas públicas. Los resultados revelan un crecimiento limitado de la productividad agrícola y una volatilidad significativa entre 2015 y 2023, con variaciones anuales que van desde el –11,68% hasta el +8,17%. Esta inestabilidad se debe principalmente a fluctuaciones en la eficiencia técnica y a la influencia de las condiciones climáticas. Las estimaciones de productividad ponderadas por superficie agrícola a nivel departamental muestran que, en promedio, la productividad aumentó en los departamentos de la Amazonía durante el período de ocho años, mientras que los departamentos con mayores extensiones de tierras agrícolas experimentaron disminuciones en la productividad. Las políticas públicas orientadas a aumentar el acceso a semillas certificadas y a la asistencia técnica están asociadas con mejoras en productividad, aunque sus efectos varían. Además, las disparidades entre departamentos y tipos de explotación agrícola influyen de manera significativa en el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) del país.

## I. INTRODUCCIÓN

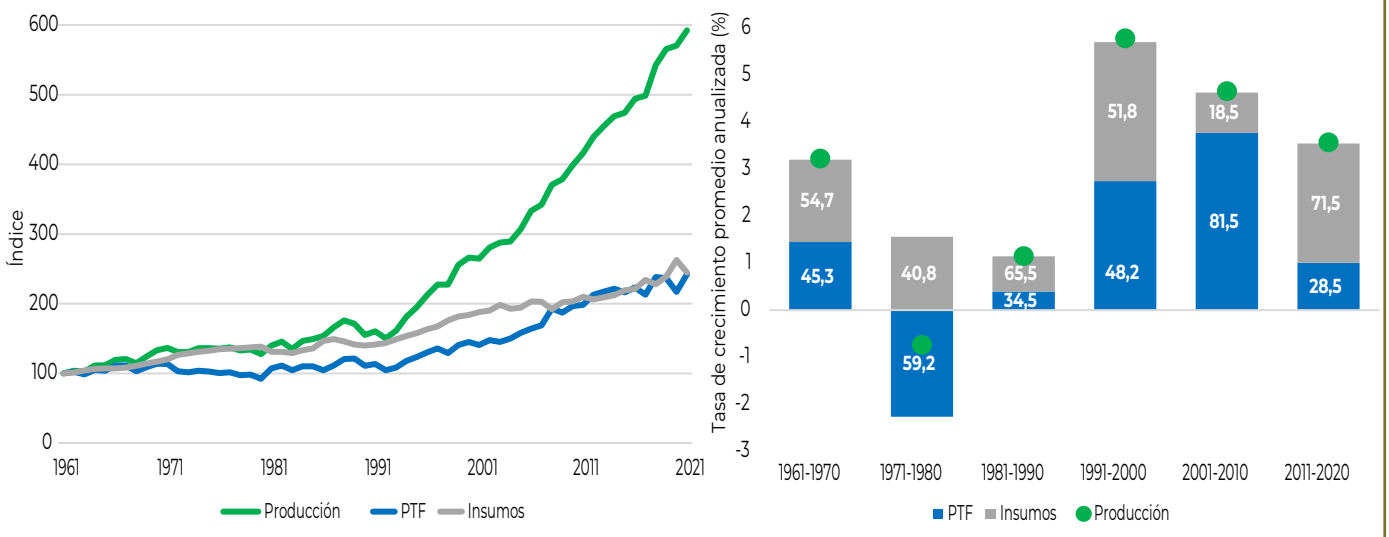
El sector agrícola peruano representa el 5,6% del PIB del país (BCRP, 2025) y emplea a más de 2,07 millones de agricultores distribuidos en 2,2 millones de unidades agropecuarias. Datos recientes muestran que el 41% de los

hogares agrícolas vive en pobreza, casi el doble de la tasa de los hogares no agrícolas, que alcanza el 22% (Zegarra, 2024, p. 13). Además, según el Censo Agropecuario de 2012, el 97% de los agricultores peruanos son pequeños productores, caracterizados por su fuerte dependencia del trabajo familiar, el acceso limitado a tierra, riego y capital (MIDAGRI, 2015), y un desempeño heterogéneo.[1] Este segmento presenta niveles particularmente bajos de productividad, lo cual, según la literatura, es resultado de ineficiencias persistentes y restricciones relacionadas con el apoyo de políticas públicas, el acceso a mercados financieros y los recursos productivos (Julien, Bravo-Ureta & Rada, 2019).

Pocos estudios han utilizado el enfoque de PTF para estimar la productividad agrícola en el Perú (World Bank Group, 2017; Galarza & Díaz, 2015; Del Pozo, 2020; y USDA, 2024). Entre ellos, solo el World Bank Group (2017) utiliza un enfoque de frontera estocástica (SFA) para calcular la PTF, mostrando que el crecimiento de la PTF en el Perú se ha más que duplicado desde 1990 en comparación con décadas anteriores (World Bank Group, 2017). Estimaciones recientes del USDA (2024) encontraron que la PTF en el Perú aumentó un 10% entre 2015 y 2022, un desempeño alentador en comparación con otros países de la región.

Un análisis reciente publicado por BID también destaca el crecimiento agrícola significativo del Perú durante los últimos 60 años (1961–2021), período en el cual la producción agrícola se multiplicó por seis (**Figura 1**) (Salazar et al., 2025). Según datos del USDA-ERS, este crecimiento fue impulsado principalmente por el mayor uso de insumos (que crecieron a una tasa promedio anual del 1,5%) junto con una tendencia positiva, aunque fluctuante, de la PTF, que también promedió un crecimiento anual de 1,5% a pesar de períodos de estancamiento o contracción. En las últimas tres décadas, los impulsores del crecimiento agrícola del Perú han variado: el uso de insumos se expandió en la década de 1990, las ganancias de productividad dominaron en los años 2000, y el uso de insumos volvió a cobrar protagonismo en la década de 2010. Entre 2010 y 2020, la producción agrícola creció a una tasa promedio anual del 3,6%, con un 71% de dicho crecimiento explicado por el uso de insumos y un 29% por ganancias en la PTF.

FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE LA PTF, LA PRODUCCIÓN Y EL USO DE INSUMOS EN EL PERÚ (1961–2021)




Fuente: Salazar et al. (2025).

[1] Dentro del grupo, el 88% pertenece a la agricultura familiar de subsistencia, el 10% se clasifica como agricultura familiar en transición y solo el 2% se categoriza como agricultura desarrollada (MIDAGRI, 2021).

No obstante, pocos estudios analizan el papel de intervenciones o políticas específicas en la productividad agrícola. Recientemente, Borrero (2025) encontró una relación inversa entre el tamaño de la parcela y la productividad en el Perú, estimando que una reducción de una hectárea en el tamaño promedio de la parcela aumenta la PTF agrícola en el 0,6%. En cuanto al riego, Del Pozo (2020) encuentra que el acceso al riego incrementa la productividad en un 17%. En contraste, existen pocos estudios sobre eficiencia técnica en la agricultura peruana. Una excepción es Schling, Sáenz Somarriba y Mattos (2024), quienes utilizan un enfoque de metafrontera[2] y estiman la eficiencia técnica nacional en torno al 20%, con los agricultores que poseen títulos formales de propiedad registrando niveles de eficiencia aproximadamente 5 puntos porcentuales más altos. De manera similar, Kámiche-Zegarra y Bravo-Ureta (2020) emplean el mismo enfoque y encuentran que los usuarios de información de mercado son entre 8 y 20 puntos porcentuales más eficientes que los no usuarios (Kámiche-Zegarra & Bravo-Ureta, 2020).

En resumen, aunque estudios previos han explorado la eficiencia técnica en la agricultura peruana, existe una falta de análisis integrales sobre su evolución en el tiempo y las marcadas disparidades entre departamentos. Comprender estas diferencias subnacionales es fundamental para un diseño de políticas informado, ya que los departamentos enfrentan desafíos distintos relacionados con productividad, asignación de recursos y adopción tecnológica. Abordar estas brechas mediante análisis específicos es esencial para desarrollar intervenciones efectivas y adaptadas regionalmente que promuevan un desarrollo agrícola inclusivo y sostenible.

Este capítulo analiza la evolución y los impulsores de la PTF en la agricultura peruana entre 2015 y 2023, centrándose en tres preguntas:

I. ¿Cómo varió la PTF agrícola a nivel nacional entre 2015 y 2023?
II. ¿Cómo evolucionaron la PTF y la eficiencia técnica de los departamentos durante este período? ¿Qué departamentos experimentaron aumentos o disminuciones?
III. ¿Cómo contribuyen las políticas públicas a la PTF y a la eficiencia técnica?

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

Para responder estas preguntas de investigación, el análisis utiliza datos microeconómicos anuales para 2015–2019 y 2021–2023 provenientes de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA).[3] Esta fuente proporciona información sobre variables como producción agrícola, insumos y características socioeconómicas de los agricultores. Se obtuvieron datos adicionales de Copernicus (2025) para variables climáticas; del Ministerio de Transportes para infraestructura vial; del portal de transparencia económica del Ministerio de Economía y Finanzas para el gasto agrícola de los gobiernos locales; y de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS) para información sobre acceso bancario a nivel distrital.

El conjunto final de datos comprende información de 181.735 agricultores en 24 departamentos del Perú (MEF, 2015–2023; SBS, 2015–2023). El valor total de la producción, expresado en soles, constituye la variable de producto. Los insumos incluyen tierra (hectáreas), trabajo familiar (miembros del hogar ponderados), y gastos en mano de obra, fertilizantes, estiércol, pesticidas, equipos y mantenimiento (en soles).[4] Indicadores binarios igual a 1 identifican el uso de semillas certificadas y el uso de riego por goteo o gravedad. Además, el conjunto de

[2] El modelo de función de producción de metafrontera es un enfoque que permite calcular medidas comparables de eficiencia técnica para unidades agrícolas que operan bajo diferentes tecnologías. También permite estimar las brechas tecnológicas de las unidades productivas en relación con la tecnología potencial disponible para el sector en su conjunto (Battese et al., 2004).
[3] La ENA no se realizó en 2020 debido al COVID-19.
[4] Todos los gastos fueron deflactados a soles constantes de 2015.

datos incluye variables climáticas que capturan la temperatura y la precipitación medias, así como sus anomalías respecto a los promedios históricos de 30 años. Las características del hogar comprenden la educación (años), la edad (años) y el género (1 si es hombre) del jefe de hogar. Las variables relacionadas con políticas incluyen el gasto público agrícola (soles por hectárea de tierra), el acceso a servicios bancarios (número de oficinas y cajeros automáticos), carreteras asfaltadas (kilómetros divididos entre superficie) y el acceso a asistencia técnica (variable dicotómica). Finalmente, la altitud (metros sobre el nivel del mar) se incluye como un control geográfico.

El análisis sigue una metodología en tres etapas. En primer lugar, se aplica el modelo *True Random Effects* del análisis de fronteras estocásticas (SFA-TRE, por sus siglas en inglés), propuesto por Greene (2005), a nivel de agricultor, utilizando datos de corte transversal repetido. Este enfoque distingue entre la heterogeneidad no observada invariante en el tiempo y la ineficiencia técnica que varía en el tiempo, evitando así errores de atribución y mejorando la precisión de las estimaciones de eficiencia. La especificación empírica tipo Cobb-Douglas es:

$$ln(Y_{it}) = (\alpha_0 + \tau_i) + \sum_{k=1}^{K} \beta_k lnX_{itk} + \sum_{m=1}^{M} \gamma_i lnW_{itm} + \sum_{s=1}^{S} \vartheta_i HH_{its} + \sum_{r=1}^{R} \varphi_i PP_{itr} + \sum_{n=1}^{N} \eta_i A_{itn} + \delta t_i + \nu_{it} - u_{it}$$

donde $Y_{it}$ denota la producción total, $X$ representa los insumos, $W$ las variables climáticas, $HH$ las características del hogar, $PP$ las variables de política, y $A$ las variables de control. El término $t_i$ es una tendencia temporal continua que captura el cambio tecnológico a lo largo del tiempo; $v_{it}$ representa el ruido aleatorio y $u_{it}$ mide la ineficiencia técnica.

En segundo lugar, la PTF se calculó a nivel de agricultor a partir de la frontera de producción estimada. En tercer lugar, se construyó el índice de productividad total de los factores (IPTF) y se descompuso en eficiencia técnica, cambio tecnológico, eficiencia de escala, efectos climáticos, capital humano,[5] infraestructura y políticas públicas. Este enfoque permite identificar y analizar los principales impulsores de la dinámica de productividad agrícola del Perú durante el período de estudio.

## III. RESULTADOS

Los resultados de las estimaciones principales (SFA-TRE) se presentan en la **Tabla 1**, que constituye el primer paso de la metodología empírica. Se calculan elasticidades parciales para los insumos convencionales, las políticas públicas o intervenciones (riego, semillas y asistencia técnica), la infraestructura (carreteras) y las características socioeconómicas de los agricultores.

### Tabla 1. Coeficientes del modelo principal[6]

(continúa en la siguiente página)

| Variables | Modelo | Errores Estándar |
|---|---|---|
| Tierra | 0,649*** | (0,002) |
| Trabajo familiar | 0,076*** | (0,005) |
| Gastos en mano de obra | 0,033*** | (0,000) |
| Gastos en pesticidas | 0,027*** | (0,000) |
| Gastos en fertilizantes | 0,026*** | (0,000) |

[5] Construido con características del hogar.
[6] La diferencia entre la tasa de crecimiento reportada en la Figura 1 y la del análisis microeconómico se debe a variaciones en el período de análisis, la metodología y el nivel de agregación. El análisis presentado en la Tabla 2 utiliza datos a nivel distrital para 2015–2023, estimados mediante SFA-TRE con insumos derivados de registros administrativos, mientras que la Figura 1 se basa en datos agregados a nivel nacional del USDA-ERS para el período 1961–2021, utilizando números índice para seis insumos diferentes.

TABLA 1. COEFICIENTES DEL MODELO PRINCIPAL[6]
(CONTINUACIÓN)

| Variables | Modelo | Errores estándar |
|---|---|---|
| Gastos en estiércol | 0,014*** | (0,000) |
| Gastos en mantenimiento | 0,018*** | (0,001) |
| Gastos en equipos | 0,013*** | (0,003) |
| Género | 0,135*** | (0,005) |
| Educación (años) | 0,010*** | (0,001) |
| Edad | 0,005*** | (0,001) |
| Edad al cuadrado | -0,000*** | (0,000) |
| Temperatura (promedio) | 0,571*** | (0,012) |
| Precipitación (promedio) | 0,108*** | (0,019) |
| Precipitación al cuadrado | -0,135*** | (0,010) |
| Anomalía de temperatura | -0,029*** | (0,005) |
| Anomalía de precipitación | -0,023*** | (0,007) |
| Altitud | -0,118*** | (0,003) |
| Riego por goteo | 0,378*** | (0,017) |
| Riego por gravedad | 0,340*** | (0,006) |
| Semillas certificadas | 0,296*** | (0,008) |
| Asistencia técnica | 0,179*** | (0,009) |
| Carretera local asfaltada | 0,105*** | (0,033) |
| Carretera departamental asfaltada | 0,083* | (0,044) |
| Servicios bancarios(cajeros automáticos) | 0,007*** | (0,001) |
| Gasto público agrícola | 0,001 | (0,001) |
| Año | 0,001 | (0,002) |
| Constante | 8,641*** | (0,267) |
| Efectos fijos departamentales | Sí | |
| **Observaciones** | **181.735** | |

Nota: Todas las variables independientes se incluyen en niveles, mientras que la variable de producto se expresa en logaritmos. Por lo tanto, los coeficientes se interpretan como semi-elasticidades. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p < 0.01, ** p < 0.05, * p < 0.1.

## GANANCIAS DE EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

La Tabla 1 presenta las elasticidades de la producción agrícola para las cuatro categorías de variables analizadas: insumos convencionales, características socioeconómicas de los agricultores, variables climáticas e intervenciones de política. Entre los insumos convencionales, la tierra muestra la mayor elasticidad de producción: un aumento del 10% en el área cultivada se asocia con un incremento del 6,5% en el valor total de la producción agrícola. Esto subraya el papel central de la tierra en la producción agrícola del Perú. El trabajo es otro impulsor clave, siendo el trabajo familiar considerablemente más relevante que el trabajo contratado. De hecho, la contribución del trabajo familiar (8%) es más del doble que la del trabajo contratado (3%), lo que resalta su importancia crítica en los sistemas agrícolas de pequeña escala. Otros insumos y componentes de capital —incluidos fertilizantes, estiércol, pesticidas, equipos y mantenimiento— afectan positivamente la producción, con elasticidades que van del 1% al 3%. Estos resultados sugieren que existe margen para mejorar la eficiencia y el impacto del uso de insumos mediante

un mejor acceso a tecnologías complementarias y asistencia técnica.

Entre las características de los agricultores, la educación y la edad muestran asociaciones débiles con la producción agrícola. El género tiene un mayor impacto: los resultados confirman que las unidades productivas dirigidas por hombres son, en promedio, un 14% más productivas, lo que refleja disparidades basadas en género en el acceso a insumos y oportunidades. Este hallazgo coincide con Julien, Bravo-Ureta y Rada (2023), quienes señalan que estas brechas suelen estar impulsadas por condiciones locales que perjudican desproporcionadamente a las mujeres, más que por diferencias inherentes en las habilidades de gestión agrícola.

En cuanto a las intervenciones de política, los resultados confirman que el acceso al riego genera un incremento de un tercio en la producción agrícola (un 38% para el riego por goteo y un 34% para los sistemas por gravedad), mientras que el acceso a carreteras asfaltadas se asocia con un aumento de entre el 8% y el 11% en la producción agrícola. El acceso a asistencia técnica incrementa la producción en el 18%, mientras que el uso de semillas certificadas la eleva en un 30%. Estos resultados confirman que la inversión en bienes públicos —como infraestructura rural, investigación y desarrollo (I+D) y servicios de extensión— produce importantes ganancias en eficiencia. Dichas inversiones son implementadas principalmente por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA).

Finalmente, las condiciones meteorológicas y las variables climáticas ejercen una influencia marcada sobre el sector agrícola en el Perú. Si bien la temperatura y la precipitación promedio tienen un efecto positivo sobre la producción, las anomalías climáticas[7] y las precipitaciones excesivas reducen la producción agrícola, como se refleja en los coeficientes negativos para los choques climáticos y el término cuadrático de precipitación. Estos resultados son coherentes con la literatura más amplia sobre los efectos de las variables climáticas en la agricultura de América Latina y el Caribe (Lachaud, Bravo-Ureta & Ludeña, 2017).

## Crecimiento de la PTF entre 2015 y 2023

El crecimiento anual de la PTF y sus componentes en el Perú fue extremadamente volátil entre 2015 y 2023. Como se muestra en la **Tabla 2**, la tasa de crecimiento del IPTF fluctuó bruscamente, alternando entre contracciones y expansiones. Cayó significativamente en 2016 (–8,35%), se recuperó moderadamente en 2017 y 2018 (alrededor de +3,5% a +3,95%), volvió a disminuir en 2019 (–3,4%), alcanzó su punto máximo en 2022 (+8,2%) y colapsó en 2023 (–11,7%). En promedio, la tasa de crecimiento del IPTF durante el período fue ligeramente negativa (–0,98%), lo que pone de relieve la fragilidad de las ganancias de productividad.

La tasa de crecimiento de la eficiencia técnica (OTEI) reflejó en gran medida estas dinámicas, con fuertes contracciones en 2016 (–4,8%) y 2023 (–4,8%) compensadas por dinámicas positivas en 2018 (+1,21%), 2021 (+1,72%) y 2022 (+1,51%). Este patrón indica que las mejoras en productividad se deben principalmente a ganancias de eficiencia, pero siguen siendo altamente susceptibles a revertirse.

Los factores relacionados con políticas públicas aportaron contribuciones constantes pero moderadas en la mayoría de los años (0,3%–0,6%), excepto en 2023, cuando su tasa de crecimiento se volvió ligeramente negativa. En contraste, los índices de infraestructura y capital humano revelaron debilidades

[7]Una anomalía se refiere a la desviación de un valor observado de temperatura o precipitación ($X_t$) respecto a su promedio de largo plazo ($\overline{X}$), definida como: $Anomalía = Xt - \bar{X}$. En este estudio, $X_t$ corresponde al valor observado de temperatura o precipitación en el año $t$ (entre 2015 y 2023), mientras que $\overline{X}$ representa el promedio de 30 años (1993–2023) de la variable correspondiente.

más estructurales. Las mejoras en infraestructura fueron limitadas y solo se volvieron significativamente positivas en 2023 (+4,6%), mientras que el capital humano fue persistentemente negativo entre 2019 y 2022 antes de recuperarse abruptamente en 2023 (+9,2%).

Otros componentes, como el cambio tecnológico (OTI) y la eficiencia de escala (OSEI), mostraron solo variaciones marginales de un año a otro, rara vez superiores a ±1%. Esto sugiere que el crecimiento de la productividad en el sector agrícola peruano ha sido impulsado principalmente por fluctuaciones de corto plazo en la eficiencia y el clima, mientras que factores estructurales más profundos —como tecnología, escala, infraestructura y capital humano— han contribuido, en promedio, muy poco al crecimiento sostenido. Sus aportes persistentemente bajos o neutros reflejan limitaciones estructurales subyacentes que deberán abordarse en el largo plazo.

Tabla 2. Tasas de crecimiento anual del IPTF y sus componentes asociados en el Perú (2015–2023)

| Año | IPTF | OTI | OTEI | OSEI | WEI | Política | Infraestructura | Capital humano | Altitud |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2016 | -8,35 | 0,66 | -4,79 | 0,03 | 5,45 | 0,39 | -1,30 | 0,6 | 0,93 |
| 2017 | 3,51 | -0,25 | -0,20 | -0,04 | -1,11 | 2,33 | -1,26 | 0,34 | 2,08 |
| 2018 | 3,95 | -0,69 | 1,21 | -0,01 | 0,38 | 0,28 | -0,30 | 0,14 | -0,45 |
| 2019 | -3,41 | 0,35 | -1,39 | 0,03 | 3,48 | 0,25 | 0,55 | -1,08 | -0,24 |
| 2021 | 0,92 | 0,37 | 1,72 | -0,03 | -1,82 | 0,56 | 0,68 | -2,14 | -1,16 |
| 2022 | 8,17 | -0,20 | 1,51 | 0,08 | 6,01 | 0,52 | 0,71 | -1,04 | 1,69 |
| 2023 | -11,68 | -0,41 | -4,83 | -0,20 | -4,91 | -0,36 | 4,60 | 9,21 | -4,22 |
| ***Promedio**** | ***-0,98*** | ***-0,02*** | ***-0.97*** | ***-0,02*** | ***1,07*** | ***0.57*** | ***0,53*** | ***0,82*** | ***-0,20*** |

Nota: IPTF = Índice de Productividad Total de los Factores; OTI = Índice de Cambio Tecnológico; OTEI = Índice de Eficiencia Técnica; OSEI = Índice de Eficiencia de Escala; WEI = Índice de Efectos Climáticos.
*Promedio aritmético.

## PTF departamental y factores que impulsan el crecimiento de la productividad

La Tabla 3 presenta el promedio geométrico de las tasas de crecimiento anual de la PTF y sus componentes en los departamentos del Perú entre 2015 y 2023. Los resultados revelan marcadas disparidades regionales en productividad agrícola, impulsadas principalmente por diferencias en eficiencia técnica. El caso más notable es Madre de Dios, que alcanzó un crecimiento promedio excepcional de la PTF de 16,25%, respaldado por fuertes mejoras en eficiencia (+3,57%) y condiciones climáticas favorables (+2,35%), a pesar de un cambio tecnológico adverso. Otros departamentos destacados incluyen Lambayeque (+6,09%), donde las mejoras en eficiencia (+1,36%) combinadas con el progreso tecnológico (+1,50%) y condiciones climáticas favorables (+1,77%) impulsaron su crecimiento. En Amazonas (+5,89%), las ganancias de eficiencia (+2,18%) fueron el principal motor del incremento en productividad.

Por el contrario, Ucayali (–7,17%) y Puno (–6,92%) registraron las caídas más pronunciadas, ya que las pérdidas de eficiencia (–1,87% y –3,59%, respectivamente) superaron los modestos aportes positivos del clima. Cusco (–4,46%) y Junín (–3,11%) mostraron patrones similares, con disminuciones en eficiencia agravadas por contribuciones climáticas limitadas. Incluso regiones diná-

micas como La Libertad (–1,13%) y Arequipa (–1,67%) registraron crecimiento negativo de la PTF. En La Libertad, una fuerte contribución del clima (+2,46%) y un progreso tecnológico moderado (+0,47%) fueron contrarrestados por pérdidas de eficiencia (–2,39%). De manera similar, en Arequipa, el clima favorable (+2,21%) y las ganancias tecnológicas (+0,71%) no compensaron la caída en eficiencia (–1,83%).

Tabla 3. Promedio geométrico del crecimiento de la PTF y sus componentes en el Perú, por región (2015–2023)

| Departmentos | IPTF | OTI | OTEI | OSEI | WEI | Política | Infraes-tructura | Capital humano | Altitud |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amazonas | 5,89 | -0,26 | 2,18 | 0,00 | 0,85 | 0,33 | 0,00 | -0,26 | -0,09 |
| Áncash | -1,24 | -0,06 | -0,92 | 0,00 | 1,59 | 0,53 | 0,00 | 0,25 | 0,01 |
| Apurímac | -2,47 | -0,14 | -1,57 | 0,00 | 0,70 | -0,07 | 0,00 | 1,01 | -0,01 |
| Arequipa | -1,67 | 0,71 | -1,83 | 0,00 | 2,21 | 0,15 | 0,00 | 1,35 | 0,79 |
| Ayacucho | 0,52 | 0,14 | 0,13 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 1,58 | 0,02 |
| Cajamarca | 2,14 | 0,27 | 0,28 | 0,00 | 1,64 | 1,10 | 0,00 | 2,15 | 0,16 |
| Cusco | -4,46 | -0,07 | -1,32 | 0,00 | 0,07 | 0,13 | 0,00 | 1,43 | -0,30 |
| Huancavelica | -1,18 | -0,02 | -1,78 | 0,00 | 1,07 | 0,73 | 0,00 | 0,25 | 0,04 |
| Huánuco | -1,03 | 0,05 | -1,48 | 0,00 | 1.51 | -0,65 | 0,00 | 1,37 | 0,68 |
| Ica | -1,25 | 0,36 | 0,63 | 0,00 | 0,84 | 0,03 | 0,00 | 2,58 | 0,00 |
| Junín | -3,11 | 0,07 | -1,89 | 0,00 | 1,29 | 0,21 | 0,00 | 1,92 | 0,08 |
| La Libertad | -1,13 | 0,47 | -2,39 | 0,00 | 2,46 | 1,52 | 0,00 | 2,09 | 0,71 |
| Lambayeque | 6,09 | 1,50 | 1,36 | 0,00 | 1,77 | 0,05 | 0,00 | 0,46 | 0,09 |
| Lima | -0,39 | -0,16 | 0,63 | 0,00 | 0,73 | -0,30 | 0,00 | 0,58 | -0,89 |
| Loreto | -0,04 | 0,18 | 0,12 | 0,00 | 0,68 | 1,27 | 0,00 | 0,04 | 0,16 |
| Madre de Dios | 16,25 | -0,94 | 3,57 | 0,00 | 2,35 | 0,18 | 0.00 | 1,74 | 0,23 |
| Moquegua | 0,43 | 0.74 | -0,82 | -0,25 | 1,74 | 0,26 | 0,00 | -0,01 | 0,22 |
| Pasco | -1,52 | 0,00 | -1,88 | 0,00 | 2,29 | 0,95 | 0,00 | 0,98 | 0,64 |
| Piura | -2,58 | 0,38 | -1,05 | 0,00 | 1,61 | 0,51 | 0,00 | 0,93 | 0,60 |
| Puno | -6,92 | -0,08 | -3,59 | 0,00 | 0,77 | 0,86 | 0,00 | -0,12 | -0,02 |
| San Martín | 0,75 | 0,04 | 0,22 | 0,00 | 0,12 | 0,24 | 0,01 | -0,44 | 0,11 |
| Tacna | 0,79 | 0,03 | 0,66 | 0,00 | 1,34 | 0,30 | 0,00 | 0,98 | 0, 21 |
| Tumbes | 3,26 | -0,10 | 0,60 | 0,00 | 1,12 | 0,53 | 0,00 | 1,32 | 0,79 |
| Ucayali | -7,17 | -0,16 | -1,87 | 0,00 | 0,79 | 0,69 | 0,00 | 0,15 | 0,24 |

Nota: IPTF = Índice de Productividad Total de los Factores; OTI = Índice de Cambio Tecnológico; OTEI = Índice de Eficiencia Técnica; OSEI = Índice de Eficiencia de Escala; WEI = Índice de Efectos Climáticos.

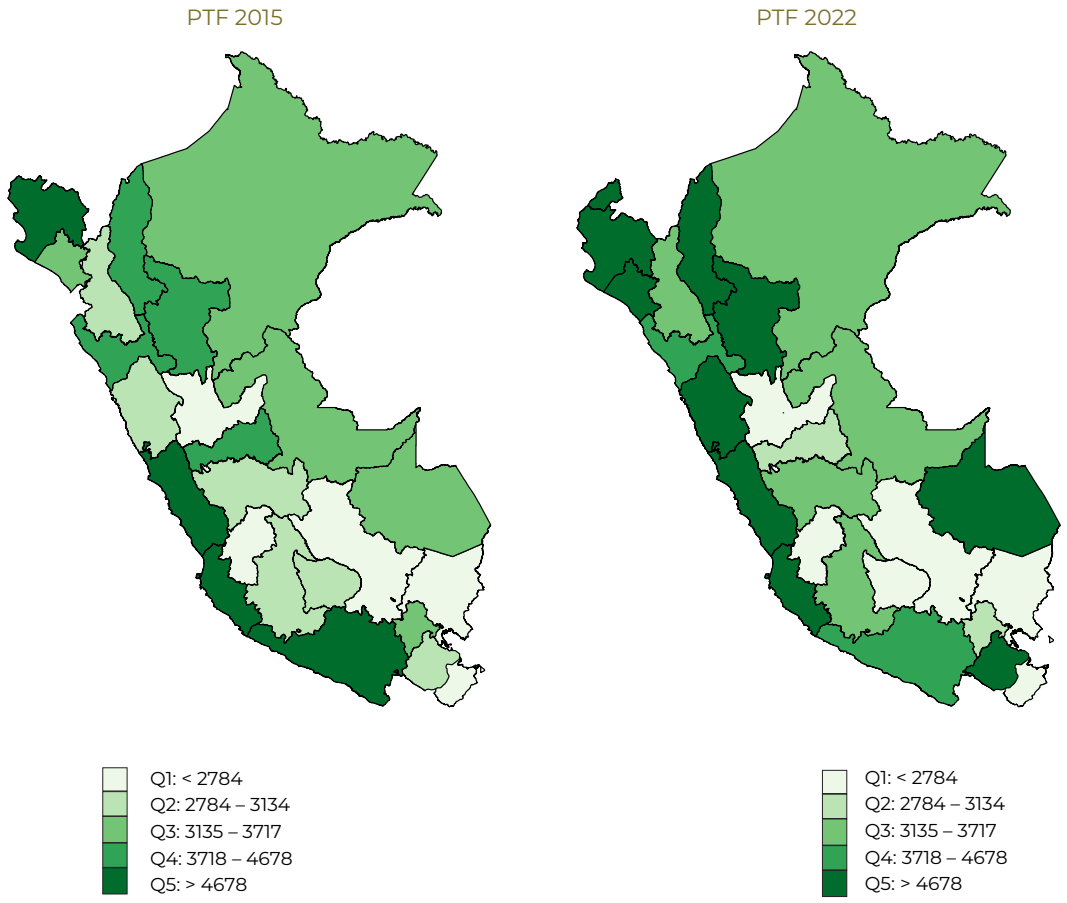
La falta persistente de crecimiento tanto en los índices de infraestructura como en el OSEI indica que las ganancias de PTF entre departamentos no estuvieron impulsadas por mejoras en la conectividad vial ni por cambios sistemáticos hacia procesos productivos con eficiencia de escala. No obstante, Cajamarca logró crecer (+2,14%) mediante un equilibrio de factores, específicamente clima (+1,64%), eficiencia técnica (+0,28%) y un fuerte apoyo de políticas públicas (+1,10%). En general, el progreso tecnológico en el Perú fue limitado y desigual. Solo unas pocas regiones registraron avances destacados, como Lambayeque y Arequipa, mientras que la mayoría se estancó o retrocedió. Los efectos climáticos, en general, aportaron contribuciones positivas modestas, pero insuficientes para contrarrestar las pérdidas de eficiencia técnica, lo que subraya la vulnerabilidad del sector agrícola a la variabilidad climática. Los efectos de políti-

cas e instituciones fueron localizados e inconsistentes, pues solo superaron el 1% en tres departamentos del norte ubicados en distintas regiones: Costa, Sierra y Amazonía. En contraste, las mejoras en el OTEI surgieron como el factor más crítico, aunque frágil, para el crecimiento de la productividad, dada la heterogeneidad tanto en el signo como en la magnitud de la tasa de crecimiento entre departamentos (véase la **Tabla 3**).

## Dinámicas geográficas del crecimiento de la PTF

El análisis de la PTF en los departamentos del Perú en 2015 y 2022[8] revela disparidades geográficas sustanciales y cambios notables en las dinámicas de productividad a lo largo del tiempo. En 2015, los niveles altos de PTF se concentraban en unos pocos departamentos de la Costa —Tumbes, Piura, Lima, Ica y Arequipa. Para 2022, el panorama productivo había cambiado considerablemente: las regiones amazónicas —incluidas San Martín, Amazonas y Madre de Dios— pasaron al quintil más alto de productividad, acompañadas por Lambayeque, Áncash y Tacna. Por el contrario, varios departamentos del centro y sur del país experimentaron estancamiento o retrocesos, descendiendo hacia quintiles inferiores.

Figura 2. Comparación de la PTF departamental entre 2015 y 2022[9]




Fuente: Cálculo de los autores usando información de la ENA.

[8] Los resultados negativos de 2023 mencionados en la subsección anterior nos llevaron a comparar la PTF entre 2015 y 2022, en lugar de 2023, con el fin de mostrar la tendencia de los años previos.
[9] Para fines comparativos, se utilizaron los umbrales de 2015 para definir la posición de cada departamento en 2022.

La **Tabla 4** ilustra los cambios en los rangos de quintiles de los departamentos entre 2015 y 2022: 9 mejoraron su clasificación, 12 mantuvieron sus posiciones y 3 experimentaron un descenso. En consecuencia, 6 regiones se ubican en los primeros dos quintiles, representando aproximadamente el 38.1% del total de agricultores del país (casi 800.000) y el 43,5% de la superficie agrícola total (MIDAGRI, 2025). Estos resultados sugieren que más de un tercio de los agricultores peruanos están obteniendo retornos de producción insuficientes, lo que implica un uso ineficiente de insumos y, en consecuencia, menores ingresos y ganancias.

Tabla 4. Cambios en la posición de quintil de la PTF de los departamentos entre 2015 y 2022 (utilizando los umbrales de 2015)

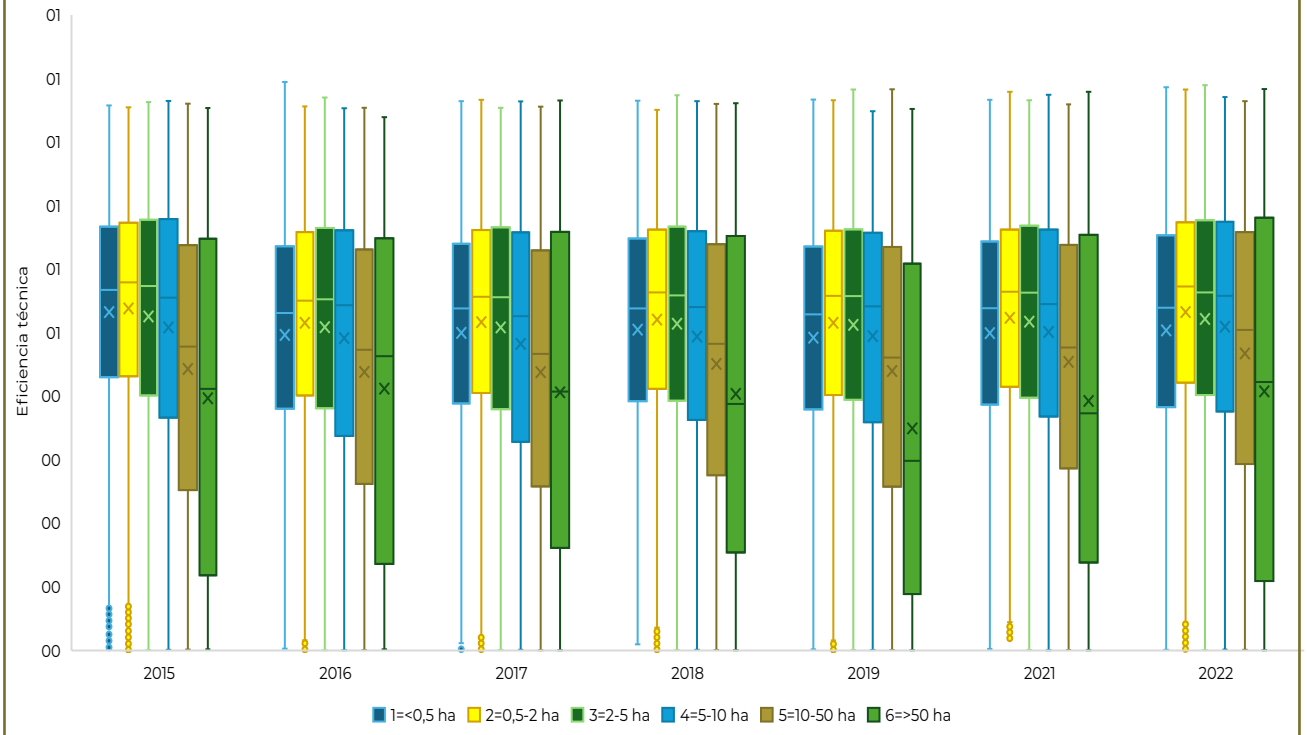
| Variación entre 2015 y 2022 | Posición de quintil en 2022, utilizando los umbrales de 2015 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 |
| **Incremento** | | | Ayacucho | | Lambayeque |
| | | | | | Amazonas |
| | | | Cajamarca | | Áncash |
| | | | | | Madre de Dios |
| | | | Junín | | San Martín |
| | | | | | Tacna |
| **Estancamiento** | Huánuco | Pasco | Loreto | La Libertad | Ica |
| | Cusco | | | | Lima |
| | Huancavelica | | Ucayali | | Piura |
| | Puno | | | | Tumbes |
| **Disminución** | Apurímac | Moquegua | | Arequipa | |

Fuente: Cálculo de los autores usando información de la ENA.

## Relación entre eficiencia técnica y tamaño de la tierra

La **Figura 3** ilustra la evolución de la eficiencia técnica según la categoría de tamaño de la parcela entre 2015 y 2022. Los resultados revelan de manera consistente una relación ligeramente en forma de U invertida entre el tamaño de la tierra y la eficiencia técnica: las unidades pequeñas (<0,5 ha) y las medianas-grandes (5–10 ha) presentan niveles más bajos de eficiencia técnica, mientras que las unidades de tamaño mediano (0,5–5 ha) alcanzan las mayores eficiencias técnicas medias y medianas, concentrándose generalmente alrededor de 0,5–0,6. Sin embargo, las unidades muy grandes (>10 ha) registran niveles inferiores de eficiencia, alrededor de 0,4 y, en algunos casos, 0,3. A pesar de fluctuaciones menores año a año, el orden relativo de los tamaños de unidad se mantiene estable, con las unidades medianas superando sistemáticamente a ambos extremos. Este patrón persistente indica que las ventajas de escala se materializan solo hasta un tamaño moderado de tierra, después del cual la eficiencia tiende a disminuir, probablemente debido a desafíos de gestión en operaciones más grandes (Julien, Bravo-Ureta & Rada, 2019).

FIGURA 3. EFICIENCIA TÉCNICA DEPARTAMENTAL Y CATEGORÍA DE TAMAÑO DE TIERRA (2015 Y 2022)




Fuente: Calculos de los autores uilizando información de ENA.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

A partir de los hallazgos empíricos presentados en este capítulo, surgen varias recomendaciones de política orientadas a fortalecer el crecimiento de la productividad en el sector agrícola peruano.

## A. PRIORIZAR MEJORAS EN LA EFICIENCIA TÉCNICA PARA REVERTIR LA RECIENTE CAÍDA DE LA PTF Y MITIGAR LA VOLATILIDAD

La reciente disminución de la PTF en 2023, atribuida en gran medida a la escasez de fertilizantes y a condiciones climáticas volátiles, junto con la inestabilidad general del sector entre 2015 y 2023, señala la necesidad de fortalecer el uso eficiente de insumos. La eficiencia técnica emerge de manera consistente como el principal impulsor dinámico tanto de las ganancias como de las pérdidas de productividad, lo que evidencia la fragilidad de las mejoras recientes. Para consolidar los avances, la política agrícola nacional debe centrarse en fortalecer los servicios de extensión agraria, mejorar el acceso a capacitación técnica y promover innovaciones a nivel predial en la gestión de recursos (por ejemplo, adopción de semillas certificadas y técnicas de riego eficientes). Estas intervenciones actúan directamente sobre el determinante central del desempeño de la PTF.

## II. Abordar las restricciones estructurales persistentes para liberar mayor crecimiento de la productividad

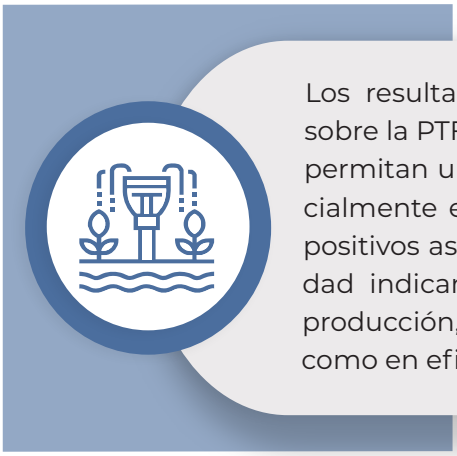
Si bien son esenciales, elementos fundamentales como la infraestructura rural y el capital humano no han sido plenamente aprovechados para apoyar el crecimiento de la PTF. Aunque las carreteras asfaltadas han tenido un impacto positivo significativo en el valor total de la producción agrícola, el índice general de infraestructura no parece ser un determinante importante de la PTF. La inversión pública debería priorizar la mejora de la conectividad rural para reducir los costos de transacción y mejorar el acceso a los mercados de insumos y productos.

En contraste, aunque ciertas variables de capital humano (como el género) tienen efectos positivos en la producción dentro de los análisis de regresión, el índice de capital humano muestra en general un impacto débil o cercano a cero en el crecimiento de la PTF en la mayoría de los años y permanece como su contribuyente más débil. Esto señala un potencial significativo y desaprovechado para impulsar la PTF abordando las limitaciones persistentes en educación y habilidades de los agricultores, las cuales pueden obstaculizar la adopción de nuevas tecnologías. Además, los resultados subrayan la importancia de orientar las intervenciones de política hacia las mujeres agricultoras, ya que continúan rezagadas respecto a sus contrapartes masculinas. Abordar las fallas de mercado y las barreras estructurales que enfrentan las mujeres en las zonas rurales podría, por lo tanto, catalizar el crecimiento de la productividad agrícola.

## III. Implementar políticas departamentales diferenciadas para abordar las disparidades en PTF y eficiencia técnica

La variación persistente y amplia en los niveles de PTF y eficiencia técnica entre los departamentos del Perú exige diseños de política específicos al contexto, que consideren las particularidades geográficas de cada territorio. Las trayectorias contrastantes observadas entre los departamentos de la Amazonía, la Costa y la Sierra demuestran la necesidad de intervenciones adaptadas a cada realidad regional. Por ejemplo, los departamentos amazónicos han mostrado mejoras notables tanto en PTF como en eficiencia técnica entre 2015 y 2022/2023. Estos avances podrían fortalecerse aún más o utilizarse como modelos y estudios de caso. Asimismo, los departamentos rezagados de la Sierra podrían beneficiarse del fortalecimiento de los servicios regionales de extensión, la expansión de prácticas climáticamente inteligentes y la mejora de la infraestructura rural. Tales políticas ayudarían a reducir la brecha geográfica de productividad y a promover un desarrollo agrícola más equilibrado en el Perú.

## IV. Invertir en tecnologías que permitan sostener el crecimiento de la productividad bajo condiciones de variabilidad climática



Los resultados destacan la influencia significativa del índice climático sobre la PTF, lo que subraya la necesidad de implementar tecnologías que permitan un uso más eficiente de los recursos hídricos disponibles, especialmente en el contexto del cambio climático. Los efectos fuertemente positivos asociados al riego por goteo o por gravedad sobre la productividad indican que la inversión en estas tecnologías puede potenciar la producción, en particular en los departamentos rezagados tanto en PTF como en eficiencia técnica.

En resumen, para promover ganancias de productividad más estables y sostenidas en la agricultura peruana, las políticas deben priorizar el fortalecimiento de la eficiencia técnica mediante la capacitación de los agricultores, una mayor disponibilidad de insumos de calidad (como semillas certificadas) y programas de extensión agraria. Al mismo tiempo, las inversiones en resiliencia climática —como sistemas de alerta temprana, prácticas climáticamente inteligentes e infraestructura de riego— son esenciales para mitigar los efectos adversos de la variabilidad climática sobre el desempeño agrícola.

# CAPÍTULO 8. **BOLIVIA**

**Autores: Maja Schling, María Camila Ortiz Álvarez, Renée Pérez Massard, Magaly Sáenz Somarriba, Rodrigo Chang Huaita**

## RESUMEN

La evidencia sobre la evolución de la productividad agrícola y sus determinantes en Bolivia es relativamente escasa, y proviene, en gran medida, de estudios regionales cuyos datos no permiten la desegregación de datos a nivel subnacional. Este capítulo aborda esa brecha, analizando los cambios en la productividad agrícola en Bolivia entre 2008 y 2015 y sus determinantes, partiendo de datos de encuestas agrícolas nacionales y datos censales. Nuestros hallazgos sugieren que la productividad total de los factores (PTF) agrícola aumentó un 1,8% anualmente durante este período, pero la productividad varía significativamente según región natural. Entre los insumos productivos, la tierra tuvo el mayor efecto marginal sobre el valor de la producción agrícola. En cuanto a los choques de temperatura, encontramos que cada grado-día dañino adicional durante la temporada de cultivo se asoció, en promedio, con una reducción del 9,8% en el valor de la producción agrícola. En lo que respecta a las intervenciones políticas, la titulación no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la productividad en el corto plazo. La infraestructura pública de riego tuvo un efecto positivo sobre la productividad, pero se halló que el efecto positivo disminuyó a medida que aumentaba el nivel de precipitación municipal. En general, las conclusiones de este capítulo subrayan la importancia de seguir invirtiendo de manera eficiente los recursos públicos en infraestructura e intervenciones que puedan fortalecer la resiliencia climática de los productores, dando prioridad a aquellas regiones con menores tasas de crecimiento de productividad.

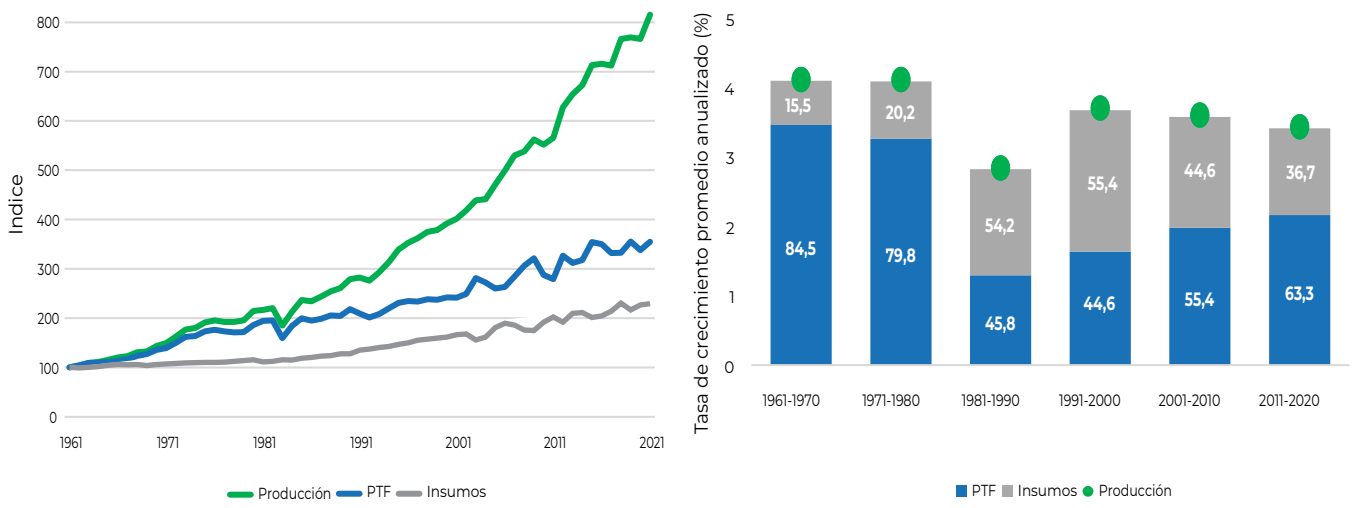
## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es un pilar importante en la economía de Bolivia, ya que ha contribuido con un promedio del 12,3% al PIB en los últimos cinco años y ha empleado al 24% de la fuerza laboral en 2023 (Banco Mundial, 2024). En los últimos 20 años, la frontera agrícola del país se ha expandido significati-

vamente, pasando de 1,9 millones a 4,5 millones de hectáreas entre 2003 y 2023.

Según Salazar et al. (2025), Bolivia ha experimentado un crecimiento significativo de la producción agrícola en los últimos 60 años. Utilizando datos del USDA-ERS, los autores estiman un crecimiento promedio de la producción del 3,6% anual entre 1961 y 2002 (véase la **Figura 1**), que se explica principalmente por el aumento de la productividad total de los factores (PTF), que creció a una tasa media anual del 2,1%. El uso de insumos también muestra una tendencia de aumento durante este período, aunque menos marcada, con un crecimiento medio anual del 1,4%. A partir del año 1970, el crecimiento de la productividad comenzó a superar el crecimiento en el uso de insumos.

FIGURA 1. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, INSUMOS Y PTF EN BOLIVIA, 1961-2021




Fuente: Salazar et al. (2025) utilizando datos del USDA-ERS.

A nivel nacional, las estimaciones empíricas del crecimiento de la PTF en Bolivia varían considerablemente según los datos y la metodología utilizados. Días Ávila y Evenson (2010) indican un crecimiento anual de la PTF de 2,31% entre 1961 y 2001, cifra que supera el promedio regional del 1,85%. En contraste, la mayoría de los demás estudios estiman un crecimiento de la PTF mucho más bajo para el país, con valores que frecuentemente se encuentran por debajo del promedio regional. Por ejemplo, Ludeña (2010) estima que el crecimiento anual de la PTF de Bolivia fue de solo el 1,9% entre 1961 y 2007. Asimismo, Trindade et al. (2015) estiman que la PTF boliviana oscila entre el 0,7% y el 2,22%, y destacan al país como uno de los de menor crecimiento de Sudamérica. Nin-Pratt (2015) encuentra una tasa de crecimiento promedio anual de la PTF del 1,6% entre 1980 y 2012, acompañada de un crecimiento negativo de la eficiencia.

Por otro lado, estudios más recientes incorporan la variabilidad climática directamente en la descomposición de la PTF para evaluar el efecto de los factores meteorológicos sobre la productividad. Por ejemplo, Lachaud et al. (2017) analizan el efecto de la variabilidad climática en la PTF en 28 países de América Latina y el Caribe (ALC) entre 1961 y 2012, y concluyen que dicha variabilidad tuvo un impacto negativo en la tasa de crecimiento anual de la PTF de Bolivia, que pasó del 1,18% al 0,45% al incorporar las variables climáticas en el análisis. Otros estudios destacan la importancia de las intervenciones de política para impulsar la productivi-

dad en Bolivia, entre ellas el riego (Giordano et al., 2023; Salazar y López, 2018), la electrificación (Lee et al., 2020; Chakravorty et al., 2016), la adopción de tecnologías agrícolas (Salazar et al., 2025) y la titulación de tierras (Besley, 1995; Schling et al., 2024).

La evidencia cuantitativa sobre la dinámica subnacional de la PTF en Bolivia sigue siendo escasa, ya que la mayoría de los estudios se basan en datos agregados a nivel nacional, lo que limita la comprensión de la heterogeneidad dentro del país. En este capítulo se aborda esa brecha mediante el análisis de los cambios en la productividad agrícola a nivel municipal en Bolivia entre 2008 y 2015, utilizando encuestas agrícolas nacionales y datos censales. Partiendo de estos datos recopilados a nivel de finca, este estudio examina las tendencias de productividad a nivel municipal para evaluar su evolución al nivel más desagregado posible. La agregación de datos a nivel municipal es un paso necesario para este análisis, dado que los datos existentes no permiten identificar las Unidades Productivas Agrícolas (UPAs) o fincas individuales a lo largo del tiempo. Esto impide realizar un análisis a nivel micro que haga seguimiento a los mismos agricultores entre las rondas de la encuesta. Por lo tanto, este estudio proporciona información sobre las tendencias de la productividad dentro de Bolivia a nivel municipal, aunque no capta las heterogeneidades dentro de los municipios.

A pesar del rápido crecimiento del sector agrícola, impulsado en gran medida por la expansión de la superficie cultivada, las estimaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) muestran que la productividad de la tierra y la mano de obra en Bolivia siguen siendo bajas en comparación con otros países de la región, y que los rendimientos de los cultivos clave se mantuvieron por debajo de la media latinoamericana entre 2006 y 2018 (Alcaraz Rivero et al., 2020; Díaz Ríos et al., 2019). Por lo tanto, mejorar la productividad es un objetivo central de los planes de desarrollo agrícola de Bolivia. Según el Plan Integral de Desarrollo del Sector Agrícola y Rural (MDRyT, 2024), varios factores han obstaculizado el crecimiento de la productividad en el país, entre ellos la innovación limitada, el acceso restringido a servicios financieros, las carencias de infraestructura, las debilidades en los sistemas de control de plagas y enfermedades, la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad. En las últimas décadas, las inversiones públicas en el sector se han centrado en la titulación de tierras, el riego, la salud vegetal y animal, la seguridad alimentaria y, en menor medida, la investigación y la innovación. Los programas han dado prioridad a la expansión del riego y la mecanización, frecuentemente mediante el apoyo directo a los productores, especialmente en las comunidades pobres y marginadas (Díaz Ríos et al., 2019). La productividad no solo está influenciada por las políticas internas: la integración a los mercados internacionales y los flujos de inversión también generan oportunidades para la modernización tecnológica, el aprendizaje organizacional y la difusión de mejores prácticas entre los productores.

Varias iniciativas gubernamentales demuestran este enfoque. Por ejemplo, el Plan Nacional de Riego que busca mejorar la seguridad alimentaria y el desarrollo rural mediante el uso sostenible del agua para la producción agrícola y forestal, con énfasis en la equidad, la participación social y el fortalecimiento institucional. Otro eje de acción ha sido mejorar la seguridad de la tenencia de la tierra para aumentar los ingresos de los agricultores y fortalecer la seguridad alimentaria. En 1996, Bolivia promulgó la Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria, que encomendaba formalmente al nuevo Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) la regularización y titulación de las tierras rurales en Bolivia. Desde el 2002, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha apoyado al

Gobierno de Bolivia en la implementación del Plan Nacional de Regularización y Titulación de Tierras. Esta iniciativa ha permitido implementar el plan en el 87% de las zonas rurales del país y ha reducido significativamente las desigualdades en el acceso a la tierra para los pequeños agricultores y las comunidades indígenas (Schling et al., 2024).

Las estrategias de adaptación al cambio climático constituyen un reto importante para el país. En las últimas décadas, el aumento de las temperaturas y la creciente variabilidad de la precipitación han convertido al clima en uno de los factores clave que influyen en la productividad de Bolivia. Por ejemplo, parte de la reducción del PIB agrícola entre 2010 y 2016 se atribuye a condiciones climáticas adversas que afectaron gravemente a la producción de soya (UDAPE, 2015). Además, se ha demostrado que los desastres climáticos en el sector agrícola han aumentado la inseguridad alimentaria y la pobreza, especialmente entre las mujeres (Escalante y Maisonnave, 2022).

Dada la importancia del sector agrícola para el crecimiento económico de Bolivia, resulta fundamental analizar cómo ha evolucionado su productividad y cuáles son los factores que han limitado o impulsado su crecimiento. Este capítulo examina los cambios en la productividad agrícola del país entre 2008 y 2015 y los factores que los explican. Para ello, se utilizan datos de encuestas representativas a nivel nacional y el censo agrícola más reciente a nivel de finca para construir un panel equilibrado a nivel municipal. El estudio estima la productividad a nivel municipal, determina los factores que han contribuido al crecimiento de la PTF, estima el impacto de los choques climáticos sobre la productividad, y mide el efecto de las inversiones públicas en riego y titulación sobre la productividad.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

Este capítulo aborda cuatro preguntas de investigación principales:

I. ¿Cómo cambió la productividad agrícola de Bolivia entre 2008 y 2015?
II. ¿Cuáles fueron los factores que impulsaron o limitaron el crecimiento de la productividad agrícola durante este período?
III. ¿Cuál fue el efecto de los choques climáticos sobre la productividad agrícola?
IV. ¿Cuál fue el impacto de las inversiones públicas en titulación y riego sobre la productividad agrícola?

Para responder a estas preguntas, el estudio combina datos de varias fuentes, los cuales se resumen en la **Tabla 1.**

Estos datos nos permiten realizar un análisis econométrico sólido de los cambios en la productividad agrícola en Bolivia mediante el análisis de frontera estocástica (SFA, por sus siglas en inglés) para medir la PTF. El SFA es una metodología estadística utilizada para estimar una función de producción estocástica. Una función de producción estocástica (SPF) es una función de producción que relaciona los insumos con los productos, al tiempo que incorpora explícitamente dos componentes adicionales: el ruido aleatorio (que captura el error de medición y otros factores aleatorios) y la ineficiencia (que captura el desempeño de los productores individuales en relación con la producción óptima, según la frontera de producción). El uso de esta metodología con un panel equilibrado de 231 municipios y una técnica de imputación múltiple[1] nos permite realizar un análisis de las fluctuacio-

[1] Nota metodológica: En este capítulo se emplea un enfoque de imputación múltiple mediante ecuaciones encadenadas, que imputa de forma iterativa los valores faltantes (valores nulos) de las variables mano de obra contratada, uso de insumos y uso de capital a través de modelos univariantes condicionales. Como variables predictoras, la imputación incluye valores de las mismas variables reportadas en el censo agrícola de 2013, así como información adicional relevante para la actividad productiva: el valor de la producción agrícola, la superficie cultivada y la mano de obra familiar disponible para las tres rondas, además de la población rural. Se generan 100 conjuntos de datos imputados, cada uno de los cuales representa una versión completa del conjunto de datos original en la que los valores faltantes se imputan de manera diferente, incorporando así la incertidumbre asociada a los valores faltantes reales. A partir de estas versiones, se calcula el promedio de los valores imputados para cada observación faltante, y este promedio se utiliza como valor imputado final en el análisis.

nes de la PTF; asimismo, nos permite identificar las contribuciones individuales del progreso tecnológico, la eficiencia técnica, los efectos de escala, los factores climáticos y el ruido estadístico a la productividad.

### Tabla 1. Fuentes de datos

| Datos | Descripción | Fuente |
|---|---|---|
| Producción agrícola a nivel de finca | Datos de Unidades Productivas Agrícolas (UPAs): uso de insumos, uso de la tierra, cultivos, ganado y niveles de producción (2008, 2013, 2015) | Encuesta Nacional Agrícola (ENA) de 2008; Censo Nacional Agrícola de 2013; ENA de 2015 |
| Riego | Proyectos de riego financiados con fondos públicos en cada municipio; se consideran tanto las nuevas construcciones como las mejoras en los sistemas de riego y microrriego (2011-2015) | Datos administrativos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMayA). |
| Titulación de tierras | Superficie de tierra titulada en cada municipio (1997-2015) | Datos administrativos del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) |
| Choques de temperatura | Datos satelitales que registran el promedio de la temperatura diaria (2008-2015) | *USGS Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Land Surface Temperature/Emissivity Daily (MOD11A1)* |
| Precipitación | Datos satelitales que registran la precipitación diaria total (2008-2015) | *Copernicus: Essential weather variables for water sector applications derived from weather projections* |

### Tabla 2. Principales factores políticos de interés

| Variables de interés | Descripción |
|---|---|
| Inversión en riego | Número de hectáreas del municipio que recibieron inversión en riego entre 2011 y el año anterior a la encuesta, dividido por la superficie agrícola municipal. Esto incluye nuevas construcciones y mejoras (rehabilitación de infraestructura existente). |
| Titulación de tierras (per cápita) | Corto plazo: Número de hectáreas tituladas en el municipio en los dos años antes de cada encuesta, dividido por la población rural del municipio. |
| | Largo plazo: Número de hectáreas tituladas entre 1997 y el año anterior a cada encuesta, dividido por la población rural del municipio. |

## Frontera de producción estocástica y descomposición de la PTF

Para medir la PTF y analizar sus fuentes, este capítulo combina un enfoque de frontera de producción estocástica y una descomposición de la PTF. El modelo descompone la PTF en efectos de escala, cambio en la eficiencia técnica, progreso tecnológico, efectos climáticos y ruido estadístico. Se estima la siguiente función de producción estocástica para evaluar la PTF municipal:

$$ln\, y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^{K} \beta_k \; lnx_{kit} + \sum_{j=1}^{J} \eta_j z_{jit} + \sum_{t=1}^{T-1} \delta_t D_t + \sum_{r=1}^{R-1} \gamma_r R_{ri} + \sum_{r=1}^{R-1} \sum_{t=1}^{T-1} \theta_{tr} ( R_{ri} \times D_t ) + \alpha_i + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

donde, $y_{it}$ es el valor de la producción agrícola del municipio $i$ en el momento $t$; $x_{kit}$ es un vector de insumos; $z_{jit}$ representa las variables climáticas, tal y como se definen en la **Tabla 3**; y $D_t$ captura los efectos fijos anuales. Adicionalmente, $R_{ri}$ es una variable dummy regional (que indica si el municipio pertenece a la región de los Llanos, los Valles, o el Altiplano); esta variable nos permite controlar las diferencias estructurales y geográficas entre las regiones agroecológicas del país. El termino de interacción $R_{ri} \times D_t$ permite que el cambio tecnológico de cada región varíe a lo largo del tiempo, mientras que el termino $\alpha_i$ es un término aleatorio, invariante en el tiempo, que se le asigna a cada municipio para capturar la heterogeneidad entre ellos. El término de error compuesto consta de dos componentes: $v_{it}$ representa el componente idiosincrásico (que se supone que sigue una distribución normal estándar), y $u_{it}$ representa el término de ineficiencia técnica (que se supone sigue una distribución semi normal).

Tabla 3. Variables incluidas en la función de producción a nivel municipal

| Nivel | Producción | Insumos | Variables meteorológicas |
|---|---|---|---|
| Municipal | Valor de la producción (cultivos) | Tierra, mano de obra familiar, gastos en mano de obra, capital (equipo agrícola), fertilizantes y pesticidas | Promedio de la precipitación diaria; promedio del cuadrado de la precipitación diaria; promedio de grados-día de crecimiento; promedio de grados-día dañinos |

*Todas las variables corresponden a la temporada agrícola.

## Inversiones públicas en titulación y riego

Además de la descomposición de la PTF, estimamos los efectos de las políticas públicas —específicamente, las inversiones públicas en riego y titulación de tierras— sobre la productividad agrícola. Los efectos de estos factores políticos se resumen en la **Tabla 5**. Para evaluar los efectos del riego y la titulación de tierras sobre la productividad agrícola, estimamos una función de producción de mínimos cuadrados ordinarios (OLS, por sus siglas en inglés) con efectos fijos tanto a nivel municipal como anual. Los efectos fijos municipales controlan las características no observables e invariantes en el tiempo de los municipios que pueden afectar la productividad (como la altitud), mientras que los efectos fijos anuales nos permiten controlar los factores que varían en el tiempo que pueden haber afectado la productividad de todos los municipios en un año determinado (como los choques económicos). Nuestra función de producción a nivel municipal se define de la siguiente manera:

$$ln\ y_{it} = \rho\ T_{it} + \sum_{k=1}^{K} \beta_k\ lnx_{kit} + \sum_{j=1}^{J} \eta_j z_{jit} + \sum_{t=1}^{T-1} \delta_t D_t + \sum_{r=1}^{R-1} \gamma_r R_{ri} + \sum_{r=1}^{R-1}\sum_{t=1}^{T-1} \theta_{tr} (R_{ri} \times D_t) + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

donde la variable independiente principal $T_{it}$ se define de manera según la política que se está evaluando. Para la titulación de tierras, $T_{it}$ se define como el área titulada en cada municipio durante un período de tiempo determinado, dividida por la población rural del municipio. Examinamos los efectos a corto y largo plazo de la titulación sobre la productividad, definiendo $T_{it}$ como la superficie titulada per cápita en cada municipio en los dos años anteriores a cada encuesta (para captar los impactos a corto plazo) o como la superficie titulada per cápita entre 1997 y el año anterior a cada encuesta (para captar los impactos a largo plazo). En cuanto al análisis de irrigación, $T_{it}$ se define como el número de hectáreas que recibieron inversiones de riego (para construir infraestructura nueva o rehabilitar la infraestructura existente)[2] en cada municipio, dividido por la superficie agrícola del municipio.

## III. RESULTADOS

**El desglose de la PTF nacional muestra un modesto aumento anual del 1,8 % entre 2008 y 2015** (**Tabla 4**)**.** Estas ganancias se debieron, en gran medida, al progreso tecnológico, que creció a una tasa anual del 1,38%. En cambio, la eficiencia técnica experimentó una reducción durante el período de estudio (-0,05%).

### Tabla 4. Descomposición de la PTF, según región natural: tasa de crecimiento anual (%), 2008-2015

| Región | Índice de producción | Índice de insumos | Índice de PTF | Índice de efectos de escala | Índice de eficiencia técnica | Índice de progreso tecnológico | Índice de efectos climaticos | Índice de ruido estadistico |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nacional | 4,11 | 2,28 | 1,80 | 0,73 | -0,05 | 1,38 | -0,27 | -0,01 |
| Llanos | -0,42 | 1,17 | -1,57 | 0,38 | 0,61 | -1,89 | -0,62 | -0,05 |
| Valles | 9,11 | 3,34 | 5,58 | 1,07 | -0,55 | 5,03 | -0,03 | 0,04 |
| Altiplano | 3,39 | 2,19 | 1,18 | 0,70 | -0,08 | 0,81 | -0,22 | -0,03 |

Notas: La tabla descompone la tasa de crecimiento anual de cada índice (en términos porcentuales) entre 2008 y 2015, con base en los resultados de la función de producción estocástica. El índice de producción mide el crecimiento anual de la producción, mientras que el índice de insumos mide el crecimiento anual de los insumos. Cualquier crecimiento de la producción que no se explique por el crecimiento de los insumos se atribuye al crecimiento de la PTF. El índice de PTF se desglosa a su vez en cinco componentes: efectos de escala, cambios en la eficiencia técnica, progreso tecnológico, efectos climáticos y ruido estadístico. Por lo tanto, las tasas de crecimiento de cada uno de estos índices miden cuánto contribuye cada componente al crecimiento de la PTF. Los valores positivos indican un impacto positivo en el crecimiento de la PTF, mientras que los valores negativos indican un impacto negativo en el crecimiento de la PTF.

Fuente: Cálculos propios de los autores. Los datos agrícolas y de producción proceden de la Encuesta Nacional Agrícola (ENA) de 2008, el Censo Nacional Agrícola de 2013 y la Encuesta Nacional Agrícola (ENA) de 2015. Los datos de temperatura proceden de *MODIS Land Surface Temperature/Emissivity Daily,* y los datos de precipitación proceden de *Copernicus Essential Climate Variables.*

[2] El número de hectáreas cubiertas por las inversiones en riego incluye tanto las ampliaciones de la infraestructura de riego (nuevas construcciones) como las mejoras de la infraestructura de riego existente.

**La productividad varió significativamente entre las regiones naturales de Bolivia, que mostraron las siguientes tasas de crecimiento anual de la PTF: 5,58 % en los Valles, 1,18% en el Altiplano, y -1,57% en los Llanos.**[3] Los Valles, caracterizados por una producción agrícola diversificada y una agricultura de pequeña escala, registraron el mayor crecimiento de la PTF, con una tasa media anual del 5,58%, impulsada en gran medida por los avances tecnológicos (5,03%) y los efectos de escala. El Altiplano logró un crecimiento de la productividad más moderado (1,18% por año), impulsado principalmente por el progreso tecnológico y la eficiencia de escala, a pesar de las limitadas mejoras en la eficiencia técnica. Finalmente, a pesar de presentar los niveles de productividad más altos del país, los Llanos experimentaron una reducción anual del 1,57% en la PTF, debido principalmente a una fuerte caída del progreso tecnológico y a los efectos adversos del clima.

En general, la contribución positiva de la eficiencia de escala sugiere que el incremento de la escala de producción contribuyó al crecimiento de la PTF en todas las regiones.

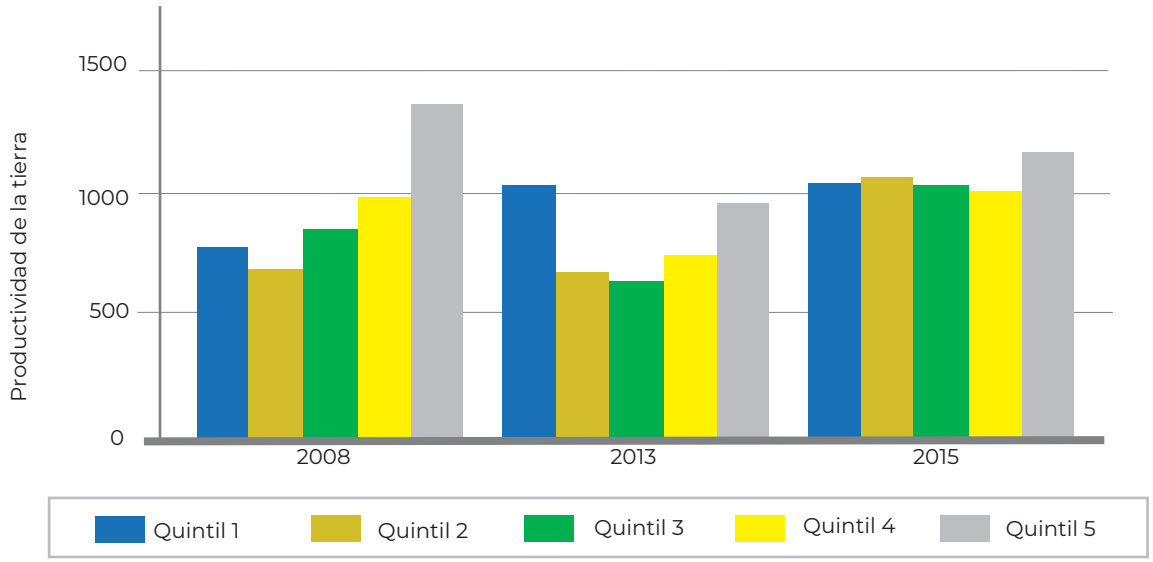
**Los choques climáticos tuvieron efectos adversos sobre la productividad, tanto a nivel nacional como regional; en promedio, los efectos climáticos redujeron el crecimiento de la PTF un 0,27% cada año**. El índice de efectos climáticos de la **Tabla 4** muestra el impacto de los choques de precipitación y temperatura sobre la PTF en toda Bolivia y en cada una de las regiones del país. A nivel nacional, los choques climáticos redujeron el crecimiento de la PTF en un 0,27% anualmente. A nivel regional, los Llanos fueron los más afectados, ya que los choques climáticos ocasionaron a una disminución anual de la productividad del 0,62%. Los Valles y el Altiplano también experimentaron impactos negativos equivalentes al 0,03% y el 0,22% anual, respectivamente. Estos resultados sugieren que, a pesar de los avances tecnológicos y las modestas mejoras en la eficiencia en algunas regiones, la variabilidad climática sigue siendo una importante limitación para el crecimiento de la productividad agrícola en Bolivia.

**Las fincas más grandes de Bolivia (por superficie) se volvieron menos productivas con el tiempo, mientras que las más pequeñas (por superficie) aumentaron su productividad.** Si bien la PTF proporciona una medida integral de la productividad al considerar todos los insumos, una evaluación de las medidas de productividad parcial (específicamente, los rendimientos y la productividad laboral) permite desarrollar una historia más completa sobre las tendencias productivas dentro del país. La **Figura 3** ilustra la relación entre el tamaño de las fincas y la productividad de la tierra entre 2008 y 2015; mostrando tendencias diferenciadas según el tamaño de las fincas.

Aunque las fincas más grandes según superficie (quintil 5) registraban los mayores rendimientos en 2008, su productividad disminuyó a lo largo del periodo de estudio. En cambio, los rendimientos de las fincas pequeñas y medianas (quintiles 1, 2 y 3) aumentaron durante el mismo período. Estas tendencias apuntan hacia una convergencia en la productividad, ya que las fincas más grandes (y más productivas) se volvieron considerablemente menos productivas por unidad de tierra, y las fincas pequeñas y medianas se volvieron más productivas por unidad de tierra a lo largo del tiempo (véase la **Figura 3**).

[3] Seguimos las clasificaciones de regiones naturales utilizadas en Daga (2020): los llanos (departamentos de Beni, Pando y Santa Cruz); los valles (departamentos de Chuquisaca, Cochabamba y Tarija); y el altiplano (departamentos de La Paz, Oruro y Potosí).

## Figura 3. Productividad de la tierra, según grupo de tamaño de finca, 2008-2015

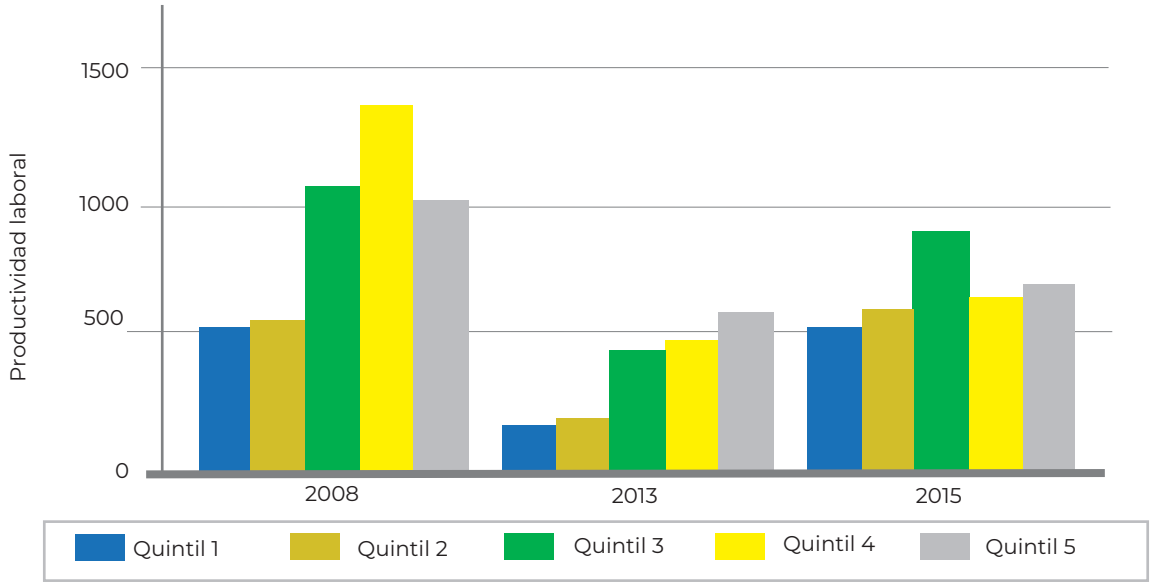



Quintiles estimados utilizando la muestra combinada de todos los años.

Nota: Cada quintil representa un grupo de tamaño de finca, empezando por las fincas más pequeñas (quintil 1) y terminando con las fincas más grandes (quintil 5). El quintil 1 representa el 20% de las fincas más pequeñas según superficie de tierra, mientras que el quintil 5 representa el 20% de las fincas más grandes por superficie de tierra. La productividad de la tierra se define como la producción agrícola por hectárea.

Fuente: Cálculos propios de los autores, basados en la Encuesta Nacional Agrícola (ENA) de 2008, el Censo Nacional Agrícola de 2013 y la Encuesta Nacional Agrícola (ENA) de 2015.

## Figura 4. Productividad laboral, según grupo de intensidad de mano de obra agrícola, 2008-2015




Quintiles estimados utilizando la muestra combinada de todos los años.

Nota: Cada quintil representa un grupo de intensidad laboral, empezando por las fincas con menor intensidad laboral (quintil 1) y terminando con las fincas con mayor intensidad laboral (quintil 5). Los niveles de intensidad laboral se calculan a través de un índice laboral que combina tanto la mano de obra familiar como la mano de obra contratada. El quintil 1 representa el 20% de las fincas más pequeñas (o menos intensivas) en cuanto a uso de mano de obra, mientras que el quintil 5 representa el 20% de las fincas más grandes (o más intensivas) en cuanto a uso de mano de obra. La productividad laboral se define como la producción agrícola dividida por unidad de mano de obra (según la definición del índice de uso de mano de obra).

Fuente: Cálculos propios de los autores, basados en la Encuesta Nacional Agraria (ENA) de 2008, el Censo Nacional Agrario de 2013 y la Encuesta Nacional Agraria (ENA) de 2015.

**Las fincas más grandes de Bolivia (por uso de mano de obra) se volvieron menos productivas con el tiempo, y las más pequeñas (por uso de mano de obra) experimentaron aumentos leves en la productividad laboral.** Como se puede ver en la **Figura 4**, la productividad laboral también presenta tendencias que difieren según el uso de mano de obra de la finca. Al igual que en el análisis de la productividad de la tierra, en 2008 las fincas que utilizaban más mano de obra (quintiles 3-5) tenían una productividad laboral significativamente más alta en comparación con las fincas menos intensivas en mano de obra (quintiles 1 y 2). Sin embargo, en 2015, la productividad laboral de las fincas más intensivas en mano de obra disminuyó considerablemente, mientras que la productividad laboral de las fincas más pequeñas se mantuvo relativamente constante. En general, la brecha de productividad entre las fincas más intensivas en mano de obra y las menos intensivas se redujo significativamente entre 2008 y 2015. Sin embargo, este cambio se obedeció principalmente a que las fincas con mayor mano de obra se volvieron menos productivas con el tiempo, mientras que las fincas con menor mano de obra solo aumentaron ligeramente su productividad con el paso del tiempo.

La **Tabla 5** detalla los resultados de la regresión que examina la relación entre el riego, la tierra, la titulación y el valor de la producción agrícola.

### Tabla 5. Impacto de la expansión del área bajo riego y de la titulación de tierras en la PTF

| Variable dependiente: Log del valor de la producción | -1 | -2 | -3 |
|---|---|---|---|
| Hectáreas irrigadas | 6,593** | | |
| | (2,737) | | |
| Hectáreas irrigadas × precipitación diaria promedio | -8,929* | | |
| | (4,747) | | |
| Hectáreas irrigadas × promedio del cuadrado de la precipitación diaria | 0,317 | | |
| | (0,285) | | |
| Hectáreas tituladas per cápita (últimos 2 años) | | -0,002 | |
| | | (0,002) | |
| Hectáreas tituladas per cápita (1997–año de la encuesta) | | | -0,003*** |
| | | | (0,000) |
| Efectos fijos de municipio | Sí | Sí | Sí |
| Efectos fijos de año | Sí | Sí | Sí |
| Efectos fijos de región–año | Sí | Sí | Sí |
| R-cuadrado | 0,959 | 0,929 | 0,929 |
| Período | 2013-2015 | 2008-2015 | 2008-2015 |
| **Observaciones** | **424** | **693** | **693** |

Notas: Todas las variables de insumos y climáticas fueron incorporadas en la especificación de la regresión como variables de control. *Área irrigada* se refiere al total acumulado de hectáreas bajo riego (2011–año previo a la encuesta), normalizado por el área cultivada en 2013. Las estimaciones para riego excluyen a los departamentos de Pando y Beni. *Hectáreas tituladas per cápita (últimos 2 años)* se refiere a la suma de hectáreas tituladas durante los dos años previos a cada ronda de la encuesta, dividida por la población rural municipal. Errores estándar robustos, agrupados a nivel municipal, entre paréntesis.
*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Fuente: Elaboración propia. Los datos agrícolas y de producción provienen de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2008, el Censo Nacional Agropecuario 2013 y la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2015. Los datos de temperatura provienen del *MODIS Land Surface Temperature/Emissivity Daily* y los datos de precipitación provienen de *Copernicus Essential Climate Variables*. Los datos de riego provienen de los registros administrativos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), y los datos de titulación, de los registros administrativos del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA).

**La inversión pública en infraestructura de riego tiene efectos positivos en la productividad agrícola**. Este hallazgo concuerda con la literatura que vincula el riego con el aumento de la productividad agrícola. Cuando se incluye un término de interacción para el riego y la precipitación municipal, se observan efectos negativos estadísticamente significativos; esto sugiere que el efecto positivo del riego disminuye a medida que aumentan los niveles de precipitación. Este hallazgo implica que los efectos de las inversiones en riego sobre la productividad son mayores en los municipios menos lluviosos, lo que confirma la necesidad de inversiones focalizadas que reduzcan la vulnerabilidad de los agricultores a las fluctuaciones climáticas. Junto con nuestra conclusión de que las temperaturas extremas tienen un efecto negativo en el crecimiento de la PTF, este resultado resalta importancia de reforzar la resiliencia de los productores a los choques climáticos.

**Los resultados sobre el efecto de la titulación en la productividad no son concluyentes**. Los resultados sugieren que, a corto plazo (en los dos años anteriores a cada ronda de encuestas), los cambios en la titulación de tierras no se asocian con ningún efecto estadísticamente significativo sobre la productividad. Por otra parte, a largo plazo (desde 1997 hasta el año anterior a cada ronda de encuestas), se encuentra un efecto negativo sobre la productividad agrícola.[4] Una evaluación de impacto realizada en Bolivia por Schling et al. (2024) confirma que la posesión de un título aumentó la eficiencia técnica de los agricultores, el acceso al crédito y las inversiones productivas. Por lo tanto, aunque la evidencia sobre la titulación en este estudio no muestra resultados concluyentes, las políticas públicas deben seguir promoviendo la seguridad de la tenencia de la tierra como medio para mejorar los medios de vida rurales, mejorar el acceso de los agricultores al crédito,[5] promover la inversión a largo plazo y aumentar la eficiencia técnica. Se necesitan más investigaciones para aclarar la relación entre la titulación, la seguridad de la tenencia de la tierra, y la productividad en el contexto de Bolivia. Dichas investigaciones deberían examinar como la dinámica entre la titulación y la productividad varía en el tiempo y según unidad de análisis (productor, municipio, etc). Finalmente, cabe resaltar que el efecto de la titulación sobre la productividad puede depender de políticas complementarias que ayuden a mantener y amplificar los beneficios productivos de la titulación.La **Tabla 6** resume los efectos de la inversión pública en riego y titulación de tierras sobre la productividad agrícola.

Tabla 6. Efectos de los factores de política en la productividad

| Tipo de intervención | Efecto sobre la productividad |
|---|---|
| Riego | En promedio, las inversiones municipales en riego se asocian con un efecto positivo en la productividad agrícola a nivel municipal. Los efectos positivos del riego en la productividad disminuyen a medida que aumenta la precipitación municipal. |
| Titulación de tierras | En promedio, a nivel municipal, los aumentos en la superficie titulada no se asociaron con un efecto estadísticamente significativo sobre la productividad en el corto plazo.<br><br>En promedio, los aumentos en la superficie titulada a largo plazo se asociaron con una menor productividad a nivel municipal. |

[4] Un análisis espacio-temporal de la titulación de tierras en Bolivia muestra que los municipios más productivos del país ya habían titulado la mayor parte de sus territorios antes de nuestro periodo de análisis (es decir, antes de 2008). En consecuencia, los cambios en titulación durante el periodo del estudio se concentraron, en su mayor parte, en los municipios menos productivos del país. Esta secuencia puede explicar la asociación negativa observada entre la titulación a largo plazo y la productividad. Futuras investigaciones deberían evaluar el efecto de la titulación sobre la productividad en distintos plazos temporales.

[5] Según la legislación nacional boliviana, las tierras agrícolas y ganaderas definidas legalmente como “pequeñas unidades productivas” no pueden utilizarse como colateral. Esta restricción tiene por objeto impedir que los pequeños propietarios vendan sus tierras en respuesta a choques temporales, con el fin de salvaguardar su fuente de ingresos y evitar el embargo de sus activos (Murguia et al., 2017). Sin embargo, como señalan Murgia et al. (2017), la legislación puede tener efectos adversos para algunos pequeños productores.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Este análisis aborda importantes brechas empíricas y proporciona información sobre cómo los recursos públicos pueden impulsar el crecimiento de la productividad agrícola en Bolivia, lo que impacta sobre la seguridad alimentaria y el bienestar económico de las poblaciones rurales. Las principales recomendaciones de política que se derivan de nuestro análisis son las siguientes:

## I. Dar prioridad a las inversiones en investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) para sostener y acelerar el crecimiento de la productividad agrícola, asegurando que los avances tecnológicos se adapten a los contextos específicos de cada región

En Bolivia, la productividad ha sido impulsada principalmente por el progreso tecnológico, sin embargo, estos patrones varían significativamente entre las regiones del país. El crecimiento del progreso tecnológico se ha concentrado principalmente en la región de los Valles, mientras que en el Altiplano el progreso tecnológico ha sido muy leve. En contraste, los Llanos han experimentado un decrecimiento en su progreso tecnológico, llevando a un decrecimiento en la productividad de esta región. Esta distribución desigual destaca la necesidad de inversiones que fomenten el desarrollo y la adopción de tecnologías adaptadas a las condiciones socioeconómicas, agronómicas y climáticas específicas de cada región. Es decir, las agendas de investigación e innovación agrícola deberían desarrollar intervenciones que aborden las necesidades y particularidades de cada región.

## II. Integrar la resiliencia climática en las agendas de políticas agrícolas

La descomposición de la PTF muestra que los choques climáticos han reducido la productividad en Bolivia significativamente, reduciendo la PTF en promedio en un 0,27% anual. Por lo tanto, las estrategias de desarrollo agrícola deben priorizar la resiliencia climática mediante intervenciones como sistemas de alerta temprana, servicios de información agroclimática, la adopción de tecnologías climáticamente inteligentes y la asistencia técnica específica para ayudar a los agricultores a anticipar y responder a condiciones meteorológicas extremas. Dada la vulnerabilidad del sector a los choques climáticos, estas medidas son necesarias para mantener la productividad y garantizar la sostenibilidad sectorial a largo plazo.

## III. Ampliar el acceso al riego como medida fundamental de adaptación que fortalece la resiliencia climática, aumenta la productividad agropecuaria, y promueve el uso eficiente de los recursos hídricos

El análisis muestra que la inversión pública en riego tiene un impacto estadísticamente significativo en la productividad, especialmente en las zonas con menor precipitación. De cara al futuro, los programas deben seguir apoyando el acceso al riego para los agricultores, invirtiendo en soluciones de riego adaptadas a las condiciones hidrológicas locales. Además, para maximizar el impacto y la sostenibilidad, las inversiones en infraestructura pública de riego deben ir acompañadas de asistencia técnica en la gestión del uso del agua para promover su adopción y garantizar el uso eficiente de los recursos hídricos. Asimismo, los futuros programas de riego deben diseñarse con marcos de monitoreo y evaluación que permitan medir los efectos causales del riego sobre la productividad a corto, mediano y largo plazo.

## IV. Combinar la titulación de tierras con servicios de apoyo complementarios y seguir estudiando los efectos de la titulación de tierras en la productividad a lo largo del tiempo

Este análisis no encuentra efectos concluyentes de la titulación en la productividad, y los resultados sugieren que los efectos de la titulación de tierras pueden variar con el tiempo. Como se ha mencionado anteriormente, los resultados no concluyentes pueden deberse al nivel de agregación de este análisis, ya que estudios anteriores a nivel de productor han encontrado efectos positivos de la titulación en la eficiencia técnica en Bolivia. No obstante, estos resultados sugieren que la titulación de tierras por sí sola puede ser insuficiente para generar ganancias de productividad. Para traducir la seguridad de la tenencia en aumentos de productividad, la titulación debe complementarse con servicios de apoyo, como asistencia jurídica, acceso al crédito y actualizaciones catastrales. Además, para desarrollar evidencia concluyente sobre el efecto de la titulación de tierras en la productividad, los actores políticos en el sector agropecuario deben colaborar con los investigadores para llevar a cabo estudios a corto, mediano y largo plazo que examinen la dinámica de la productividad a nivel de las fincas individuales.

## V. Mejorar las estadísticas agrícolas para la formulación de políticas basadas en evidencia cuantitativa

El análisis de este capítulo estuvo limitado por la falta de datos de panel a nivel de finca, lo que nos impidió explorar la heterogeneidad productiva entre los diferentes tipos de agricultores dentro de un mismo municipio. Además, el diseño analítico puede afectar las estimaciones de productividad y la medición de sus determinantes. Para permitir evaluaciones longitudinales que representen con mayor precisión a los agricultores bolivianos y sus sistemas productivos, las inversiones públicas deberían centrarse en la generación de estadísticas agrícolas longitudinales basadas en encuestas de hogares agrícolas representativas a nivel nacional. El fortalecimiento de la disponibilidad de datos de este tipo desempeñaría un papel fundamental en el respaldo a la toma de decisiones y el diseño de políticas basadas en evidencia en el sector.

# CAPÍTULO 9. **PARAGUAY**

AUTORES: DANIEL LEMA, NICOLÁS GATTI

## RESUMEN

Este capítulo utiliza microdatos de los Censos Agropecuarios Nacionales de 1991, 2008 y 2022 para estimar la evolución de la productividad total de los factores (PTF) y de la eficiencia técnica en el sector agrícola del Paraguay. Los resultados muestran que la PTF agrícola creció aproximadamente el 2% anual, impulsada por mejoras tecnológicas y cambios estructurales en el sector. Al mismo tiempo, la eficiencia técnica disminuyó, pasando del 52% al 32% del potencial máximo durante los últimos 30 años. También se observan diferencias regionales: mientras que el Paraguay oriental continúa siendo más eficiente, departamentos occidentales como Boquerón han mostrado mejoras relativas. El capítulo concluye que el cambio tecnológico ha desempeñado un papel fundamental en las ganancias de productividad y recomienda fortalecer los servicios de extensión agrícola y las inversiones en capital humano para elevar los niveles de eficiencia, especialmente en las zonas relativamente menos eficientes. Mejorar el acceso a los insumos y el uso eficiente de nuevas tecnologías representa una oportunidad concreta para incrementar el valor de la producción agrícola sin depender exclusivamente de un mayor uso de recursos ni de la expansión de la frontera agrícola.

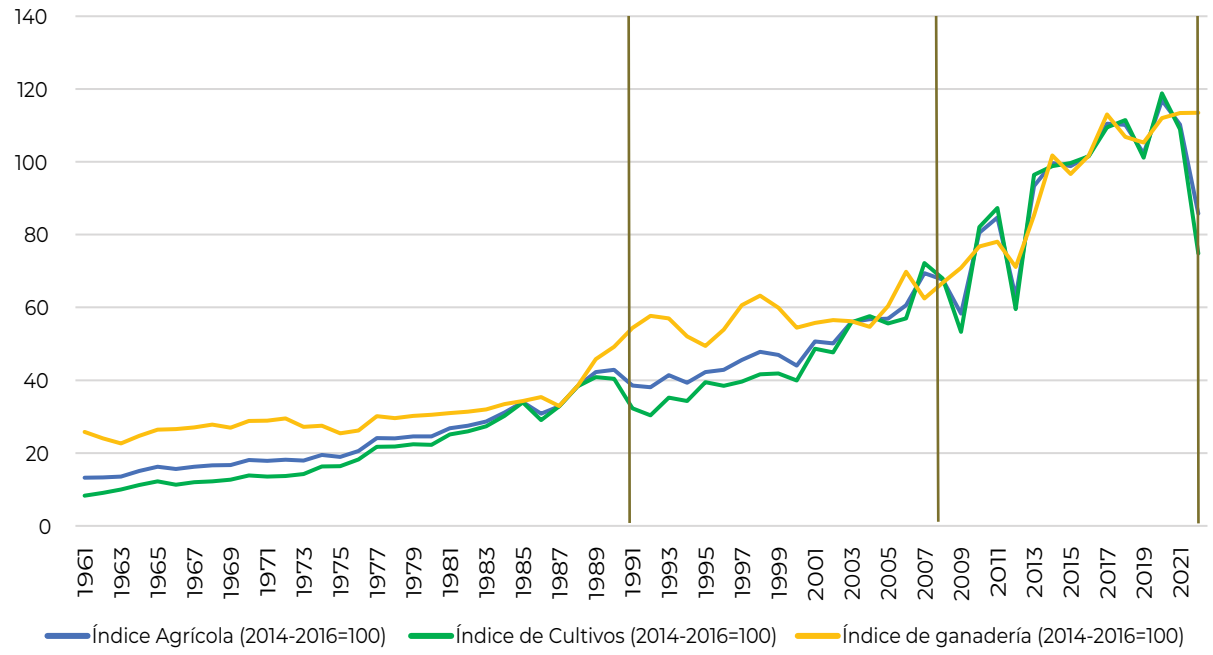
## I. INTRODUCCIÓN

Paraguay constituye un ejemplo interesante de transformación económica en América Latina. A diferencia de sus países vecinos, ha permanecido abierto al comercio durante más de 60 años. Según cifras oficiales, las exportaciones paraguayas han representado de manera constante más del 20% del PIB, con un promedio superior al 70% durante los últimos 30 años. Este alto grado de apertura comercial, junto con el creciente flujo de inversión extranjera en el sector agroindustrial, podría contribuir al crecimiento de la productividad mediante la transferencia de tecnología, la adopción de estándares de mercado de alta calidad y una

mayor integración con las cadenas de valor internacionales. En cuanto al empleo en el sector agrícola, la proporción de la población total que trabaja en el sector disminuyó del 29,6% en 1991 al 17% en 2023 (ILOSTAT, 2025). Durante los últimos 60 años, la participación del sector agrícola en el PIB se redujo del 37% en 1962 al 11,2% en 2022, con los cultivos representando el 7,6% y la ganadería el 2,8% (Instituto Nacional de Estadísticas, 2022). A pesar de la importancia del sector en la economía paraguaya, los estudios de productividad a nivel predial han sido escasos, y este capítulo busca contribuir a llenar ese vacío.

La **Figura 1** muestra la evolución de la producción agrícola del Paraguay. Las líneas verticales indican los años de los censos agropecuarios utilizados en este estudio, los cuales corresponden a períodos de cambios significativos en el sector. Durante el primer período (1961–1990), la producción agrícola mostró un crecimiento modesto. Entre 1991 y 2008, el sector entró en una fase de leve expansión, inicialmente impulsada por el crecimiento de la producción ganadera y posteriormente reforzada por incrementos en la producción de cultivos, particularmente de soya. Desde 2008 hasta 2022, la tendencia ascendente persistió tanto en los cultivos como en la ganadería, con una tasa de crecimiento superior a la del período anterior.

Figura 1. Evolución de la producción agrícola en Paraguay (1961–2022)

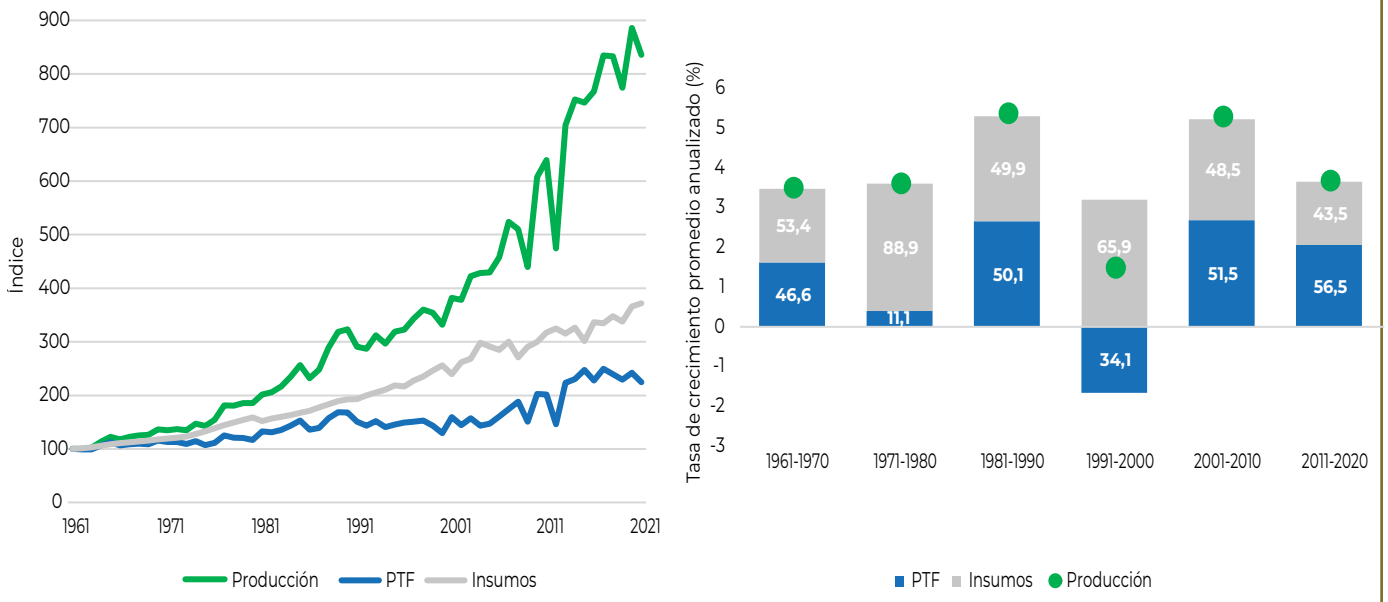



Fuente: Cálculos de los autores con base en FAOSTAT.
Nota: las líneas verticales representan los años de los censos agropecuarios utilizados en este estudio. Precios base 2014–2016 = 100.

Un estudio reciente publicado por el BID (Salazar et al., 2025) destaca el importante crecimiento agrícola del Paraguay durante los últimos 60 años (1961–2021). En este período, la producción agrícola del país se multiplicó por más de ocho, con una tasa de crecimiento anual promedio del 3,6%. Según datos del USDA-ERS, esta expansión fue impulsada principalmente por un mayor uso de insumos, que crecieron a una tasa anual promedio del 2,2%. La productividad total de los factores (PTF) también contribuyó, aunque de manera más moderada, con un promedio del 1,4% anual, registrándose incluso períodos de estancamiento o contracción en algunas décadas. Sin embargo,

desde el año 2000, el crecimiento agrícola en Paraguay ha dependido cada vez más de las ganancias de productividad, las cuales superaron en varios períodos el efecto del uso de insumos. Este cambio se hizo más evidente entre 2011 y 2020, cuando la producción agrícola creció a un promedio anual del 3,7%, con el 44% de este crecimiento atribuible al uso de insumos y 56% a mejoras en la PTF.

FIGURA 2. ESTIMACIONES DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES REALIZADA POR EL BID (1961–2021)




Fuente: Salazar et al. (2025), con base en datos del USDA-ERS.

Para comprender la productividad agrícola en Paraguay, es necesario examinar las políticas implementadas en las distintas etapas del desarrollo del país. Durante el prolongado período de gobierno de facto entre 1954 y 1989, las políticas se orientaron a impulsar la producción para los mercados externos (Nickson y Lambert, 2002). Por ejemplo, los programas de promoción de la soya lanzados en 1972 buscaban aumentar el acceso de los agricultores al crédito y apoyarlos en la modernización de la producción (Wesz Junior, 2022). Las políticas migratorias también desempeñaron un papel importante: migrantes provenientes de Brasil y, posteriormente, de Argentina contribuyeron a atender la baja densidad poblacional de Paraguay, al igual que la creación de colonias agrícolas en el este del país durante la década de 1960 (Wesz Junior, 2022).

En la década de 1990, se consolidó un modelo basado en la expansión de la frontera agrícola, especialmente para el cultivo de soya, lo cual desplazó la producción ganadera en el oeste del país (Larsen, 2017). A partir del año 2000, el crecimiento de la demanda global de alimentos y el aumento de los precios internacionales de los productos agrícolas intensificaron la internacionalización del sector agrícola paraguayo. Este proceso de modernización se consolidó hacia finales de esa década (Cresta et al., 2019; López et al., 2017). Los productores accedieron a insumos de mayor calidad y a financiamiento privado, mientras que las políticas públicas se orientaron a fortalecer el capital productivo y la innovación, principalmente a través de las acciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería, las universidades nacionales y la creación del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA) en 2009 (López et al., 2017).

Esta expansión condujo a un aumento de la deforestación. Aunque los bosques del país se habían mantenido relativamente intactos hasta hace poco, muchos han sido reemplazados por pastizales debido al avance de la frontera agrícola desde el este, impulsado por productores ganaderos que promovieron la conversión de los bosques secos del oeste paraguayo (Baumann et al., 2017). Entre 2001 y 2013, la conversión de bosques a pasturas representó el 62% de las nuevas tierras agrícolas en el occidente del país, aunque este ritmo se desaceleró después de 2007 (Graesser et al., 2015). Paralelamente, la mejora de la infraestructura vial volvió la región más accesible, favoreciendo la actividad económica y el desarrollo (Henderson et al., 2021; Crespo et al., 2019).

La evolución del sector agrícola paraguayo muestra importantes aumentos en producción y productividad en las últimas décadas. Sin embargo, estos avances no se han distribuido de manera uniforme entre regiones o tipos de productores, y persisten diferencias significativas en la eficiencia del uso de los recursos. Por lo tanto, analizar la evolución de la productividad y la eficiencia es crucial para identificar los factores subyacentes del crecimiento y orientar políticas basadas en evidencia que fortalezcan la competitividad y la sostenibilidad del sector.

La mayoría de los estudios existentes se centra en los cambios de la productividad agrícola de Paraguay a nivel regional o nacional, principalmente utilizando datos de series de tiempo. Bharati y Fulginiti (2007) reportaron que el crecimiento de la PTF agrícola en América del Sur aumentó del 1,96% en 1972–1981 al 2,33% en 1982–1991 y al 2,36% en 1992–2002. Durante los dos últimos períodos, Paraguay fue el único país del Cono Sur que experimentó una disminución significativa en su tasa de crecimiento de la PTF. De manera similar, Dias Avila y Evenson (2010) encontraron que el crecimiento de la PTF en Paraguay se rezagó respecto del de Argentina, Brasil, Chile y Uruguay hasta comienzos del siglo XXI. Trindade y Fulginiti (2015) presentan un análisis comparativo del crecimiento de la productividad agrícola en América del Sur entre 1969 y 2009 y sostienen que países como Chile, Brasil y Argentina experimentaron mayores cambios tecnológicos que Paraguay, probablemente debido a una adopción más rápida de nuevas tecnologías, en línea con las tendencias observadas en países desarrollados.

Existen pocos estudios específicos a nivel predial y por actividad para Paraguay. Nin-Pratt (2018) analizó los efectos del crecimiento agrícola y el papel de los pequeños productores y la agricultura familiar. Utilizando datos de la FAO, estimó un crecimiento anual de la PTF del 1,25% entre 1989 y 2012; sin embargo, tras un período de reformas entre 1989 y 2002, esta tasa aumentó al 2,23%. Desde el año 2000, el crecimiento y la mejora del desempeño del sector agrícola del país se explican por el rápido aumento en la producción de soya, maíz, trigo, arroz y ganado, que impulsó las ganancias en la PTF, producción por hectárea y producción por trabajador. Bravo-Ureta y Evenson (1994) emplearon una descomposición estocástica de eficiencia para medir la eficiencia de pequeños productores de algodón y yuca. Más recientemente, Lema y Gatti (2021) compararon la productividad agrícola en los países del Cono Sur entre 1969 y 2016, encontrando que Brasil, Argentina y Chile presentan las mayores tasas de crecimiento de la PTF, mientras que Paraguay y Uruguay han crecido a tasas del 3% y el 2% anual, respectivamente, durante los últimos 16 años. Estas tasas son superiores a las encontradas por Nin-Pratt (2018), pero deben interpretarse con cautela porque las encuestas de hogares rurales no necesariamente son representativas de la explotación agrícola promedio en Paraguay.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

Para presentar evidencia sobre los determinantes y la evolución de la productividad en Paraguay durante los últimos 30 años, este capítulo combina tres fuentes principales de datos: microdatos de los censos agropecuarios de 1991, 2008 y 2022; series de precios de productos agropecuarios; y datos climáticos históricos. Los censos proporcionan información demográfica y productiva a nivel predial. Es importante señalar que el número de fincas analizadas disminuyó de 299.000 en 1991 a 209.000 en 2022. Los precios agropecuarios utilizados para valorar la producción a nivel predial se obtuvieron de la base de datos FAOSTAT. Para los años censales se emplea un índice de precios con base 100 para el período 2014–2016, y los valores de producción se expresan en términos reales. Los precios están disponibles para los principales productos agrícolas, principalmente cereales y oleaginosas. En el caso de la ganadería, los rodeos totales fueron convertidos a "equivalentes vaca" utilizando medidas estándar de la relación entre la oferta de forraje y los requerimientos nutricionales de diferentes categorías de ganado (Bavera, 2006). Los datos climáticos provienen de la Climatic Research Unit, administrada principalmente por el Natural Environment Research Council (NERC) del Reino Unido y el Departamento de Energía de los Estados Unidos (Harris et al., 2020). En particular, el análisis utilizó datos históricos de precipitación y temperatura promedio mensual para el período 1901–2023. Dado que los datos censales no permiten rastrear al mismo productor a lo largo del tiempo, los censos se tratan como cortes transversales agrupados para la estimación econométrica.[1]

La frontera de producción relaciona el logaritmo del valor total de la producción predial por año con un vector de insumos. Las fronteras estocásticas para cada año censal se estiman siguiendo a Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y a Meeusen y Van Den Broeck (1977):

$$y_{im} = \alpha + X_i\beta + Z_i\gamma + M_m\delta + dm_i + v_{im} - u_{im} \quad (1)$$

donde la variable dependiente ( $y_{im}$ ) es el logaritmo del valor total de la producción[2] para el hogar $i$ en la municipalidad $m$; $X$ es un vector de insumos expresados en logaritmos (trabajo, superficie agrícola, y maquinarias) y variables dicotómicas para insumos (uso de fertilizantes y pesticidas); y $Z$ es un vector de variables dicotómicas a nivel de hogar: asistencia técnica, acceso al crédito, pertenencia a una asociación, ubicación en el oeste del país, productor de origen extranjero y condición de finca grande (=1 si la finca está por encima del tamaño mediano, 0 en caso contrario). $M$ es un vector climático que incluye las variables de precipitación y temperatura —tanto sus valores medios como sus desviaciones respecto del promedio de largo plazo— a nivel municipal; y $d_{mi}$ es una variable dicotómica que indica si la observación se ha perdido debido a la transformación logarítmica. Finalmente, $v_{im}$ es un término de error idiosincrático, y $u_{im}$ es el término de error no negativo que representa la ineficiencia y que sigue una distribución exponencial. Se estimaron fronteras estocásticas Cobb-Douglas y translog, y esta última especificación fue seleccionada para el análisis base debido a su mayor flexibilidad para representar la tecnología de producción subyacente. Esta flexibilidad hace que la forma translog sea particularmente adecuada para sistemas agrícolas heterogéneos, en los cuales las interacciones entre insumos —como tierra, mano de obra e insumos intermedios— pueden ser no lineales y depender del contexto.

[1] Las comparaciones de productividad a lo largo del tiempo deben interpretarse con cautela, ya que los cortes transversales combinados pueden reflejar cambios en la composición de la muestra, la entrada o salida de productores y variaciones en la cobertura, más que verdaderas dinámicas de productividad.
[2] Los precios de los productos agrícolas y pecuarios se expresan en términos constantes de 2014–2016 (2014–2016 = 100).

Los resultados de eficiencia técnica se analizan y agrupan a nivel de distrito (unidad política menor) y de departamento (unidad política mayor), dado que no es posible rastrear y comparar las mismas fincas a lo largo del tiempo.

### Tabla 1. Principales variables de interés

| Variable de interés | Descripción |
|---|---|
| Mano de obra | Número de trabajadores |
| Tierra[3] | Hectáreas de tierra |
| Capital[4] | Total de maquinaria disponible |
| Fertilizantes | =1 si el predio utiliza fertilizantes, 0 en caso contrario |
| Pesticidas | =1 si el predio utiliza pesticidas, 0 en caso contrario |
| Asistencia técnica | =1 si el predio recibe asistencia técnica, 0 en caso contrario |
| Crédito | =1 si el predio recibe crédito, 0 en caso contrario |
| Asociación | =1 si el productor es miembro de una asociación, 0 en caso contrario |
| Tamaño | =1 si el predio está por encima del tamaño mediano (ha), 0 en caso contrario |
| Foráneo | =1 si el productor es de origen extranjero, 0 en caso contrario |
| Cultivos permanentes | =1 si el predio cultiva especies permanentes, 0 en caso contrario |
| Occidente[5] | =1 si el predio se ubica en el Paraguay Occidental, 0 en caso contrario |
| Variable de omisión | =1 si el predio no utiliza insumos, 0 en caso contrario |
| Días de altas temperaturas | Número de días por año con temperatura por encima del promedio histórico a nivel distrital |
| Precipitación media | Precipitación anual promedio (mm) a nivel distrital |
| Temperatura media | Temperatura promedio a nivel distrital |
| Desviación de la precipitación | Desviación respecto de la precipitación media histórica (mm) a nivel distrital |
| Desviación de la temperatura | Desviaciones respecto de la temperatura media histórica a nivel distrital |

[3] No se realiza ningún ajuste por calidad de la tierra. Dado el proceso continuo de modernización agrícola, es probable que la calidad de la tierra haya mejorado con el tiempo; por lo tanto, las estimaciones de eficiencia técnica podrían estar ligeramente sobrestimadas.
[4] El capital se mide como la suma lineal de la maquinaria disponible en la finca, incluyendo tractores, motocultores, sembradoras, pulverizadoras, cosechadoras, arados y vehículos.
[5] La agregación a nivel distrital puede inducir correlación espacial. Para tener esto en cuenta, se incluyó una variable dicotómica igual a 1 para los distritos del Paraguay Occidental y 0 para los del Paraguay Oriental.

Las variables se agregaron a nivel distrital para aproximar el crecimiento de la PTF.[6] Dado que esta agregación reduce el número de observaciones por regresión, se emplea una forma funcional Cobb-Douglas para las estimaciones a nivel distrital. Además de su parsimonia, la especificación Cobb-Douglas ofrece parámetros económicamente interpretables y se mantiene robusta en contextos de muestras pequeñas. Asimismo, la evidencia empírica sugiere que, para datos agrícolas agregados, la especificación Cobb-Douglas suele producir clasificaciones de eficiencia y estimaciones de productividad marginal comparables a las obtenidas mediante formas funcionales más flexibles (Bravo Ureta y Pinheiro, 1993; Bravo Ureta et al., 2007).

En consecuencia, agregamos los datos a nivel distrital y estimamos fronteras estocásticas de producción utilizando una forma funcional Cobb-Douglas, con tierra, mano de obra, capital e insumos intermedios como variables explicativas. Para capturar la heterogeneidad regional, se incluyen efectos fijos departamentales y sus respectivas tendencias temporales. Los coeficientes estimados de estos efectos fijos y tendencias se utilizan luego para inferir las tasas promedio de crecimiento de la PTF entre regiones. Finalmente, el componente de cambio tecnológico se obtuvo como la diferencia entre la PTF y la eficiencia técnica.

## III. RESULTADOS

### Fronteras Estocásticas

La comparación de las fronteras estocásticas estimadas para los distintos años censales revela cambios en la importancia relativa de los insumos de producción en Paraguay (**Tabla 2**). Estos cambios en la contribución marginal de los insumos al valor de la producción pueden explicarse por transformaciones estructurales en el sector agrícola. A lo largo de los 30 años cubiertos por los censos, Paraguay pasó de una agricultura basada en pequeños productores a un modelo cada vez más dominado por el agronegocio. En 1991, la tierra y el capital tenían contribuciones similares al valor de la producción —el 45% y el 41%, respectivamente— mientras que la contribución de la mano de obra era negativa (-12%). Para 2008, la tierra había adquirido mayor importancia (89%) en comparación con el capital (12%), y la mano de obra aportaba apenas el 3%. En 2022, la mano de obra siguió siendo el insumo menos relevante (11%), mientras que la tierra representó más del 60% y el capital un poco más del 39%.

En cuanto al uso de insumos variables, el uso de fertilizantes se asoció con un valor de producción un 34% mayor en 1991, un 33% menor en 2008 y un 11% mayor en 2022. El efecto del uso de pesticidas también varió: -15% en 1991, +19% en 2008 y -58% en 2022, en comparación con las fincas que no utilizaron pesticidas.

Las características de los productores también mostraron patrones heterogéneos. Por un lado, los agricultores de origen extranjero presentaron, en promedio, niveles de producción entre el 24% y el 32% superiores a los de los productores locales, lo que sugiere una asociación positiva entre productividad y la llegada de nuevo capital humano, principalmente desde Brasil y Argentina, que podría haber acelerado el cambio tecnológico. Estos resultados podrían indicar efectos positivos de la migración externa hacia Paraguay. Los productores que recibieron asistencia técnica o que eran miembros de asociaciones presentaron, en promedio, niveles de producción inferiores a los de otros productores. Este hallazgo subraya la necesidad de mejorar la calidad y la efectividad de los sistemas públicos y privados de difusión de información y transferencia de conocimientos. En contraste, los productores con acceso a crédito presentaron valores de producción un 5% superiores, en promedio, a los de

[6] Todas las variables continuas se agregaron al nivel distrital mediante sus promedios por año censal. En el caso de las variables dummies a nivel de finca, la agregación produjo el porcentaje de agricultores que utilizan insumos específicos en cada distrito.

aquellos sin acceso.

Las variables climáticas mostraron efectos heterogéneos a lo largo de los años. Medidas a nivel distrital, estas variables capturan choques anuales y su magnitud relativa respecto de las tendencias históricas de largo plazo. El número de días con temperaturas extremas (por encima de la media histórica departamental) tuvo, en promedio, un efecto negativo sobre el valor de la producción.[7] La precipitación media y la temperatura media mostraron efectos mixtos entre los años censales, mientras que las desviaciones respecto de los promedios históricos fueron usualmente negativas para ambas variables. Una excepción se observó en 2022, cuando las desviaciones de la precipitación media tuvieron un efecto positivo, probablemente por su influencia mitigadora durante una temporada particularmente seca.

TABLA 2. ESTIMACIONES DE FRONTERA ESTOCÁSTICA TRANSLOG

(CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA)

| Variables | Coeficientes | | |
|---|---|---|---|
| | 1991 | 2008 | 2022 |
| Ln(mano de obra) | -0,12*** | 0,03*** | 0,11*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| Ln(tierra) | 0,45*** | 0,89*** | 0,63*** |
| | (0,00) | (0,01) | (0,00) |
| Ln(capital) | 0,41*** | 0,12*** | 0,39*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| Ln(mano de obra)$^2$ | 0,05*** | 0,10*** | 0,08*** |
| | (0,00) | (0,01) | (0,01) |
| Ln(mano de obra)*Ln(tierra) | -0,00 | -0,05*** | -0,00 |
| | (0,00) | (0,00) | (0,00) |
| Ln(mano de obra)*Ln(capital) | 0,03*** | 0,01 | -0,12*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,02) |
| Ln(tierra)$^2$ | 0,04*** | 0,04*** | 0,03*** |
| | (0,00) | (0,00) | (0,00) |
| Ln(tierra)*Ln(capital) | -0,04*** | -0,08*** | -0,04*** |
| | (0,00) | (0,00) | (0,00) |
| Ln(capital) $^2$ | 0,10*** | 0,13*** | 0,29*** |
| | (0,00) | (0,01) | (0,02) |
| Fertilizante (=1 si usó, 0 caso contrario) | 0,34*** | -0,33*** | 0,12*** |
| | (0,02) | (0,01) | (0,01) |
| Fertilizante *Ln(mano de obra) | -0,03*** | 0,04*** | -0,13*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,02) |
| Fertilizante *Ln(tierra) | 0,11*** | -0,15*** | 0,20*** |
| | (0,00) | (0,01) | (0,01) |
| Fertilizante*Ln(capital) | -0,05*** | 0,20*** | -0,09*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,02) |
| Pesticida (=1 si usó, 0 caso contrario) | -0,15*** | 0,19*** | -0,58*** |
| | (0,01) | (0,02) | (0,01) |
| Pesticida*Ln(mano de obra) | 0,12*** | 0,15*** | 0,02 |
| | (0,01) | (0,01) | (0,02) |
| Pesticida*Ln(tierra) | 0,14*** | -0,17*** | 0,07*** |
| | (0,00) | (0,00) | (0,01) |
| Pesticida*Ln(capital) | -0,06*** | 0,03*** | -0,16*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,02) |
| Fertilizante *Pesticida | -0,22*** | 0,01 | 0,08*** |
| | (0,02) | (0,02) | (0,02) |
| Asistencia técnica (=1 si recibió, 0 caso contrario) | 0,12*** | 0,10*** | -0,04*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |

[7] La temperatura media histórica de Paraguay entre 1901 y 2022 es de 22,8 °C, con valores que oscilan entre 21,2 °C y 25,5 °C según el departamento, de acuerdo con datos de la Climatic Research Unit.

## Tabla 2. Estimaciones de frontera estocástica translog
(continuación)

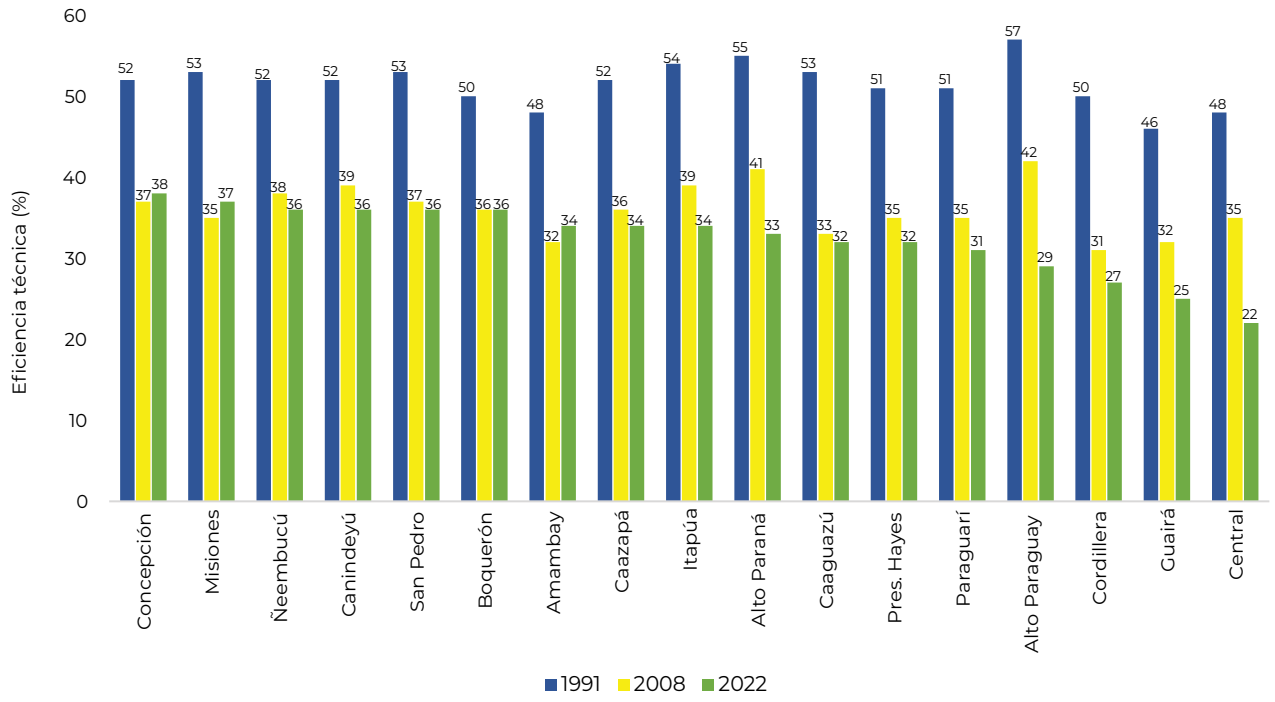
| Variable | Coeficientes | | |
|---|---|---|---|
| | 1991 | 2008 | 2022 |
| Crédito (=1 si recibió, 0 caso contrario) | -0,08*** | 0,17*** | 0,04*** |
| | (0,00) | (0,01) | (0,01) |
| Asociación (=1 si es un miembro, 0 caso contrario) | 0,19*** | 0,40*** | -0,04*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| Tamaño (=1 si el predio está por encima de la mediana, 0 caso contrario) | 0,17*** | 0,20*** | 0,09*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| Foráneo (=1 si el productor es extranjero, 0 en caso contrario) | 0,24*** | 0,32*** | 0,29*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| Cultivos permanentes (=1 si el predio produce cultivos permanentes, 0 en caso contrario) | -0,06*** | -0,25*** | -0,35*** |
| | (0,00) | (0,01) | (0,01) |
| Occidente (=1 si el predio está en el Paraguay occidental, 0 en caso contrario) | -2,71*** | -1,74*** | -1,15*** |
| | (0,21) | (0,04) | (0,07) |
| Dicotómica valor perdido (=1 si el predio no utiliza insumos, 0 en caso contrario) | -0,44*** | -0,02*** | -0,22*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| Ln(días temperaturas altas) | -0,51*** | -0,24*** | -0,19*** |
| | (0,03) | (0,04) | (0,06) |
| Ln(precipitación media) | 0,62*** | -1,29*** | -0,54*** |
| | (0,06) | (0,07) | (0,07) |
| Ln(temperatura media) | 9,21*** | 2,50*** | 0,73*** |
| | (0,24) | (0,25) | (0,28) |
| Ln(desviación precipitación) | -0,05*** | -0,09*** | 0,48*** |
| | (0,00) | (0,01) | (0,06) |
| Ln(desviación temperatura) | -0,03*** | -0,07*** | -0,00 |
| | (0,00) | (0,00) | (0,01) |
| **Efectos fijos por departamento** | **Sí** | **Sí** | **Sí** |
| Test LR ($\sigma_u = 0$) | Rechazar $H_0$ | Rechazar $H_0$ | Rechazar $H_0$ |
| ln $\sigma_v^2$ | -0,63*** | -0,57*** | -0,91*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| ln $\sigma_u^2$ | -0,04*** | 1,40*** | 1,73*** |
| | (0,01) | (0,01) | (0,01) |
| **Observaciones** | **309.908** | **292.274** | **212.488** |

Nota: Cálculos de los autores. La variable dependiente es la producción agrícola. Los datos se expresan como desviaciones respecto de la media geométrica por año para facilitar la interpretación de los coeficientes principales como elasticidades de los insumos. La prueba de razón de verosimilitud (LR) evalúa la hipótesis nula de que la especificación Cobb-Douglas representa adecuadamente la tecnología de producción frente a la forma translog alternativa. Los errores estándar robustos se presentan entre paréntesis. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

## Eficiencia técnica por departamentos y distritos

Los resultados por departamento presentados en la **Figura 3** y la **Figura 4** confirman que la eficiencia técnica ha disminuido en todas las regiones en comparación con 1991. A nivel nacional, cayó del 52% en 1991 al 32% en 2022. Asimismo, con excepción de Concepción, Misiones y Amambay, todos los departamentos también experimentaron una tendencia descendente en la eficiencia técnica entre 2008 y 2022. Esta disminución generalizada de la eficiencia a lo largo del tiempo, junto con los bajos valores estimados para 2022, podría reflejar un rápido desplazamiento hacia afuera de la frontera de producción impulsado por el cambio tecnológico, que habría superado la capacidad de los productores para adaptar sus prácticas de gestión. Esto pone de manifiesto el considerable potencial para incrementar la producción mediante la mejora de la capacidad gerencial, la asistencia técnica y la difusión de conocimientos, sin necesidad de utilizar insumos adicionales ni aumentar la presión sobre los recursos naturales.

Figura 3. Eficiencia técnica promedio por departamento y año

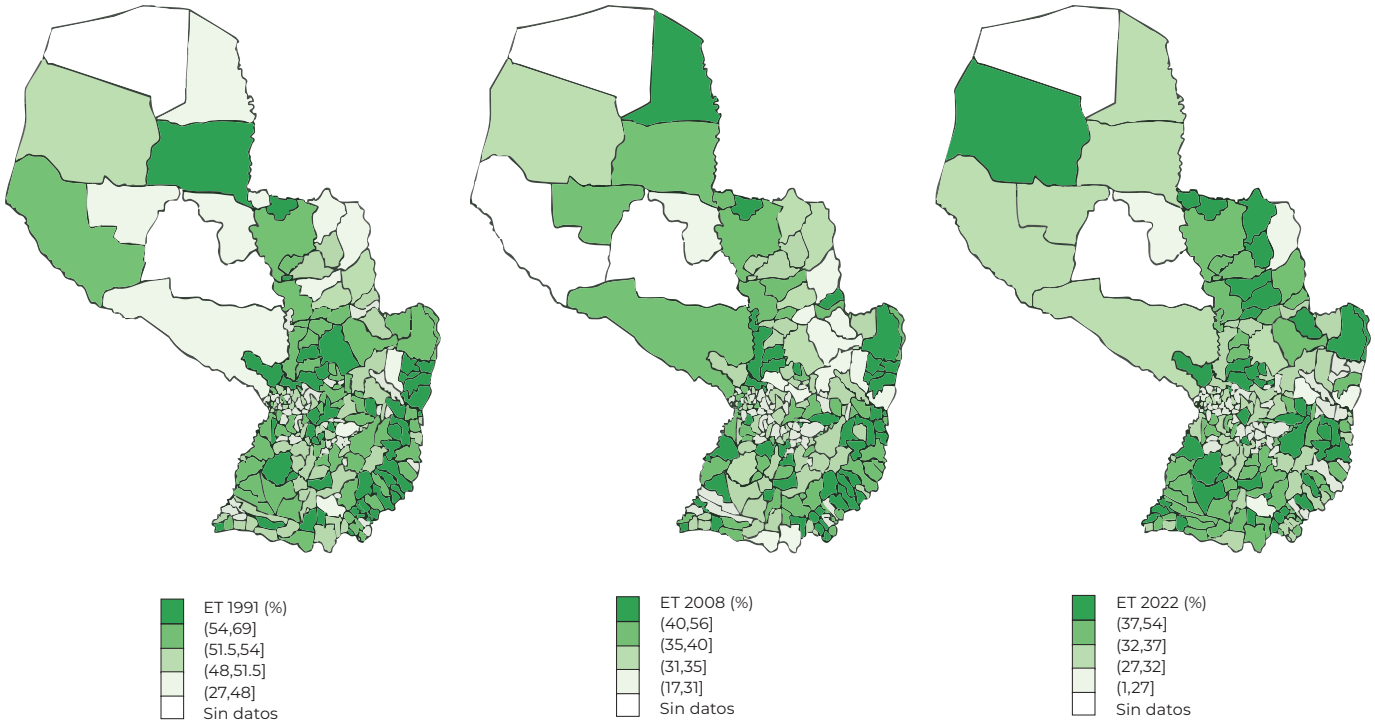



Nota: Cálculos de los autores basados en estimaciones de fronteras estocásticas utilizando datos de los Censos Agropecuarios Nacionales. Los valores de eficiencia técnica provienen de tres estimaciones transversales independientes. Las barras están ordenadas por departamento según los valores de 2022.

La **Figura 4** ilustra la heterogeneidad en la eficiencia técnica promedio dentro de los departamentos a lo largo del tiempo. Sin considerar las diferencias en el tamaño de los departamentos del Paraguay Occidental, los resultados muestran que la eficiencia técnica en el este del país se ubicó por encima de la media en la mayoría de los distritos entre 1991 y 2022. En particular, en 2022, la eficiencia técnica en el 80% de los distritos de Concepción, Canindeyú, Ñeembucú, San Pedro y Misiones se situó por encima de la media. Un segundo grupo de departamentos —Caazapá, Amambay, Boquerón, Itapúa y Alto Paraná— presenta entre el 53% y el 67% de sus distritos por encima de la media. Finalmente, en los departamentos de Central, Paraguarí, Presi-

dente Hayes, Caaguazú, Guairá, Cordillera y Alto Paraguay, menos del 50% de los distritos registraron valores de eficiencia técnica por encima de la media en 2022.

Figura 4. Distribución geográfica de la eficiencia técnica por distrito y año (1991–2022)

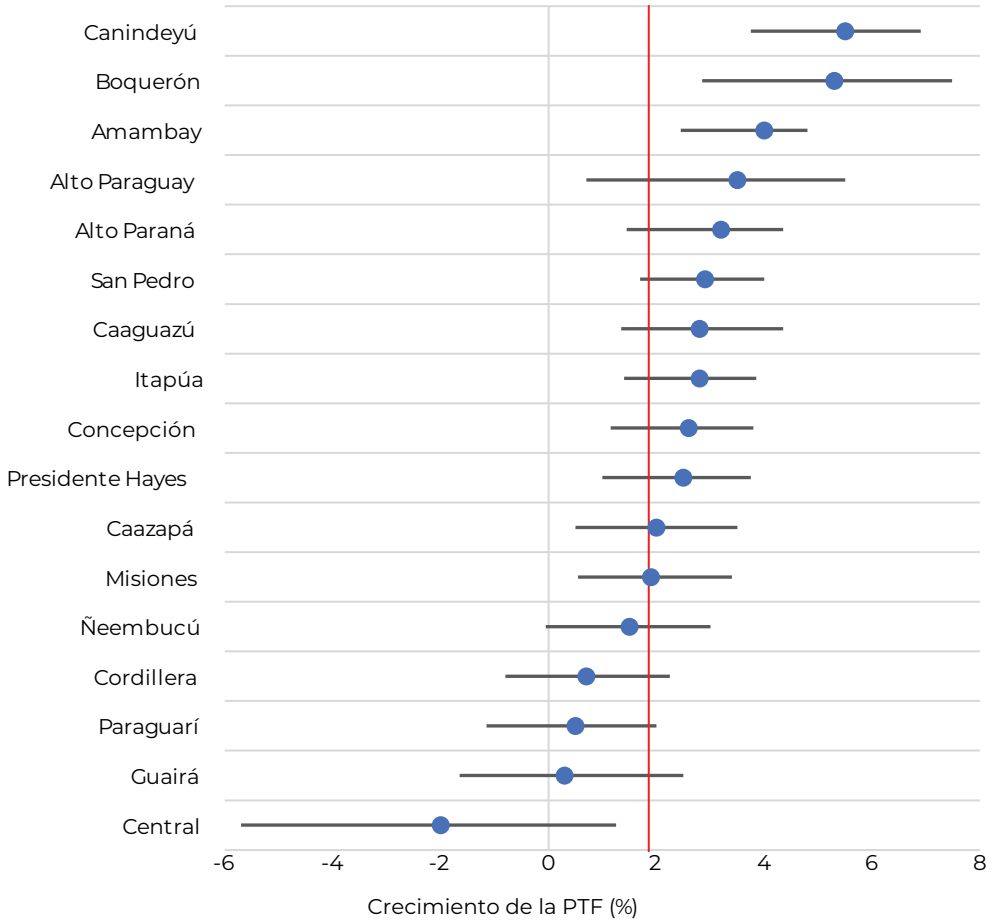



Nota: Cálculos de los autores basados en las estimaciones de fronteras estocásticas utilizando datos de los Censos Agropecuarios Nacionales.

## Productividad total de los factores, por departamentos y distritos

Las estimaciones de PTF basadas en fronteras de producción agregadas a nivel distrital indican que la PTF aumentó a una tasa promedio anual de 1,86% entre 1991 y 2022 (**Figura 5**), en línea con las estimaciones reportadas en estudios previos (Lema y Gatti, 2021; Trindade y Fulginiti, 2015). Suponiendo retornos constantes a escala, este crecimiento fue impulsado principalmente por el cambio tecnológico y por transformaciones estructurales en la organización de la producción, más que por mejoras en la eficiencia (**Tabla 3**). Es notable que la PTF esté creciendo por encima del promedio nacional en departamentos rezagados (principalmente en el oeste del país), mientras que áreas más tradicionales, próximas a grandes centros urbanos, muestran un estancamiento relativo. Las desviaciones respecto de los promedios históricos de precipitación y temperatura se asocian, en general, con tasas de crecimiento positivas, excepto en Ñeembucú, que registró una disminución del 0,7%. En contraste, las variaciones climáticas de corto plazo muestran tasas de crecimiento negativas para la precipitación en todos los departamentos, que oscilan entre el 0,5% y el 1%. Las tasas de crecimiento de la temperatura media fueron, en general, cercanas a 0.

## Figura 5. Crecimiento promedio de la PTF por departamento (1991–2022)




Nota: Cálculos de los autores basados en estimaciones de fronteras estocásticas utilizando datos de los Censos Agropecuarios Nacionales. Las tasas de crecimiento se agrupan por departamento y año. La línea roja representa la tasa promedio de crecimiento de la PTF.

## Tabla 3. Tasas estimadas de crecimiento por departamento

(continúa en la siguiente página)

| | | | | % Clima | | % Tiempo atmósferico | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Departmento | % PTF | % Eficiencia técnica | % Cambio técnico | %Desviación Precipitación | % Desviación Temperatura | % Media Precipitación | % Media Temperatura |
| Canindeyú | 5,5% | -0,5% | 6,0% | 12,1% | -6,5% | -0,6% | 0,1% |
| Boquerón | 5,3% | -0,5% | 5,7% | 6,2% | 1,9% | -0,9% | 0,0% |
| Amambay | 4,0% | -0,5% | 4,4% | 0,0% | 6,9% | -0,5% | 0,1% |
| Alto Paraguay | 3,5% | -0,9% | 4,4% | 7,8% | 4,3% | -1,0% | 0,0% |
| Alto Paraná | 3,2% | -0,7% | 3,9% | 6,3% | 2,9% | -0,9% | 0,0% |
| San Pedro | 2,9% | -0,6% | 3,5% | 7,9% | 3,1% | -0,7% | 0,0% |

TABLA 3. TASAS ESTIMADAS DE CRECIMIENTO POR DEPARTAMENTO
(CONTINUACIÓN)

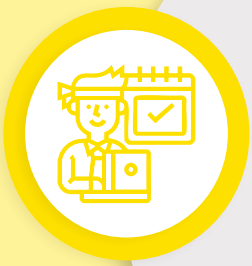
| | | | | % Clima | | % Tiempo atmósferico | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Departmento | % PTF | % Eficiencia técnica | % Cambio técnico | %Desviación Precipitación | % Desviación Temperatura | % Media Precipitación | % Media Temperatura |
| Caaguazú | 2,8% | -0,7% | 3,5% | 6,5% | 2,1% | -0,9% | 0,0% |
| Itapúa | 2,8% | -0,7% | 3,5% | 7,2% | 1,4% | -0,9% | 0,0% |
| Concepción | 2,6% | -0,5% | 3,1% | 0,0% | 4,1% | -0,5% | 0,0% |
| Presidente Hayes | 2,5% | -0,6% | 3,1% | 7,1% | 2,8% | -0,6% | 0,0% |
| Caazapá | 2,0% | -0,6% | 2,6% | 6,9% | 2,2% | -0,9% | 0,0% |
| Misiones | 1,9% | -0,5% | 2,5% | 6,9% | 2,0% | -0,8% | 0,0% |
| Ñeembucú | 1,5% | -0,5% | 2,0% | 7,6% | -0,7% | -0,8% | 0,0% |
| Cordillera | 0,7% | -0,7% | 1,4% | 6,1% | 3,0% | -0,9% | 0,0% |
| Paraguarí | 0,5% | -0,6% | 1,1% | 6,5% | 3,3% | -0,8% | 0,0% |
| Guairá | 0,3% | -0,7% | 1,0% | 5,8% | 2,0% | -0,9% | 0,0% |
| Central | -2,0% | -0,8% | -1,2% | 8,3% | 7,6% | -0,7% | -0,1% |

Nota: Cálculos de los autores basados en estimaciones de fronteras estocásticas utilizando datos de los Censos Agropecuarios Nacionales. Las tasas de crecimiento se agrupan por departamento y año. Las desviaciones de lluvia y temperatura se calculan a partir de los promedios de largo plazo.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Este capítulo presenta evidencia empírica sobre la evolución de la productividad agrícola y de la eficiencia técnica en Paraguay entre 1991 y 2022, utilizando microdatos de los censos agropecuarios. Los resultados revelan una mejora sustancial en la productividad de la agricultura paraguaya, impulsada principalmente por el cambio tecnológico. Durante este período, el sector experimentó importantes transformaciones estructurales, pasando de una agricultura basada predominantemente en pequeños productores a un modelo agrícola más moderno. A partir de estos hallazgos, se proponen las siguientes recomendaciones de política:

## I. INVERTIR EN EFICIENCIA TÉCNICA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



La PTF creció a una tasa del 1,86% anual entre 1991 y 2022, impulsada principalmente por el cambio tecnológico y por transformaciones estructurales hacia sistemas de producción orientados a la empresa. Sin embargo, el análisis revela una disminución significativa en la eficiencia técnica promedio —de un 52% en 1991 a un 32% en 2022— lo que implica una oportunidad considerable para aumentar la producción mediante una mejor gestión de las tecnologías existentes, en lugar de recurrir a un mayor uso de insumos o a la conversión de tierras. Priorizar inversiones en difusión de conocimientos, asistencia técnica y servicios de extensión tiene el potencial de mejorar el desempeño agrícola sin ejercer mayor presión sobre los recursos naturales.

### II. Fortalecer el capital humano mediante la provisión de asistencia técnica de alta calidad y mecanismos eficaces de transferencia de conocimientos para mejorar el desempeño del sector

Los resultados muestran que la eficiencia técnica promedio ha disminuido incluso cuando la adopción de tecnología ha aumentado durante los últimos 30 años. Esto sugiere que las futuras mejoras en la producción no deben depender únicamente del acceso a nuevas tecnologías o de un mayor uso de insumos, sino más bien de mejorar la eficiencia en la gestión de las tecnologías y recursos actuales. Los programas de capacitación, las escuelas de campo y las alianzas con universidades e institutos de investigación podrían ser estrategias eficaces para garantizar que los productores adopten y gestionen con éxito las nuevas tecnologías.

### III. Priorizar los departamentos con bajos niveles de eficiencia para aumentar la competitividad de los agricultores

El fortalecimiento de los servicios de extensión rural es especialmente crucial para mejorar la adopción y la gestión de las tecnologías e insumos disponibles en los departamentos con los niveles más bajos de eficiencia técnica, particularmente en el oeste del país. Las políticas deben orientarse a mejorar la efectividad de la asistencia técnica y de las organizaciones de productores, enfocándose no solo en ampliar la cobertura, sino también en incrementar la calidad y la pertinencia de los servicios brindados a los agricultores en estas zonas.

### IV. Fortalecer la resiliencia frente a los choques climáticos para impulsar la productividad agrícola

La construcción de sistemas de producción resilientes es esencial para reducir la vulnerabilidad de los agricultores frente a los choques climáticos. La evidencia de este análisis indica que las perturbaciones relacionadas con el clima pueden haber limitado de manera significativa las mejoras en la eficiencia técnica. Para enfrentar este desafío, las políticas deben promover la adopción de tecnologías y prácticas climáticamente inteligentes y dotar a los agricultores de las herramientas y los conocimientos necesarios para gestionar eficazmente los riesgos climáticos. Esto va más allá de un tema de adaptación; constituye una inversión estratégica para elevar la PTF y garantizar un crecimiento agrícola sostenible.

En resumen, el Paraguay tiene una oportunidad única para aprovechar plenamente el potencial de su sector agrícola, aumentando el crecimiento de la producción y fortaleciendo la sostenibilidad ambiental. Lograrlo requerirá esfuerzos focalizados para fortalecer las capacidades de gestión orientadas al uso eficaz de tecnologías e insumos, al tiempo que se reducen las disparidades regionales de productividad. Asimismo, es importante la necesidad de fortalecer la capacidad institucional y alinear los incentivos de política con estrategias basadas en la productividad, a fin de garantizar un desarrollo agrícola sostenible e inclusivo.

# CAPÍTULO 10. **ARGENTINA**

**Autores: Daniel Lema, Nicolás Gatti**

## RESUMEN

La agricultura es un componente importante de la economía de Argentina, ya que representa cerca del 60% del valor total de las exportaciones y alrededor del 8% del PIB (INDEC, 2025). Este capítulo estima el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) en la agricultura entre 1961 y 2022 utilizando datos de FAOSTAT y evalúa la eficiencia técnica mediante un modelo de frontera estocástica basado en microdatos del Censo Agropecuario de 2018. Los resultados muestran que la PTF agrícola creció a un promedio anual del 1,78%, impulsada en gran medida por la producción de cultivos. El período de mayor crecimiento fue la década de 1990 (3,29% por año), mientras que la última década ha mostrado una marcada desaceleración. En 2018, la eficiencia técnica promedio se estimó en alrededor del 50%, con disparidades significativas entre productores y regiones. Estos hallazgos sugieren que se podrían lograr ganancias sustanciales de productividad mejorando la gestión de las tecnologías existentes, en vez de hacerlo mediante el uso de insumos adicionales o la expansión de la superficie cultivada. Nuestros resultados subrayan la importancia de políticas estables y orientadas al mercado, una mejor transferencia de conocimientos y apoyo focalizado para la adopción de tecnología.

## I. INTRODUCCIÓN

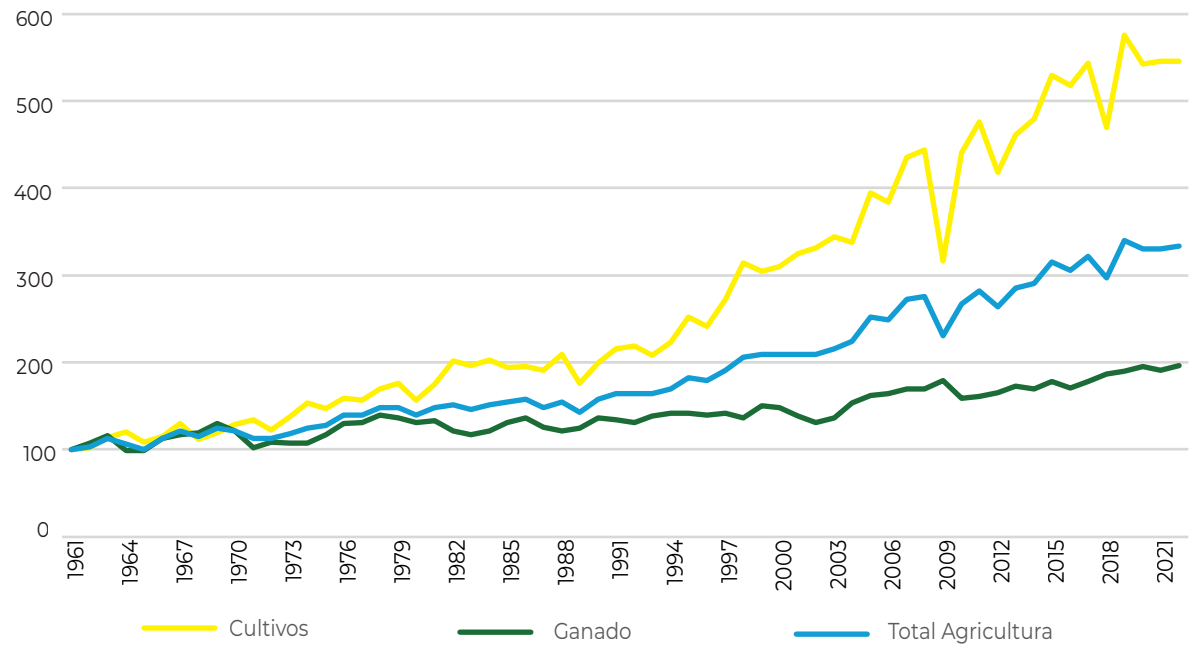
La agricultura desempeña un papel central en la economía argentina. El sector agrícola primario contribuye con alrededor del 8% del PIB total, mientras que los productos agrícolas y alimentarios representan cerca del 60% del valor total de las exportaciones. Cuando se incluye la industria de procesamiento agroalimentario —el conjunto de actividades que transforman los productos agrícolas primarios en alimentos, bebidas y otros bienes con valor agregado, abarcando las 31 principales cadenas agroalimentarias de Argentina— la contribución del sector al PIB aumenta a aproximadamente 15% y genera alrededor del 10% del empleo total

(Lódola et al., 2019). Dado su importante papel en la producción y el comercio, el desempeño agrícola es un determinante clave de la estabilidad macroeconómica de Argentina y de sus perspectivas de crecimiento a largo plazo. Los vínculos con los mercados internacionales podrían promover la inversión extranjera directa para catalizar mejoras en la productividad mediante el progreso tecnológico y ganancias de eficiencia.

Según el Informe de Monitoreo y Evaluación de la Política Agrícola 2024 de la OCDE, el sector agrícola de Argentina ha experimentado innovaciones considerables; sin embargo, las políticas que proporcionan apoyo negativo mediante restricciones a las exportaciones y la imposición de impuestos han contrarrestado a menudo estos avances. A comienzos de la década de 1990, la eliminación de los impuestos a la exportación y de las restricciones comerciales que habían prevalecido durante las tres décadas anteriores coincidió con una marcada expansión de la producción de granos. Entre 1990 y 2001, el crecimiento fue impulsado por una acumulación sostenida de capital, la adopción acelerada de nuevas tecnologías y la difusión de prácticas mejoradas. Este período vio la adopción generalizada de variedades de cultivos genéticamente modificados y de prácticas de manejo del suelo y de los cultivos, entre ellas la siembra directa y la rotación de cultivos.

Tras la fuerte depreciación del peso argentino en 2002, la mayoría de las medidas de política de la década de 1990 fueron revertidas progresivamente. Para fines de 2015, el sector agrícola se encontraba nuevamente sujeto a múltiples impuestos y regulaciones: (i) los productores de materias primas enfrentaban impuestos a la exportación de entre el 20% y el 35%, (ii) se habían restablecido los impuestos a la importación de bienes de capital, (iii) la inflación promediaba entre el 20% y el 25% anual debido a la política mo-

FIGURA 1. ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA BRUTA DE ARGENTINA (1961-2022) (1961=100)



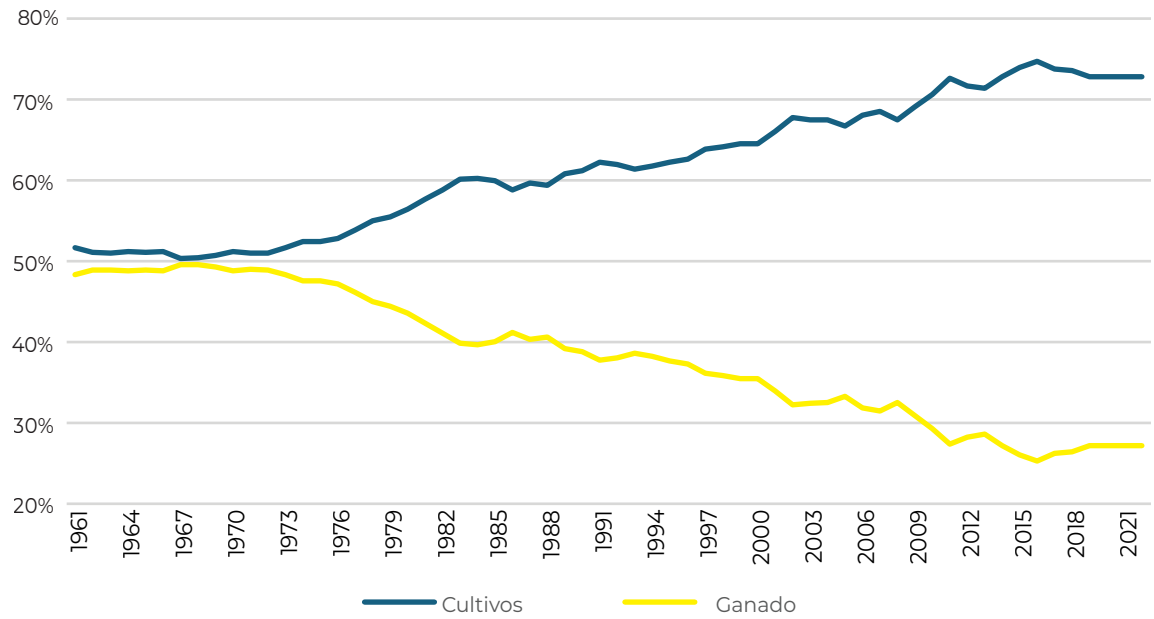

Fuente: Cálculos de los autores utilizando datos de FAOSTAT 1961-2022.

netaria, y (iv) la cadena de valor agrícola estaba sujeta a una regulación creciente, con cuotas de exportación para ciertos productos y límites máximos de precios a nivel minorista (Lema et al., 2018). A pesar de estas restricciones, la producción de los principales cultivos de Argentina continuó expandiéndose, impulsada principalmente por el aumento de los precios internacionales de los productos básicos.

La **Figura 1** muestra la evolución del Índice de Producción Agrícola Bruta de Argentina, según lo informado por la FAO, desde 1961 hasta 2022. La producción de cultivos creció a una tasa anual estimada del 2,93%, en comparación con el 0,95% para la ganadería y el 2,02% para la producción agrícola total. Estas tendencias ilustran que la producción de cultivos se ha expandido a un ritmo significativamente más rápido que la producción ganadera. Históricamente, la producción agrícola de Argentina se distribuía de manera relativamente equilibrada entre cultivos y ganadería, pero los cultivos representan ahora aproximadamente el 70% del valor total de la producción agrícola. Esta transformación también se refleja en los volúmenes de producción: en 1990, la producción total de granos del país era de aproximadamente 40 millones de toneladas, mientras que para 2024 había aumentado a alrededor de 140 millones de toneladas, un incremento de casi el 250%. En contraste, la producción de carne vacuna durante el mismo período se ha mantenido relativamente estable, en alrededor de tres millones de toneladas por año.

La **Figura 2** ilustra aún más esta transformación al mostrar los cambios en las participaciones de cultivos y ganadería en el valor agregado agrícola total. A principios de la década de 1960, ambos contribuían casi por igual, pero la participación de los cultivos ha aumentado de manera constante desde entonces, mientras que la de la ganadería ha disminuido. En conjunto, estas cifras destacan el cambio estructural de largo plazo en la agricultura argentina hacia la producción de cultivos.

FIGURA 2. PORCENTAJE DE LOS CULTIVOS Y EL GANADO EN EL VALOR AGREGADO AGRÍCOLA DE ARGENTINA (1961-2022)




Fuente: Cálculos de los autores utilizando datos de FAOSTAT 1961-2022.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

El objetivo de este capítulo es presentar estimaciones actualizadas del crecimiento de la PTF agrícola y de los niveles de eficiencia en Argentina. Analizar estos factores es esencial para identificar oportunidades de un uso más eficiente de los recursos y para fortalecer la competitividad mediante políticas focalizadas.

Las tasas de crecimiento de la PTF entre 1961 y 2022 se calcularon utilizando la metodología de números índice Färe–Primont (O'Donnell, 2010, 2012), con datos sobre producción e insumos agrícolas obtenidos de la base de datos FAOSTAT. El índice Färe–Primont es particularmente adecuado para estudios de productividad agrícola cuando la información de precios es incompleta, está distorsionada o no es comparable entre regiones y a lo largo del tiempo. El índice Färe–Primont supera esta limitación usando únicamente cantidades físicas. Además, a diferencia de otros índices de productividad (por ejemplo, Tornqvist, Fisher), el índice Färe–Primont satisface las propiedades de transitividad y consistencia multiplicativa, lo el que permite realizar comparaciones relevantes entre múltiples períodos y regiones.

La producción agrícola se mide como un índice que representa la producción agrícola bruta en dólares constantes (precios 2014–2016 = 100), mientras que los insumos incluyen: tierra, trabajo, maquinaria, fertilizantes, nutrientes, semillas, abono, pesticidas, ganado y alimento para animales.

El capítulo también proporciona evidencia sobre la eficiencia técnica utilizando un modelo de frontera estocástica, basado en microdatos del Censo Nacional Agropecuario 2018 (CNA 2018). El análisis empírico aplica un enfoque de frontera estocástica de corte transversal a información detallada sobre producción, uso de insumos y características de los productores de soya, trigo, maíz y girasol en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, La Pampa, Entre Ríos y San Luis. Estas provincias representan más del 70% de la superficie nacional de granos y oleaginosas y casi una cuarta parte de la superficie agrícola total del país; de hecho, Santa Fe por sí sola representa alrededor del 21%. Sin embargo, si bien estas provincias representan la mayor parte de la producción agrícola argentina, constituyen una proporción menor del total de productores debido a que el análisis excluye a los numerosos establecimientos de pequeña escala en las regiones norte y sur, que son muchos en número, pero operan superficies relativamente pequeñas. Según el Censo Agropecuario 2018, aproximadamente 90.000 establecimientos agropecuarios operan en la región pampeana (provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe), lo que representa alrededor del 36% de los 250.000 establecimientos registrados a nivel nacional. Además, esta región concentra más de tres cuartas partes del área nacional dedicada a los cuatro cultivos considerados en este estudio: específicamente, el 90% y el 82% del área de trigo y maíz, y el 88% y el 73% del área de soya y girasol, respectivamente. En otras palabras, si bien este capítulo captura los patrones de eficiencia en las principales regiones agrícolas de Argentina, que generan la mayor parte de la producción nacional, se enfoca en un subconjunto de establecimientos agropecuarios.

## III. RESULTADOS

### Tendencias de la PTF agrícola, la producción y los insumos

El índice de PTF Färe–Primont utilizado para estimar el crecimiento de la PTF proporciona una medida transitiva y basada en cantidades de la productividad total de los factores. A diferencia de los índices tradicionales basados en precios, este índice requiere únicamente cantidades físicas de insumos

[1] Se utilizó el programa O'Donnell DPIN (versión 3.0) para estimar los índices de Färe-Primont.

y productos, lo que lo hace particularmente adecuado para conjuntos de datos agrícolas donde la información de precios es limitada (O'Donnell, 2011; 2012).

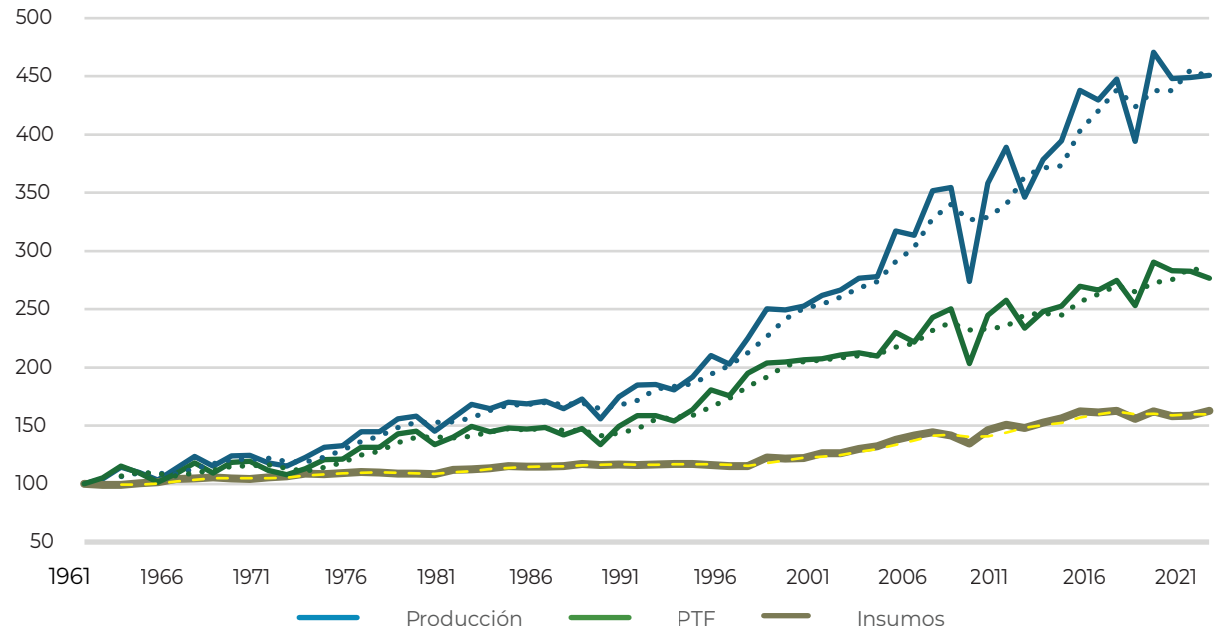
La **Tabla 1** presenta la evolución de los índices de PTF, producción e insumos entre 1961 y 2022 (año base 1961 = 100).[1] En promedio, la producción agrícola creció 2,6% por año, mientras que la PTF aumentó 1,78%. La producción y productividad de los cultivos experimentaron un crecimiento mayor que la producción ganadera. La **Figura 3** muestra que la evolución de la producción, los insumos y la PTF siguieron trayectorias de largo plazo distintas, con variaciones en las tasas de crecimiento.

TABLA 1. TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA PTF, PRODUCCIÓN E INSUMOS (1961-2022)

| Variable | Cultivos | Ganado | Agricultura (cultivos y ganado) |
|---|---|---|---|
| PTF | 1,88% | 0,88% | 1,78% |
| Producción | 2,93% | 0,95% | 2,60% |
| Insumos | 1,05% | 0,07% | 0,82% |

Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones del índice Färe-Primont utilizando datos de FAOSTAT 1961-2022.

FIGURA 3. ÍNDICES DE PRODUCCIÓN, INSUMOS Y PTF PARA EL SECTOR AGRÍCOLA (CULTIVOS Y GANADERÍA), ARGENTINA (1961-2022)



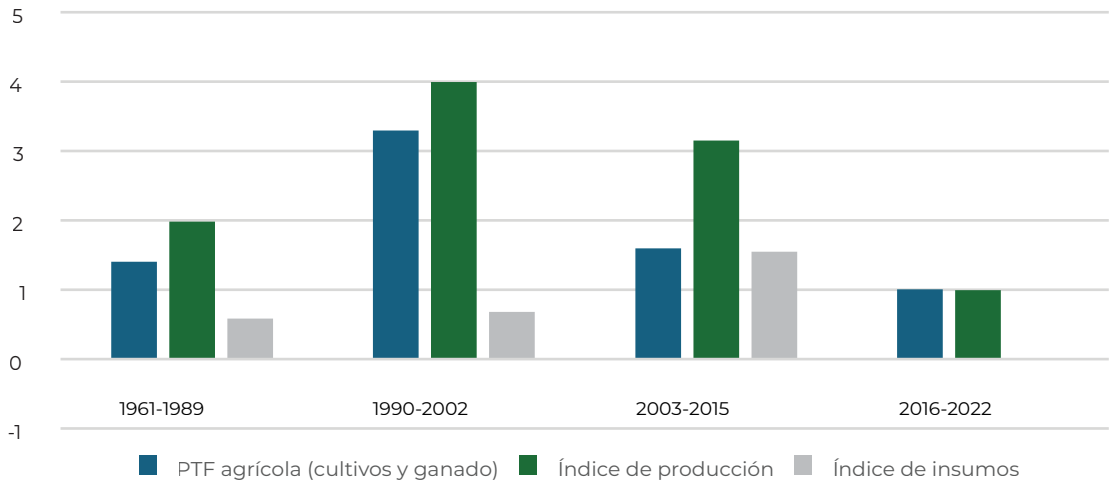

Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones del índice Färe-Primont utilizando datos de FAOSTAT 1961-2022.[2]

La **Figura 4** presenta el crecimiento de la PTF para distintos períodos que representan los principales regímenes de política agrícola de Argentina, según lo sugerido por la OCDE (2019). Esta desagregación muestra cómo los cambios de política han dado forma al des-

[1] Se utilizó el programa O'Donnell DPIN (versión 3.0) para estimar los índices de Färe-Primont.
[2] Las líneas punteadas muestran la media móvil de tres años, que se utiliza para suavizar las fluctuaciones a corto plazo y reducir la influencia de perturbaciones aleatorias, como las causadas por la variabilidad climática.

empeño de la producción y la productividad a lo largo del tiempo. Definir subperíodos según estos regímenes de política proporciona una interpretación más relevante de las tendencias de productividad que las divisiones arbitrarias por décadas, ya que vincula los cambios en la productividad total de los factores directamente con cambios identificables en las políticas comerciales, fiscales y regulatorias que afectan al sector.

FIGURA 4. CRECIMIENTO ANUAL DE LA PTF AGRÍCOLA, POR PERÍODO (1961-2022)




Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones del índice Färe-Primont utilizando datos de FAOSTAT 1961-2022.

Entre 1961 y 1989, Argentina mantuvo una economía relativamente cerrada caracterizada por intervenciones de precios, altas barreras a la importación, retención de existencias públicas obligatorias, impuestos a la exportación y bajos niveles de inversión pública en infraestructura e investigación y desarrollo (I+D) agrícola (OCDE, 2019). El crecimiento anual de la producción alcanzó el 1,98%, impulsado principalmente por el crecimiento de la PTF (1,4%), más que por el uso de insumos (0,58%), lo cual refleja importantes aumentos en producción y productividad logrados con un uso reducido de factores. Entre 1990 y 2002, Argentina atravesó una liberalización sustancial, un proceso que incluyó el desmantelamiento de las instituciones públicas de comercialización, la reducción de las barreras comerciales, la eliminación de los impuestos a la exportación y la desregulación de los mercados. La producción agrícola creció alrededor del 3,99% al año, impulsada principalmente por el crecimiento de la PTF (3,29%) y por un aumento moderado en el uso de insumos (0,68%).

A principios de la década de 2000, particularmente entre 2003 y 2015, Argentina restableció regulaciones como los impuestos a la exportación y las restricciones comerciales. A partir de 2002, los impuestos a las exportaciones agropecuarias, los controles de precios y las políticas de regulación del mercado fueron reintroducidos en un contexto de altos precios de los productos básicos. Los datos de la OCDE muestran que el apoyo al productor (PSE) pasó a ser fuertemente negativo, reflejando distorsiones significativas causadas por estas regulaciones. El crecimiento de la producción se desaceleró a el 3,15% anual, el crecimiento de la PTF cayó al 1,6% y el uso de insumos aumentó a un 1,55%.

Finalmente, el período 2016–2022 trajo consigo una liberalización parcial, seguida por una intervención renovada. Esto incluyó

esfuerzos iniciales para reabrir los mercados, la eliminación de la mayoría de las restricciones a la exportación y reducciones significativas en los impuestos a las exportaciones. Los datos de la OCDE (2024) confirman que los niveles de apoyo (PSE) negativo disminuyeron del –42% del ingreso agrícola bruto en 2014 a aproximadamente el –9% en 2017. Sin embargo, las presiones fiscales y las crisis cambiarias llevaron a la restauración de mayores impuestos de exportación después de 2018. Durante este período, la producción cayó al 1% anual, el crecimiento de la PTF disminuyó al 1,0% y el uso de insumos disminuyó levemente (–0,01%). En resumen, como se muestra en la **Tabla 2**, las mayores ganancias de productividad ocurrieron en la década de 1990, cuando el crecimiento de la PTF superó el 3% anual, mientras que tanto la producción como los insumos también se expandieron. En contraste, el crecimiento de la PTF se desaceleró después de 2002, coincidiendo con una mayor dependencia del uso de insumos. El período más reciente (2016–2022) se caracteriza por una desaceleración pronunciada en el crecimiento tanto de la producción como de la productividad.

TABLA 2. RESUMEN DEL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLAS EN ARGENTINA (1961-2022)

| Periodo | Crecimiento PTF | Crecimiento de la producción | Crecimiento de los insumos | Principales características |
|---|---|---|---|---|
| 1961–1989 | 1,40% | 1,98% | 0,58% | Aumento lento pero constante de la productividad; crecimiento moderado de la producción impulsado en gran medida por la expansión de los insumos. |
| 1990–2002 | 3,29% | 3,99% | 0,68% | Fuerte aumento de la productividad tras la liberalización económica y la rápida adopción de tecnologías (biotecnología, labranza cero, fertilizantes). |
| 2003–2015 | 1,60% | 3,15% | 1,55% | El crecimiento de la producción se vio impulsado principalmente por la intensificación de los insumos; la productividad se desaceleró debido a las restricciones comerciales y los impuestos a la exportación. |
| 2016–2022 | 1,00% | 0,99% | –0,01% | Estancamiento tanto en la producción como en la productividad, impulsado por una menor inversión y la inestabilidad macroeconómica. |
| 1961–2022 (total) | 1,78% | 2,60% | 0,82% | El crecimiento a largo plazo estuvo dominado por mejoras en la PTF, especialmente en la producción de cultivos. |

Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones del índice Färe-Primont utilizando datos de FAOSTAT 1961-2022.

Una comparación de estudios recientes muestra que las estimaciones del crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) agrícola para Argentina son ampliamente coherentes entre los principales análisis internacionales y nacionales, revelando ganancias de largo plazo que promedian entre el 1,5% y el 2,0% por año. Las diferencias entre estudios reflejan principalmente elecciones metodológicas, cobertura de datos y la inclusión de puntos de inflexión específicos en materia de política o tecnología.

Utilizando una frontera estocástica y el índice de Malmquist, Trindade y Fulginiti (2015) estiman un crecimiento de la PTF de Argentina entre el 2,0% y el 2,3% anual entre 1969 y 2009. Por su parte, Nin-Pratt et al. (2015) estiman un crecimiento regional de la PTF agrícola en ALC del 1,6%–1,8% anual entre 1981 y 2012, con Argentina cerca del límite superior.

Las estimaciones a largo plazo de Dias Ávila y Evenson (2010), basadas en datos de la FAO y en contabilidad del crecimiento, muestran un incremento de la PTF agrícola argentina de un 1,83% entre 1961 y 1980, y de un 2,35% entre 1981 y 2001. Del mismo modo, utilizando un enfoque de contabilidad del crecimiento, Lema (2016) encuentra que la PTF creció un 1,4% anual entre 1961 y 1989, se aceleró a un 3,3% entre 1990 y 2002, y luego se desaceleró al 1,6% entre 2003 y 2015, un patrón que se refleja estrechamente en el índice Färe–Primont utilizado en este estudio (1961–2022).

En conjunto, las estimaciones Färe–Primont confirman y refinan el consenso empírico existente: la productividad agrícola de Argentina alcanzó su punto máximo en la década de 1990 y se desaceleró bajo la reintroducción de intervenciones de política después de 2003. Si bien la magnitud del crecimiento de la PTF varía ligeramente según la metodología, todos los estudios coinciden en que el desempeño agrícola de largo plazo de Argentina ha estado impulsado principalmente por el progreso tecnológico y las ganancias de eficiencia más que por la expansión del uso de insumos, particularmente en la producción de cultivos.

## Niveles de eficiencia técnica en 2018

Los microdatos del Censo Nacional Agropecuario 2018 (CNA 2018) se utilizaron para estimar puntajes de eficiencia técnica. Los datos abarcan información sobre producción, uso de insumos y características de los productores para parcelas de soja, trigo, maíz y girasol en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, La Pampa, Entre Ríos y San Luis, que conforman la región pampeana de Argentina. La variación a nivel de parcela permite un análisis más detallado de las prácticas de producción que a menudo quedan ocultas cuando los datos se promedian a nivel de establecimiento. Esto proporciona una estimación más precisa de la eficiencia técnica al identificar la variación dentro del establecimiento en el uso de insumos y la respuesta de la producción.

El modelo empírico aplica un enfoque de frontera estocástica de corte transversal (Aigner, Lovell y Schmidt, 1977) utilizando una forma funcional Cobb–Douglas:

$$ln\ Y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i\ ln\ X_i + (v_i - u_i)$$

donde la variable dependiente ($lnY_i$) es el logaritmo del valor de la producción, calculado utilizando cantidades de producción provenientes de los datos censales combinadas con precios internacionales FOB (*free on board*) para cada cultivo. Los $\beta_i$ son parámetros a estimar, mientras que $v_i$ es un error simétrico que capta variaciones aleatorias en la producción, y $u_i$ es una variable aleatoria no negativa que representa ineficiencia en la producción relativa a la frontera estocástica. Se asume que el error aleatorio $v_i$ es independiente e idénticamente distribuido como $N(0,\sigma_v^2)$, independiente de $u_i$, el cual sigue una distribución de truncamiento no negativo de $N(0,\sigma_u^2)$(es decir, una distribución seminormal. El vector de insumo ($X_i$)incluye

el área cultivada, trabajo contratado y capital —representado mediante un índice que combina indicadores de maquinaria, infraestructura, almacenamiento y capacidad de procesamiento. Se utilizan variables binarias para captar el uso de fertilizantes químicos, herbicidas, pesticidas, siembra directa y agricultura de precisión, así como pertenencia a organizaciones agrícolas o acceso a asistencia técnica. Las variables adicionales de control incluyen el uso de semillas (certificadas o propias), el tamaño del establecimiento (por encima o por debajo de la mediana) y el número de parcelas manejadas por cada productor. Se incluyen indicadores a nivel provincial, junto con una variable binaria que identifica a los productores ubicados en la región suroeste de Buenos Aires—la principal zona productora de trigo en Argentina. Las variables y definiciones se presentan en la **Tabla 3**.

TABLA 3. VARIABLES Y DEFINICIONES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA FRONTERA ESTOCÁSTICA (CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA)

| Variable | Definición |
|---|---|
| Ln(valor de producción) | Logaritmo del valor de la producción de los cuatro cultivos principales en dólares estadounidenses corrientes (2018) |
| Ln(tierra) | Logaritmo de las hectáreas dedicadas al cultivo de trigo, maíz, soya y girasol |
| Ln(trabajo) | Logaritmo del trabajo remunerado |
| Ln(capital) | Logaritmo del capital (infraestructura, producción primaria, maquinaria, almacenamiento de granos, riego, maquinaria para el procesamiento de granos) |
| Fertilizante | = 1 si el agricultor utiliza fertilizantes, 0 en caso contrario |
| Herbicida | = 1 si el agricultor utiliza herbicidas, 0 en caso contrario |
| Pesticida | = 1 si el agricultor utiliza pesticidas, 0 en caso contrario |
| Siembra directa | = 1 si el agricultor emplea siembra directa, 0 en caso contrario |
| Agricultura de precisión | = 1 si el agricultor emplea agricultura de precisión, 0 en caso contrario |
| Semilla propia | = 1 si el agricultor utiliza su propia semilla, 0 en caso contrario |

Fuente: Elaboración de los autores.

TABLA 3. VARIABLES Y DEFINICIONES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA FRONTERA ESTOCÁSTICA (CONTINUACIÓN)

| Variable | Definición |
|---|---|
| Asociatividad | = 1 si el agricultor pertenece a una asociación, 0 en caso contrario |
| Asistencia técnica | = 1 si el agricultor recibe asistencia técnica, 0 en caso contrario |
| Alquiler de tierra | = 1 si el agricultor alquila tierras, 0 en caso contrario |
| Tamaño | = 1 si el área > al área mediana, 0 en caso contrario |
| Ln(número de parcelas) | Logaritmo del número de parcelas en producción |
| Área principal de trigo | = 1 si la unidad productiva está ubicada en el sureste de la provincia de Buenos Aires, 0 en caso contrario |
| i.prov | Indicadores a nivel provincial |

Fuente: Elaboración de los autores.

Los coeficientes estimados de la frontera estocástica se reportan en la **Tabla 4**. En términos de insumos, los resultados muestran que la tierra es el principal determinante de la producción (98%), seguida por el trabajo (2%) y el capital (0,6%). El uso de fertilizantes químicos y herbicidas está asociado con valores de producción más altos —un 29,7% y un 6,5% más, respectivamente— en comparación con el no uso de estos. Por el contrario, el uso de pesticidas está relacionado con un diferencial negativo del 10,7% en el valor de producción. La siembra directa (13,5%) y la agricultura de precisión (5%) presentan ambas un diferencial positivo en el valor de la producción. El uso de semillas propias (almacenadas) tiene un diferencial negativo del 27% en comparación con los usuarios de semillas certificadas. La pertenencia a organizaciones de productores no tiene un efecto estadísticamente significativo, mientras que recibir asistencia técnica presenta un diferencial positivo del 3,9% en comparación con quienes no la reciben. Estos hallazgos confirman la importancia de priorizar inversiones que faciliten el acceso a nuevas tecnologías, prácticas mejoradas y servicios de extensión. Ni el alquiler de tierras ni el tamaño del establecimiento por encima de la mediana afectan significativamente la producción, lo que sugiere que las fincas más grandes no son necesariamente más productivas. Sin embargo, gestionar un mayor número de parcelas está correlacionado negativamente con la producción.

Los resultados relacionados con el uso de pesticidas, el uso de semillas propias y el número de parcelas requieren especial atención. Los coeficientes, aunque pueden parecer contraintuitivos, probablemente estén afectados por sesgo de selección y simultaneidad. Primero, los productores que enfrentan mayor presión de plagas tienen

más probabilidad de usar pesticidas, lo que genera una correlación negativa con el valor de producción, incluso si los pesticidas son beneficiosos para esos productores. Segundo, el uso de semillas propias está asociado con un valor de producción menor. Este efecto está impulsado por los productores de soya, quienes a menudo reutilizan parte de su cosecha como semilla en lugar de comprar nuevas variedades cada año. Tercero, el número de parcelas está relacionado negativamente con el valor de producción, potencialmente debido a la fragmentación de la tierra y a sesgos de ubicación. Dado que no contamos con la geolocalización de los establecimientos, es posible que los niveles de fragmentación sean heterogéneos al interior de las unidades productoras. Una segunda explicación es que los establecimientos pequeños pueden subdividir o arrendar partes de su tierra, incrementando el número observado de parcelas como resultado de una producción reducida.

TABLA 4. ESTIMACIONES DE LOS COEFICIENTES DE LA FRONTERA ESTOCÁSTICA(CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA )

| Variable dependiente: Ln(valor de la producción) | |
|---|---|
| **Variables** | **Coeficientes** |
| Ln(tierra) | 0,988*** |
| | (0,00322) |
| Ln(trabajo) | 0,0223*** |
| | (0,00344) |
| Ln(capital) | 0,00657** |
| | (0,00323) |
| Fertilizante (=1 si usó, 0 en otro caso) | 0,260*** |
| | (0,00514) |
| Herbicida (=1 si usó, 0 en otro caso) | 0,0627*** |
| | (0,0119) |
| Pesticida (=1 si usó, 0 en otro caso) | -0,113*** |
| | (0,00440) |
| Siembra directa (=1 si usó, 0 en otro caso) | 0,127*** |
| | (0,00944) |
| Agricultura de precisión (=1 si usó, 0 en otro caso) | 0,0496*** |
| | (0,00497) |
| Semilla propia (=1 si usó, 0 en otro caso) | -0,327*** |
| | (0,00438) |
| Asociatividad (=1 si es verdadero, 0 en otro caso) | 0,00228 |
| | (0,00432) |
| Asistencia técnica (=1 si recibió, 0 en otro caso) | 0,0387*** |
| | (0,00541) |
| Alquiler de tierra (=1 si es verdadero, 0 en otro caso) | 0,00458 |
| | (0,00444) |

TABLA 4. ESTIMACIONES DE LOS COEFICIENTES DE LA FRONTERA ESTOCÁSTICA (CONTINUACIÓN)

| Variable dependiente: Ln (valor de la producción) | |
|---|---|
| **Variables** | **Coeficientes** |
| Tamaño (=1 si el área > área mediana, 0 en otro caso) | -0,0103 |
| | (0,00669) |
| Ln(número de parcelas) | -0,997*** |
| | (0,00295) |
| Área principal de trigo (=1 si es verdadero, 0 en otro caso) | -0,155*** |
| | (0,00792) |
| **Corrección dummy faltante** | **Sí** |
| **Dummies a nivel de provincia** | **Sí** |
| ln $\sigma_v^2$ | -1,185*** |
| | (0,0116) |
| ln $\sigma_u^2$ | 0,400*** |
| | (0,00899) |
| **Observaciones** | **182.535** |

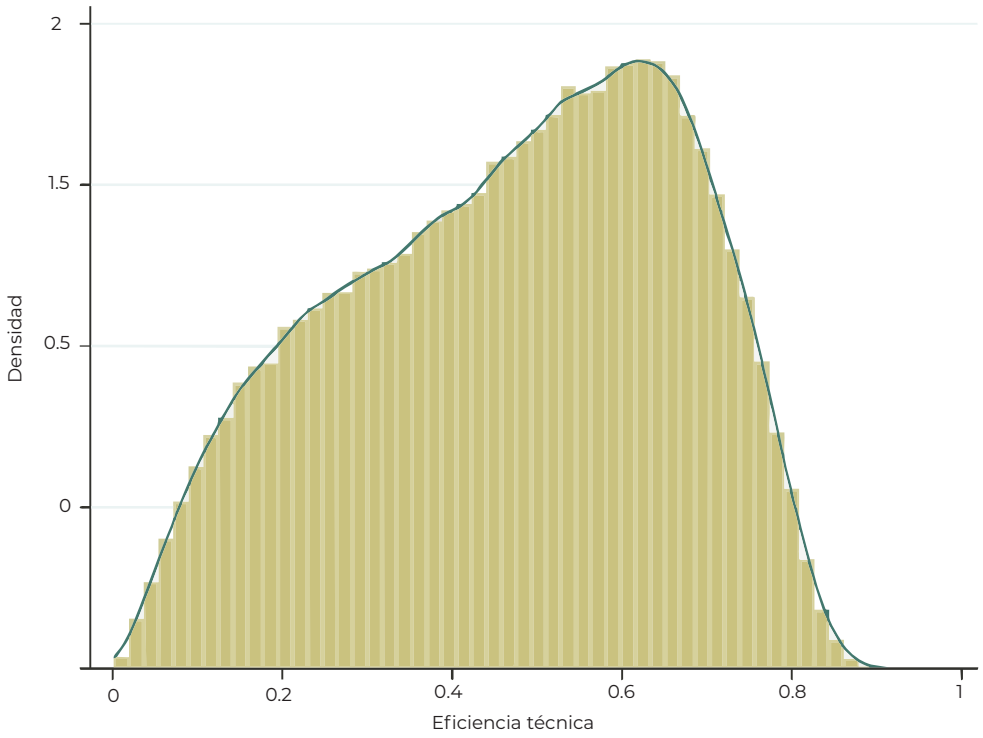
Notas: El método de estimación utilizado es una frontera estocástica de corte transversal.
Las dummies provinciales aproximan los efectos fijos.
Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Fuente: Cálculos de los autores basados en datos del CNA 2018.

Las estimaciones de la frontera estocástica se utilizan para calcular los puntajes de eficiencia técnica a nivel de parcela. La distribución de los puntajes entre las parcelas está concentrada en los rangos intermedios: la mayoría de los valores se encuentran entre 0,3 y 0,8, con una moda alrededor de 0,6 (**Figura 5**). Los puntajes de eficiencia muy bajos (por debajo de 0,2) y aquellos cercanos a la frontera (por encima de 0,8) son poco frecuentes, lo que indica que la mayoría de los productores operan con niveles de eficiencia moderados.

Por otro lado, cuando la eficiencia técnica se desagrega por tamaño de parcela (**Tabla 5**), un análisis por quintiles muestra una ligera disminución en la eficiencia promedio a medida que aumenta el tamaño de la parcela —de 0,487 en el quintil más pequeño a 0,454 en el más grande. Al mismo tiempo, la variabilidad aumenta con la escala: la desviación estándar se incrementa del 0,174 al 0,216, y el rango de valores mínimos y máximos también se amplía, lo que sugiere que las parcelas más grandes abarcan tanto productores altamente eficientes como muy ineficientes (mayor heterogeneidad). En conjunto, estos resultados señalan un margen sustancial para mejoras en la eficiencia en todos los tamaños de establecimientos, con pequeños y medianos establecimientos tendiendo a mostrar una eficiencia promedio ligeramente mayor, mientras que las unidades productoras más grandes presentan una mayor dispersión en los resultados de desempeño.

Figura 5. Histograma de eficiencia técnica




Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones de corte transversal utilizando datos del CNA 2018.

Tabla 5. Eficiencia técnica por tamaño de parcela

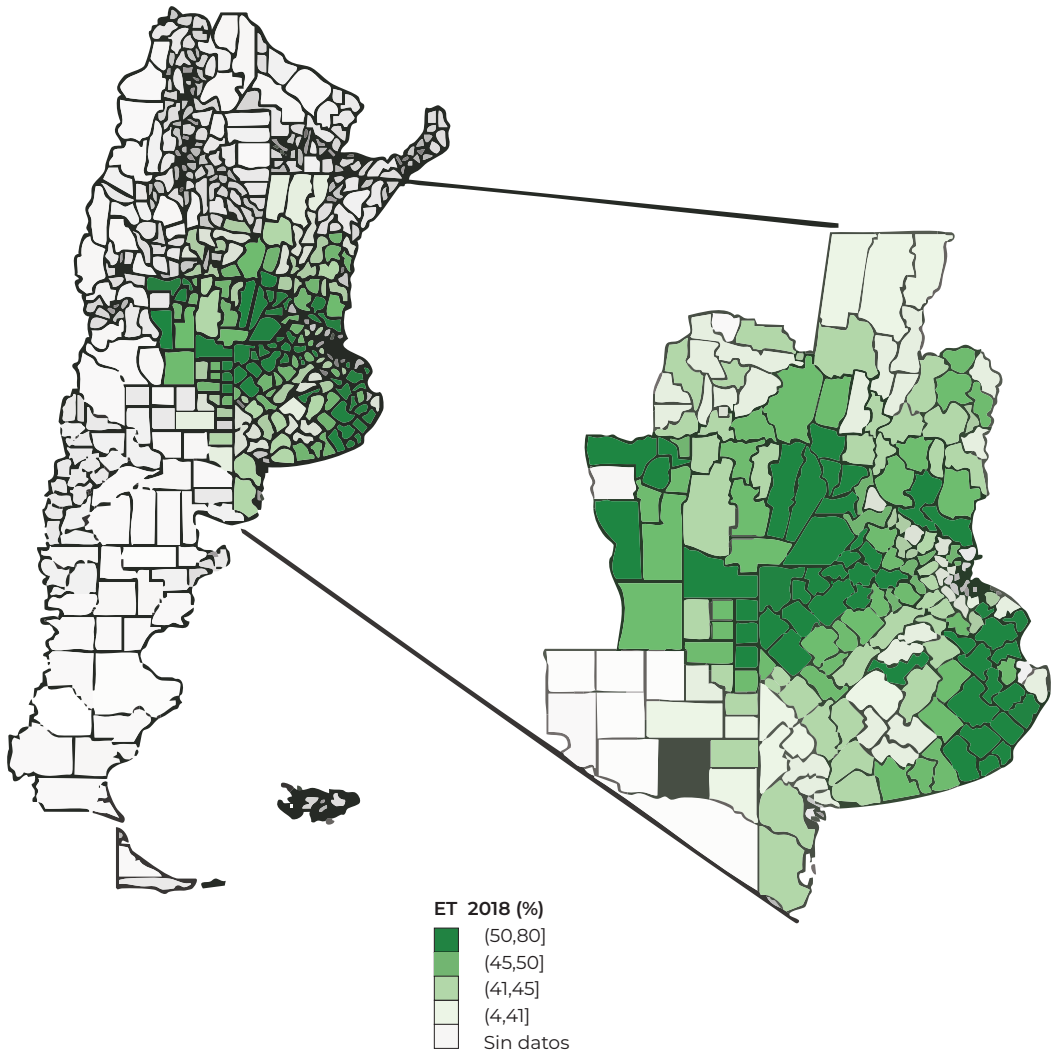
| Quintiles | N | Promedio | Des. Est. | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 36.310 | 0,487 | 0,174 | 0,012 | 0,851 |
| 2 | 36.279 | 0,474 | 0,189 | 0,007 | 0,859 |
| 3 | 36.533 | 0,47 | 0,195 | 0,006 | 0,876 |
| 4 | 36.949 | 0,463 | 0,204 | 0,002 | 0,895 |
| 5 | 36.464 | 0,454 | 0,216 | 0,002 | 0,914 |

Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones de corte transversal utilizando datos del CNA 2018.

La **Figura 5** muestra la distribución geográfica de la eficiencia técnica por municipio (o departamento) en las provincias agrícolas centrales de Argentina. La eficiencia técnica promedio nacional se estima en el 49%, con puntajes a nivel de unidad productiva que van desde el 0,1% hasta el 92%. Los niveles de eficiencia son generalmente más altos en las zonas agrícolas centrales de la región pampeana, particularmente en el centro y norte de Buenos Aires, el sur de Santa Fe y el este de Córdoba, donde los valores promedio superan con frecuencia el 0,50. Por el contrario, los municipios ubicados en áreas más periféricas, incluyendo partes del oeste de Córdoba, La Pampa y zonas marginales de Entre Ríos, tienden a exhibir una eficiencia más baja, a menudo por debajo de 0,45. No existe evidencia reciente sobre estimaciones de eficiencia técnica para productores agrícolas en Argentina. Aunque no son directamente comparables, contrastamos nuestros resultados con estudios de Brasil y Paraguay, donde los niveles de eficiencia

técnica también son relativamente bajos. Por ejemplo, de Freitas et al. (2021) utilizaron datos del Censo Agrícola de Brasil y encontraron que la eficiencia técnica (ET) de los productores promediaba aproximadamente entre el 30% y el 32%, con diferencias pequeñas entre quienes recibían asistencia técnica y quienes no. En Paraguay, Lema y Gatti (2025) mostraron que la ET disminuyó del 52% al 32% entre 1991 y 2022. Ambos casos ilustran la coexistencia de tecnologías de producción heterogéneas, lo que sugiere que la baja eficiencia puede persistir debido a una adaptación tardía en la capacidad de gestión.

FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA EFICIENCIA TÉCNICA POR MUNICIPIO




Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones de corte transversal utilizando datos del CNA 2018.

Al comparar los niveles de eficiencia agregados por provincia (**Tabla 6**), los resultados revelan diferencias relativamente pequeñas en el desempeño promedio y cierta variación en la dispersión. La eficiencia técnica promedio varía desde 0,448 en Entre Ríos hasta 0,483 en San Luis. Las áreas centrales de producción —Buenos Aires, Córdoba y

Santa Fe— se agrupan alrededor de 0,47. Entre las provincias, los valores mínimos de eficiencia técnica están cercanos a cero, mientras que los valores máximos se sitúan entre 0,85 y 0,91. En conjunto, la distribución por provincia confirma el hallazgo general de que la eficiencia técnica promedio se mantiene en niveles moderados, con una heterogeneidad sustancial tanto dentro de las provincias como entre ellas.

TABLE 6. EFICIENCIA TÉCNICA PROMEDIO POR PROVINCIA

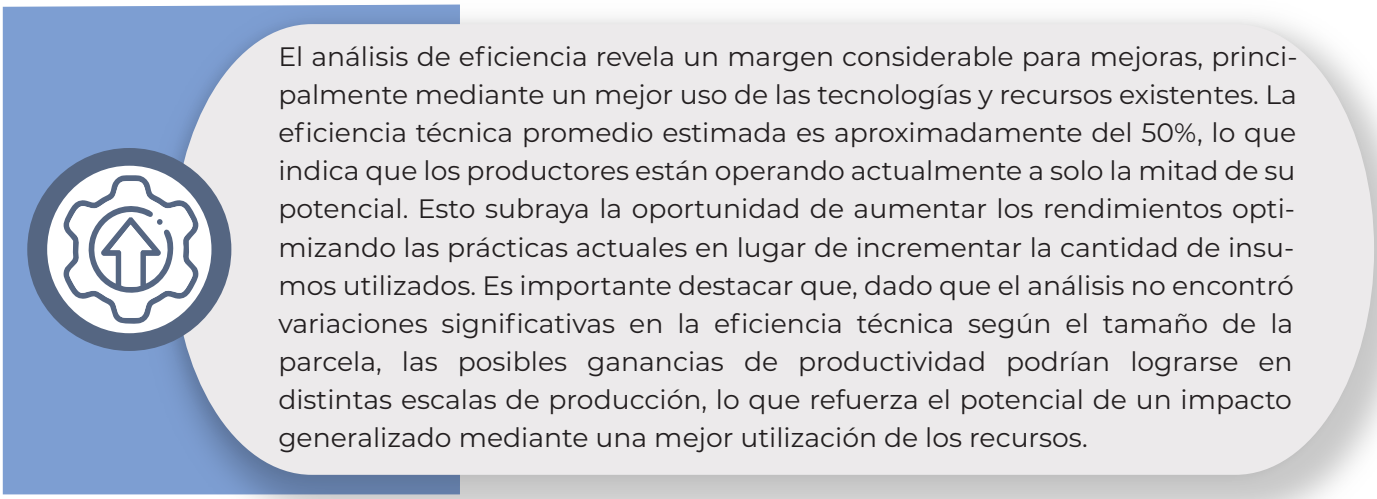
| Provincia | Parcelas | Promedio | Des. Est. | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Buenos Aires | 61.291 | 0,471 | 0,194 | 0,002 | 0,890 |
| Córdoba | 44.486 | 0,473 | 0,191 | 0,003 | 0,899 |
| Entre Ríos | 14.430 | 0,448 | 0,222 | 0,006 | 0,914 |
| La Pampa | 3.380 | 0,481 | 0,178 | 0,008 | 0,857 |
| San Luis | 1.009 | 0,483 | 0,177 | 0,030 | 0,863 |
| Santa Fe | 57.939 | 0,469 | 0,197 | 0,005 | 0,889 |

Fuente: Cálculos de los autores basados en estimaciones de corte transversal utilizando datos del CNA 2018.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Entre 1961 y 2022, el sector agrícola de Argentina experimentó un crecimiento significativo tanto en la producción como en la productividad, aunque con patrones diferenciados entre cultivos y ganadería. En promedio, la producción agrícola aumentó un 2,6% anualmente, mientras que la PTF creció el 1,78%. El principal impulsor del crecimiento fue el sector de cultivos, donde la producción y la PTF aumentaron el 2,93% y el 1,88% anuales, respectivamente, en comparación con la ganadería, que creció menos del 1% en ambas dimensiones. El uso de insumos aumentó solo de manera moderada, a una tasa de 0,82% por año, lo que sugiere que las ganancias de eficiencia y el cambio tecnológico —más que la acumulación de factores— explican gran parte del incremento observado en la producción. Las siguientes recomendaciones se derivan de este análisis.

## I. MEJORAR LA EFICIENCIA PRODUCTIVA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SIN AUMENTAR EL USO DE INSUMOS



El análisis de eficiencia revela un margen considerable para mejoras, principalmente mediante un mejor uso de las tecnologías y recursos existentes. La eficiencia técnica promedio estimada es aproximadamente del 50%, lo que indica que los productores están operando actualmente a solo la mitad de su potencial. Esto subraya la oportunidad de aumentar los rendimientos optimizando las prácticas actuales en lugar de incrementar la cantidad de insumos utilizados. Es importante destacar que, dado que el análisis no encontró variaciones significativas en la eficiencia técnica según el tamaño de la parcela, las posibles ganancias de productividad podrían lograrse en distintas escalas de producción, lo que refuerza el potencial de un impacto generalizado mediante una mejor utilización de los recursos.

## II. Invertir en investigación agrícola, servicios de extensión, capacidad gerencial y transferencia de conocimientos para impulsar la productividad y aumentar la producción agrícola



Los resultados sobre PTF y eficiencia técnica sugieren que la agricultura argentina tiene un potencial sustancial de crecimiento mediante mejoras en eficiencia y una adopción más rápida de innovaciones. Para liberar este potencial, las políticas deberían centrarse en fortalecer la I+D, ampliar los servicios de extensión y mejorar los mecanismos de transferencia de conocimientos hacia los productores. El análisis confirma que promover la adopción de tecnologías innovadoras, como semillas certificadas, agricultura de precisión y siembra directa, podría contribuir significativamente al desempeño agrícola.

## III. Recopilar datos desagregados para orientar el diseño de políticas focalizadas que aborden la variabilidad en los niveles de eficiencia entre productores

La coexistencia de productores altamente eficientes e ineficientes dentro de las mismas áreas geográficas sugiere que los enfoques de política uniformes son inapropiados. Mejorar la productividad total requiere estrategias diferenciadas e intervenciones adaptadas que aborden las restricciones específicas enfrentadas por los productores menos eficientes.

## IV. Invertir en sistemas de información y datos abiertos para respaldar políticas agrícolas basadas en evidencia

Fortalecer los sistemas de información agrícola y garantizar la disponibilidad pública de datos confiables es esencial para diseñar e implementar políticas efectivas. Para mejorar el diseño y la focalización de las políticas, las inversiones deberían priorizar mejoras en la disponibilidad y accesibilidad de información detallada sobre producción, insumos, precios, acceso a tecnologías, adopción de prácticas y características socioeconómicas. Los censos agrícolas periódicos y las encuestas regionalmente representativas son herramientas indispensables para generar esta evidencia. Estos esfuerzos permiten realizar análisis más profundos y posibilitan la estimación de impactos causales de políticas específicas sobre la productividad agrícola a lo largo del tiempo.

# CAPÍTULO 11. **URUGUAY**

**Autores: Federico García, José María Gil, Daniel Lema, Juan Hernán Cabas Monje, Mahdieh Khezrinejadgharaei, Bouali Guesmi, Carmine Paolo De Salvo**

## RESUMEN

El sector agroindustrial de Uruguay es un pilar central de la economía nacional. La producción agrícola en el país se beneficia de condiciones naturales favorables, pero su desempeño depende cada vez más de mejoras en la productividad. En este contexto, la intensificación sostenible ha surgido como el principio guía del desarrollo agrícola contemporáneo en Uruguay, con el propósito de abordar las preocupaciones relacionadas con los impactos ambientales al mismo tiempo que se promueve el crecimiento económico. La productividad total de los factores (PTF) es por lo tanto un indicador adecuado para evaluar el desempeño del sector a lo largo del tiempo. Utilizando datos nacionales sobre producción e insumos, este capítulo construye un índice de PTF para analizar las tendencias de productividad y evaluar el papel de la investigación agrícola y de la generación de conocimiento en el desempeño agrícola. Nuestros resultados indican que la productividad agrícola creció a una tasa anual promedio del 1,53% entre 1980 y 2022. Además, la evidencia empírica sugiere que la inversión pública en investigación y desarrollo (I+D) agrícola tiene una influencia positiva y significativa sobre la productividad agrícola en Uruguay. Estos hallazgos refuerzan la importancia de un apoyo público sostenido y de largo plazo a la investigación agrícola, ya que la continuidad de la inversión es esencial para preservar y fortalecer su contribución al desarrollo nacional y al bienestar social.

## I. INTRODUCCIÓN

Uruguay es un país agroexportador cuyos principales sectores de producción incluyen la ganadería, la agricultura, la madera para pulpa, el arroz y los productos lácteos. La competitividad de estos sectores es crucial para obtener y mantener acceso a los mercados internacionales. Esta marcada orientación exportadora, junto con un entorno favorable para la inversión extranjera en el sector agroindustrial, podría impulsar mejoras en la productividad a través de la innovación, el progreso tecnológico y una integra-

ción más profunda a lo largo de las cadenas de valor. Para 2023, la agricultura representó el 5,8% del PIB de Uruguay, una proporción que aumenta al 21% cuando se incluyen las industrias de procesamiento de alimentos y fibras. El sector generó exportaciones por US$ 6,6 mil millones, equivalentes al 72% del total de exportaciones del país (DIEA-MGAP, 2024). Esta cifra excluye el valor agregado derivado de las plantas de celulosa ubicadas en zonas francas. La carne bovina es el principal producto de exportación de Uruguay, seguida por los granos y los productos forestales. El empleo en actividades rurales y mineras representó el 8% del empleo total, la mayor parte en la agricultura. Cuando se incluye el procesamiento agroindustrial, esta proporción aumenta a aproximadamente al 12%.

El sector agrícola en Uruguay ha evolucionado de manera dinámica entre los distintos subsectores. A partir de la década de 1990, la silvicultura se expandió rápidamente, culminando en el establecimiento de tres plantas de celulosa que atrajeron flujos de inversión récord para el país. La producción de granos se vio impulsada por la introducción de la soya y un paquete tecnológico que combina prácticas de siembra directa con variedades genéticamente modificadas resistentes a herbicidas. En el sector bovino, una transformación estructural en la etapa de engorde ha reducido la edad promedio de sacrificio y aumentado la producción de carne. En conjunto, estos subsectores impulsaron importantes aumentos de productividad hasta mediados de la década de 2010, después de lo cual el crecimiento comenzó a estabilizarse. Dado que la frontera agrícola de Uruguay está geográficamente limitada, la expansión de la silvicultura y de los cultivos ha ocurrido a expensas de las tierras de pastoreo, lo cual ha generado una reducción en las áreas destinadas a la producción ganadera. Del mismo modo, la producción de carne bovina ha reemplazado progresivamente la cría de ovejas, lo que ha provocado una disminución sostenida del stock de ovinos.

El crecimiento de la PTF es un indicador clave de la competitividad agrícola. Varios estudios han examinado la trayectoria de la PTF agrícola en Uruguay. Trindade y Fulginiti (2015) reportaron un crecimiento promedio anual del 1,3% entre 1969 y 2009, mientras que Ludeña (2010) encontró un crecimiento de menos del 1% anual. Nin-Pratt et al. (2015), utilizando un enfoque determinístico para América Latina y el Caribe (ALC), estimaron un crecimiento promedio anual del 1,5% entre 1981 y 2012. Coelli y Prasada Rao (2005) aplicaron el índice Malmquist en 93 países y no encontraron un crecimiento significativo de la PTF en Uruguay entre 1980 y 2000. Lachaud et al. (2017) estimaron un crecimiento de la PTF del 1,22% para 1961–2012 cuando se controla por heterogeneidad no observada, y del 1,03% cuando se incluyen los efectos climáticos. Otros estudios del sector incluyen Sotelsek-Salem y Laborda-Castillo (2019) y Nin-Pratt et al. (2019).

En los países del Mercosur, la productividad agrícola creció a una tasa promedio anual del 2,1% entre 1961 y 2021 (Salazar et al., 2024), influenciada por factores institucionales tales como la inversión pública en I+D agrícola y entornos comerciales favorables (Bharati y Fulginiti, 2007). Estudios a nivel de productores en Uruguay han mostrado que los esfuerzos de innovación tienen un impacto positivo en la productividad agrícola, influenciados por factores como el tamaño del productor y la asociatividad (Aboal et al., 2019).

En los últimos 10 a 15 años, las evaluaciones del impacto de la investigación (*RIA*, por sus siglas en inglés) han cobrado relevancia, proporcionando a las organizaciones públicas de investigación información valiosa sobre la efectividad de sus actividades de I+D. La literatura ha presentado consistentemente estimaciones de la “tasa social de retorno” de la investigación, subrayando el alto valor de la inversión pública en I+D agrícola (Alston et al., 2000; Andersen, 2019). Si bien existe un amplio cuerpo de evidencia

para países desarrollados, los estudios empíricos siguen siendo relativamente escasos en economías en desarrollo, particularmente en ALC. En Uruguay, Bervejillo et al. (2012) estimaron tasas de retorno anuales de entre el 23% y el 27% para la investigación agrícola pública.

Este estudio contribuye a actualizar las estimaciones de la PTF para el sector agropecuario primario y las tendencias temporales siguiendo a Bervejillo et al. (2012). Se amplía el limitado conjunto de estudios que examinan el papel de la I+D agrícola a nivel de gobernanza institucional en ALC. Al emplear series de tiempo de largo plazo sobre productividad y gasto público en I+D, el análisis reduce el sesgo del modelo y produce estimaciones más robustas.

## II. METODOLOGÍA Y DATOS

Este estudio aborda dos preguntas centrales.

I. ¿Cómo ha evolucionado la PTF agrícola de Uruguay? Para responder a esta pregunta, actualizamos las estimaciones de Bervejillo et al. (2012), que cubrían el período 1961–2010, enfocando nuestro análisis en los años 1980–2022.

II. ¿En qué medida puede atribuirse el crecimiento de la productividad a los esfuerzos de I+D del sector público**?** Para estimar la PTF, empleamos un índice de razón entre productos e insumos para el período 1980–2022. Se construyeron índices de Fisher utilizando 21 factores de insumo y 39 productos agrícolas, lo que nos permite capturar los cambios en la composición de ambos agregados a lo largo del tiempo y mitigar los problemas comunes asociados con la construcción de números índice (Bervejillo et al., 2012).

Después de estimar la PTF, realizamos un análisis de regresión para cuantificar el rol de las actividades de I+D en la PTF agrícola, utilizando la siguiente especificación:

$$lnTFP_t = \alpha_0 + \alpha_1 lnK_{INIAt} + \alpha_2 lnK_{NOINIAt} + \alpha_3 lnSE_t + \alpha_4 C_t + \varepsilon_t$$

Nuestras variables explicativas capturan la I+D realizada por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) ($K_{INIAt}$) y por las universidades públicas y una agencia de extensión ($K_{NOINIAt}$). El modelo también controla por el clima ($C_t$), y por efectos de derrame o *spillovers* ( $SE_t$ ).

El *stock* público de conocimiento agrícola se construyó utilizando datos sobre el gasto total en I+D del INIA desde 1961 hasta 2022. Dado que los efectos de la I+D no son inmediatos, se aplica una estructura de rezagos de 25 años para valorar el *stock* acumulado de investigación pública a lo largo del tiempo (Alston et al., 2010). El modelo supone que la I+D inicialmente genera impactos limitados, seguidos de un período de mayor influencia y posteriormente un declive gradual.

## III. RESULTADOS

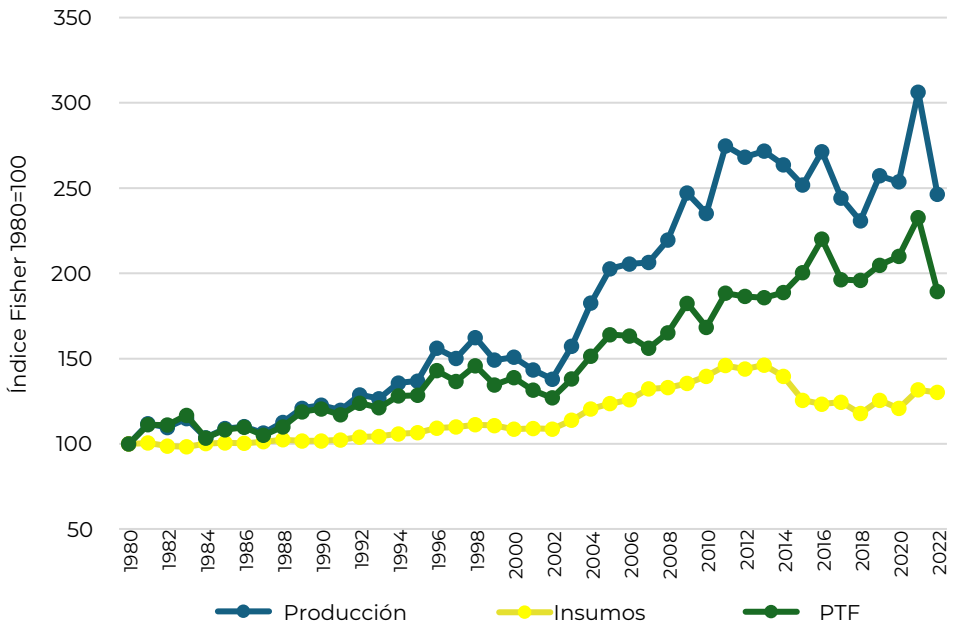
### Productividad total de los factores

La evolución de los índices de la PTF, la producción y los insumos se presenta en la **Figura 1**. Entre 1980 y 2022, la productividad creció a una tasa anual promedio de 1,52%, reflejando un ritmo de expansión moderado a bajo. Pueden distinguirse varios subperíodos. Entre 1980 y 1988, la PTF creció a una tasa anual del 1,2% antes de acelerarse a un promedio del 3% entre 1988 y 1998, impulsada en gran medida por las transformaciones en el sector de ganado vacuno y la expansión de la silvicultura. La productividad cayó a una tasa anual del –1,48% entre 1998 y 2002, atribuible principalmente a la recesión económica y al brote de fiebre aftosa. Entre

2002 y 2016, el crecimiento de la PTF repuntó al 3,4% anual, coincidiendo con la expansión del cultivo de soja. El crecimiento de la PTF se volvió negativo en los últimos años de la serie, con un promedio de –0,8% entre 2016 y 2022, un período marcado por eventos excepcionales que incluyen la pandemia de COVID-19 en 2020, la recuperación económica en 2021 y una sequía severa en 2022.

La expansión de los cultivos en Uruguay está limitada por la aptitud de los suelos y por el requisito de política pública de rotación de cultivos para prevenir la erosión, lo que impone límites estructurales al cultivo de soya (Molfino, 2013; Alvarez y Ernst, 2024). Cuando los precios internacionales disminuyeron en 2012–2013, las áreas marginales con mayores costos de transporte y suelos de menor calidad fueron retiradas de la producción agrícola. Entre las temporadas 2013/14 y 2020/21, el área de soya se contrajo en un 30% (DIEA-MGAP, 2019; DIEA-MGAP, 2024). Esta reducción del área se explica principalmente por la caída en los precios, que hizo que algunas áreas marginales fueran menos favorables para la agricultura. El trigo, el principal cultivo de invierno, experimentó reducciones sostenidas en el área sembrada desde la temporada 2011/12 hasta principios de la década de 2020 (DIEA-MGAP, 2019 y 2024). Entre 2017 y 2020, la expansión de los bosques plantados también se desaceleró (DGF-MGAP, 2025). Por el contrario, la producción de carne bovina se mantuvo relativamente estable durante este período (Aguirre, 2022), mientras que la producción de leche alcanzó su máximo en 2013/14, luego disminuyó y solo retornó a los niveles previos en 2019/20.

Figura 1. Producción agrícola, insumos y PTF en Uruguay (1980–2022)




**La ganadería superó a la agricultura en términos de crecimiento de la PTF.** En los últimos 12 años del período de estudio, la PTF de los cultivos disminuyó, compensada parcialmente por una reducción en el índice de insumos entre 2013 y 2016 (**Tabla 1**). Esta tendencia negativa en los cultivos fue impulsada principalmente por reducciones en la producción extensiva de cultivos, especialmente soya y, en menor medida, trigo. Mientras tanto, la caída en el índice de insumos no fue suficiente para impedir una disminución general de la PTF agrícola entre 2010 y 2022. Esta contracción se expli-

có en gran medida por la caída de los precios internacionales, que redujo los márgenes de ganancia y desplazó los cultivos de las tierras marginales. Las sequías recurrentes redujeron adicionalmente los rendimientos, especialmente en cultivos de verano como maíz y soya, este último sigue siendo el cultivo más importante de Uruguay, con más de un millón de hectáreas sembradas.

Por el contrario, la PTF ganadera registró un crecimiento anual del 2,08% durante 2010–2022 y un promedio del 1,6% anual en todo el período 1980–2022. De manera interesante, el uso de insumos en la ganadería ha disminuido desde 2011, reflejando la reasignación de tierras hacia cultivos y la silvicultura. La ganadería es un subsector clave de la producción agrícola en Uruguay, siendo el más importante en términos de uso total de tierras y número de productores empleados. Por esta razón, los cálculos de PTF se realizan por separado para cultivos y para ganadería.

**Tabla 1. Crecimiento anual de la producción, los insumos y la PTF para la agricultura, los cultivos y la ganadería en Uruguay (%)**

| Periodo | Agricultura | | | Cultivos | | | Ganadería | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Producción | Insumos | PTF | Producción | Insumos | PTF | Producción | Insumos | PTF |
| 1980–1990 | 2,04 | 0,18 | 1,87 | 3,20 | 0,88 | 2,32 | 1,47 | -0,10 | 1,57 |
| 1990–2000 | 2,06 | 0,65 | 1,41 | 2,78 | 1,48 | 1,30 | 1,59 | 0,16 | 1,42 |
| 2000–2010 | 4,44 | 2,52 | 1,93 | 8,91 | 5,83 | 3,09 | 0,75 | -0,50 | 1,25 |
| 2010–2022 | 0,39 | -0,59 | 0,98 | -1,16 | -0,81 | -0,35 | 1,71 | -0,36 | 2,08 |
| **1980–2022** | **2,15** | **0,63** | **1,52** | **3,21** | **1,72** | **1,50** | **1,40** | **-0,21** | **1,60** |

Los últimos 12 años del análisis, en los cuales los cultivos uruguayos experimentaron un crecimiento negativo, pueden dividirse en dos subperíodos, antes y después de 2014, ya que el área sembrada y la producción agrícola alcanzaron su nivel máximo en ese año. La reducción en los precios de los cultivos experimentada después de 2014 explica la disminución en el área sembrada y en la producción total.

**Las inversiones públicas en investigación contribuyeron de manera significativa a la productividad agrícola.** Una vía clave para aumentar la PTF es la adopción de nuevas tecnologías, lo cual motivó nuestro análisis sobre la contribución de la I+D al crecimiento de la productividad. Examinamos dos fuentes principales de I+D pública: el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y, en conjunto, la Universidad de la República (UDELAR) y el Instituto de Extensión Agropecuaria (IPA). Como variables de control adicionales se incluyeron efectos *spillover* internacionales, la infraestructura y los efectos climáticos. Los resultados muestran que un aumento del 1% en el *stock* de conocimiento agrícola se asocia con un incremento de entre el 0,14% y el 0,30% en la PTF, dependiendo de la especificación del modelo (**Tabla 2**).

Los modelos presentados en la **Tabla 2** difirieron en sus supuestos respecto a la distribución de los impactos de la inversión en investigación ($\delta$ y $\lambda$) sobre la producción y la duración del rezago máximo (el tiempo entre la inversión y el impacto máximo de la investigación). Todas las especificaciones incorporaron una variable proxy para el

*stock* de conocimiento generado por otras instituciones, efectos *spillover* internacionales provenientes de las importaciones de maquinaria (capturando el rol de las tecnologías importadas) y la precipitación como variable de control climático. La única variable de control que mostró un efecto estadísticamente significativo fue el *stock* de conocimiento no proveniente del INIA en el modelo 4. También se probaron variables adicionales relacionadas con el clima, pero ninguna mejoró el ajuste del modelo. Los resultados también sugieren que, cuando se asume un tiempo más corto para alcanzar el impacto máximo de la inversión en investigación, la contribución estimada del INIA disminuye, mientras que la de otras instituciones aumenta. Este patrón indica que la transmisión de los impactos de la investigación toma más tiempo en el caso del INIA que en el de otras fuentes. La tasa interna de retorno calculada para las inversiones en investigación agrícola oscila entre el 18% y el 25%, un valor menor pero coherente con los resultados encontrados por Bervejillo et al. (2012).

TABLA 2. RESULTADOS DE MODELOS ALTERNATIVOS QUE ANALIZAN EL IMPACTO DE LA I+D EN LA PTF

| Parámetros | Modelos | | | |
|---|---|---|---|---|
| Rango[1] | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $R^2$ Ajustado | 0,946 | 0,945 | 0,943 | 0,941 |
| Características de distribución del retraso | | | | |
| δ | 0,50 | 0.70 | 0.50 | 0.60 |
| λ | 0,75 | 0.60 | 0.65 | 0.50 |
| Retraso máximo (años)[2] | 4 | 5 | 2 | 2 |
| Elasticidad (stock de conocimientos del INIA) | 0,300*** | 0,266** | 0.180* | 0.140* |
| Elasticidad (stock de conocimientos no provenientes del INIA) | 0,015 | 0.003 | 0.147 | 0.193* |
| Efecto *spillover* | 0,003 | 0.007 | 0.007 | 0.008 |
| Variable climática (C)[3] | -0,020 | -0.013 | -0.023 | -0.027 |

Notas: ***, ** y * indican significancia estadística en los niveles del 1 %, 5 % y 10 %.
[1] Los modelos se clasifican según la suma de los errores al cuadrado (SSE).
[2] El retraso máximo indica el número de años necesarios para que las inversiones en investigación realizadas en el año inicial alcancen su máximo impacto.
[3] Probamos otros controles climáticos, incluyendo el cuadrado de las variables de precipitación y temperatura, pero los resultados se mantuvieron robustos con estas alternativas.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Los resultados presentados en este capítulo indican que la productividad agrícola en Uruguay aumentó entre 1980 y 2022. Sin embargo, el ritmo de crecimiento se desaceleró notablemente en los años más recientes, con el índice de PTF mostrando tasas de crecimiento decrecientes y, en algunos casos, pérdidas netas (particularmente para los cultivos entre 2010 y 2022). A lo largo del período completo de estudio, casi el 50% del crecimiento total de la producción puede atribuirse a ganancias de productividad. Sobre la base de los resultados, se proponen las siguientes recomendaciones:

## I. Apoyar la I+D agrícola

Los hallazgos confirman que las actividades de investigación y desarrollo tienen un impacto positivo significativo en la productividad agrícola. Las estimaciones sugieren que las inversiones en conocimiento científico y en capacidad de investigación mejoran las ganancias de productividad. Estos resultados subrayan la importancia de mantener un apoyo público sostenido y de largo plazo a la I+D agrícola para preservar y ampliar su contribución al bienestar social. Una ampliación de los recursos asignados al INIA, las universidades públicas y otras instituciones clave de investigación e innovación podría fortalecer la capacidad de Uruguay para generar y difundir innovaciones agrícolas.

## II. Estabilizar los ciclos agrícolas y fortalecer el acceso a los mercados

Los cultivos extensivos en Uruguay han mostrado un comportamiento cíclico, alternando entre períodos de alto crecimiento de la PTF y fases de estancamiento o declive debido a condiciones de mercado o climáticas. Aunque la respuesta de la PTF a los shocks climáticos no es estadísticamente significativa, observamos que la PTF de los cultivos se ve afectada por la variabilidad de la producción debido a sequías y temporadas lluviosas. Por lo tanto, las políticas deberían orientarse a mitigar el impacto de la variabilidad climática sobre la producción, por ejemplo, incentivando la adopción de riego suplementario y apoyando la investigación sobre prácticas agronómicas que aumenten la resiliencia frente a la sequía. Al mismo tiempo, la desaceleración reciente en el crecimiento de la PTF ha coincidido con un período de precios internacionales más bajos, lo cual pone de relieve la vulnerabilidad del sector frente a las fluctuaciones del mercado global. Mejorar y diversificar el acceso a mercados mediante acuerdos comerciales o políticas de competitividad específicas para determinados subsectores contribuiría a sostener el crecimiento en la economía agrícola orientada a la exportación.

## III. Fortalecer los sistemas de información agrícola mediante la recolección periódica de microdatos

La falta de datos agrícolas públicamente disponibles a nivel departamental impidió que este capítulo brindara algo más que una visión general del desempeño agrícola a nivel nacional. Si bien este análisis es informativo, las conclusiones agregadas pueden no ser suficientes para diseñar políticas focalizadas que respondan a las necesidades de regiones o áreas específicas. Fortalecer la disponibilidad y accesibilidad de microdatos podría proporcionar una base empírica más sólida para diseñar e implementar políticas específicas al contexto, basadas en análisis rigurosos.

# III. PRODUCTIVIDAD CON PROPÓSITO: CONSTRUIR SISTEMAS AGROALIMENTARIOS SOSTENIBLES

CAPÍTULO 12.

# REEVALUAR EL CRECIMIENTO AGRÍCOLA: PRESENTACIÓN DE UN ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD SOSTENIBLE PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

AUTOR: ALEJANDRO NIN-PRATT

## RESUMEN

Este capítulo introduce un Índice de Productividad Sostenible (SPI, por sus siglas en inglés) para evaluar el crecimiento agrícola en América Latina y el Caribe (ALC) entre 1995 y 2021, integrando el desempeño económico con los costos ambientales. Si bien ALC duplicó su producción agrícola y lideró las ganancias de productividad a nivel mundial durante este período, este progreso estuvo acompañado de una degradación ambiental significativa, que incluye un aumento del 50% en la contaminación y mayores presiones sobre los recursos naturales, como el estrés hídrico, la erosión de suelos y la deforestación. El SPI ajusta la productividad total de los factores (PTF) convencional al penalizar los productos no deseados, como las emisiones de gases de efecto invernadero y el escurrimiento de nutrientes, ofreciendo una visión más precisa del crecimiento sostenible. Los resultados revelan que, aunque la productividad aumentó un 60%, la productividad ajustada por sostenibilidad creció solo un 13%, con marcadas diferencias entre subregiones. El Cono Sur alcanzó el mayor crecimiento en producción y productividad, pero también incurrió en los costos ambientales más elevados. Centroamérica y la Región Andina registraron avances moderados con impactos ambientales variables, mientras que el Caribe quedó rezagado. El estudio destaca que la modernización agrícola en ALC ha sido, con frecuencia, intensiva en capital y orientada a la exportación, marginando a los pequeños productores y degradando los ecosistemas. Los resultados llaman a un cambio de política hacia estrategias integradas y sensibles al contexto que equilibren productividad y sostenibilidad ambiental. Las innovaciones tecnológicas—como la fertilización de precisión y las alternativas biológicas—combinadas con incentivos de política, como los pagos por servicios ambientales y los impuestos ambientales, reformas institucionales que fortalezcan la coordinación interministerial y la inversión pública en sistemas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de doble propósito, son esenciales para apoyar sistemas agrícolas sostenibles y resilientes en toda la región.

# I. INTRODUCCIÓN

La agricultura ha desempeñado históricamente un papel fundamental en el tejido socioeconómico de ALC, sustentando los medios de vida, garantizando la seguridad alimentaria, generando empleo y contribuyendo de manera sustancial al PIB nacional y regional, así como a los ingresos por exportaciones. Sin embargo, la producción agrícola ha implicado con frecuencia elevados costos ambientales. La región alberga algunos de los ecosistemas más biodiversos del mundo, que hoy se encuentran cada vez más amenazados por la deforestación, la degradación del suelo y la variabilidad climática.

La producción agrícola sostenible—definida aquí como la capacidad de aumentar la producción preservando la integridad ecológica y fortaleciendo la resiliencia a largo plazo—se ha convertido, por tanto, en un desafío central de política y de investigación en ALC. El enfoque tradicional en métricas de productividad como la PTF, medida como el total de productos generados por unidad de insumos agregados, no logra capturar plenamente las externalidades ambientales ni la sostenibilidad a largo plazo. Aunque ALC experimentó el crecimiento de PTF más rápido entre las regiones en desarrollo durante los últimos 25 años, gran parte de este crecimiento fue desigual y, a menudo, desconectado del desempeño ambiental. Esta brecha entre productividad y sostenibilidad evidencia la necesidad urgente de contar con métricas integradas que equilibren ambas dimensiones.

Varios estudios han destacado las limitaciones de las evaluaciones de productividad existentes. Si bien los avances tecnológicos y las mejoras en eficiencia han impulsado la productividad regional, persisten preocupaciones sobre el agotamiento de recursos, los impactos ecológicos y las disparidades en eficiencia operativa y ambiental entre los países de ALC. Estos estudios sugieren que medir la productividad sin incorporar dimensiones ambientales ofrece una visión incompleta y puede incentivar prácticas insostenibles a largo plazo.

En respuesta, este capítulo desarrolla un SPI para el sector agrícola en ALC y analiza sus tendencias y dinámicas a lo largo del tiempo. Este índice compuesto busca integrar el desempeño productivo y la gestión ambiental en una métrica unificada. El objetivo es proporcionar a los responsables de política, investigadores y actores del sector una herramienta sólida y multidimensional para evaluar y orientar estrategias agrícolas sostenibles. Alinear la productividad con los objetivos de sostenibilidad permite fomentar sistemas agrícolas resilientes y de alto rendimiento, capaces de apoyar el desarrollo regional mientras se salvaguarda su capital natural. Este tipo de instrumento es crucial para identificar las compensaciones (*trade-offs*) entre productividad y desempeño ambiental, priorizar inversiones en tecnologías sostenibles e informar el diseño de políticas de largo plazo.

# II. METODOLOGÍA Y DATOS

Para evaluar la sostenibilidad ambiental del crecimiento agrícola en ALC entre 1995 y 2021, este estudio aplica un SPI para la agricultura, propuesto por O'Donnell (2022) y adaptado a la región. El análisis aborda cinco preguntas centrales de investigación:

I. ¿Cómo han evolucionado la producción y la productividad agrícola en ALC?
II. ¿Cuáles son los impactos ambientales de este crecimiento?
III. ¿Como difieren las tendencias de sostenibilidad entre las subregiones de ALC?
IV. ¿Cuáles son los principales impulsores de los cambios en productividad y en el desempeño ambiental?
V. ¿Qué recomendaciones de política se derivan de las tendencias actuales de la PTF y del SPI?

El estudio se basa en datos armonizados de la FAO (2024), el USDA-ERS (2024) y fuentes nacionales para 24 países de ALC. Incorpora 14 productos agrícolas deseables, 10 insumos y 6 productos indeseables:

**Tabla 1: Productos agrícolas, insumos y productos indeseables considerados en el análisis**

| Indicador | Variables incluidas |
|---|---|
| Productos deseables | Cereales, raíces y tubérculos, legumbres, cultivos oleaginosos, hortalizas, frutas, cultivos azucareros, cultivos comerciales, cultivos fibrosos, carne de res, productos lácteos, ovinos y caprinos, porcinos, aves de corral |
| Productos indeseables | Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), riesgo por pesticidas, erosión del suelo, deforestación, estrés hídrico, balance de nutrientes |
| Insumos | Mano de obra, capital, energía, fertilizantes, pesticidas, alimento para ganado, agua, tierras de cultivo, pasturas, superficie irrigada |

Fuente: Cálculo de los autores.

**EL SPI COMBINA TRES ÍNDICES:**

1. **Índice de productos deseables** *(GI)*: producción agrícola de cultivos y ganado.
2. **Índice de productos indeseables** *(BI)*: impactos ambientales negativos.
3. **Índice de insumos** *(XI)*: uso de insumos agrícolas.

$$SPI = (GI^{1-\alpha} X\ BI^{-\alpha}) / XI$$

El SPI funciona como un índice de la PTF, pero penaliza a los países por generar productos indeseables que agotan el capital natural y perjudican el medio ambiente. De este modo, el SPI refleja el crecimiento sostenible relativo: aumenta cuando se incrementan los productos agrícolas deseables y disminuye cuando aumenta el uso de insumos y el daño ambiental. Se introduce un parámetro $\alpha$ (que varía entre 0 y 1) para equilibrar el peso asignado a los productos indeseables. Si $\alpha = 0$, los productos indeseables se ignoran y el SPI es equivalente a la PTF; si $\alpha = 1$, el enfoque se centra exclusivamente en medir los productos indeseables en relación con los insumos.

La agregación utiliza precios de mercado fijos para los productos y los insumos como ponderadores.[1] Dado que los productos indeseables carecen de precios de mercado, se estiman precios sombra a partir del valor de la producción agrícola que se deja de obtener por cada unidad de reducción de dichos productos.[2] Este enfoque proporciona una medida integral de la productividad sostenible entre países y a lo largo del tiempo.

## III. RESULTADOS

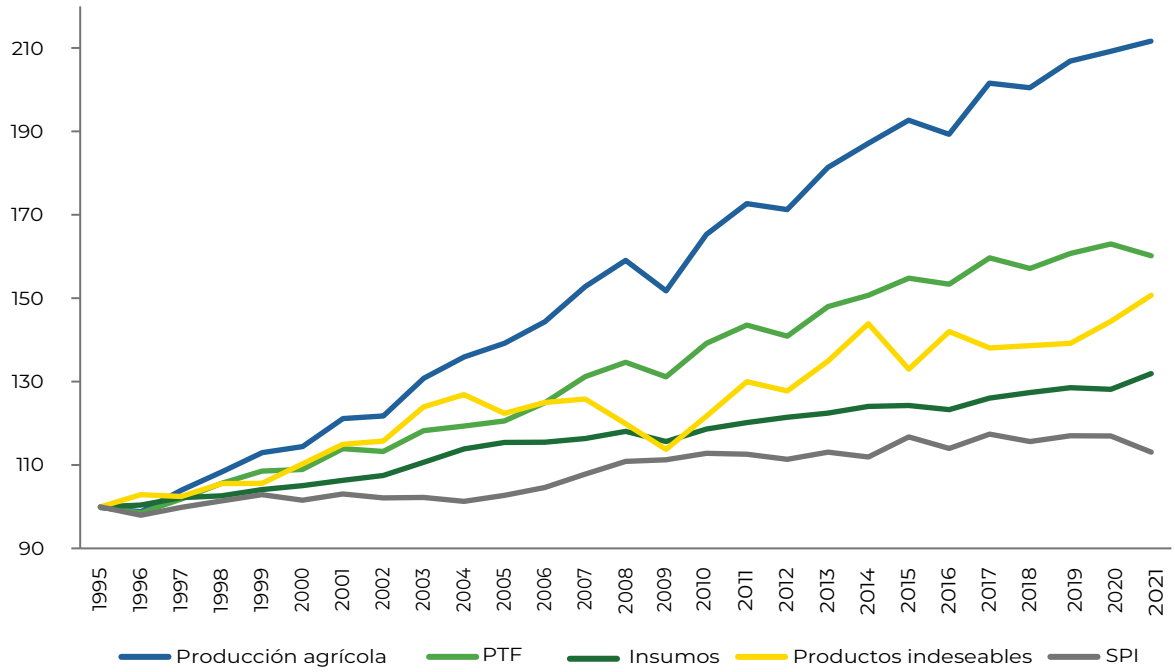
### La transformación de la agricultura

Entre 1995 y 2021, ALC experimentó una profunda transformación agrícola caracterizada por robustos incrementos en la producción y la productividad. El volumen total de producción se incrementó a más del doble, impulsado por cambios estructurales hacia productos de alto valor orientados a la exportación. Estos cambios dieron lugar a un aumento del 60% en la PTF. El uso de insumos creció un 31% y los productos indeseables —contaminación, emisiones y factores de estrés ambiental— aumentaron un 50%. Cuando se incorporan los costos ambientales, el crecimiento de la productividad se reduce al 13%, lo que refleja el impacto ambiental negativo de la expansión agrícola en ALC.

[1] El total de productos deseables e indeseables, así como el total de insumos, se calcularon utilizando un índice multiplicativo de Young, el cual aplica las participaciones de productos e insumos como ponderadores. Por ejemplo, el índice de insumos de Young para el país $j$ en el tiempo $t$ , considerando dos insumos , tierra $(A)$ y trabajo $(L)$ es: $XI_{jt} = \frac{(A_{jt}^{s_A} * L_{jt}^{s_L})}{(A_{it_0}^{s_A} * L_{it_0}^{s_L})}$ donde $SA$ y $SL$ son las participaciones de tierra y trabajo, e $i$ and $t_0$ denotan el país y el año de referencia, respectivamente. Esto significa que $XI_{jt}$ mide el nivel de insumos del país $j$ en el año $t$ en relación con el nivel de insumos del país $i$ en el periodo $t_0$.

[2] Por ejemplo, reducir en una tonelada las emisiones agrícolas de GEI ($CO_2$eq) en ALC genera una pérdida promedio de producción de US$ 12, lo que implica un precio sombra de US$12 por tonelada de $CO_2$eq.

**Figura 1. Tendencias en la PTF, el SPI, los insumos y los productos deseables/no deseables en la agricultura de América Latina y el Caribe, 1995–2021**




Fuente: Cálculo de los autores usando FAO (2024).

## Las dos fases del crecimiento agrícola en ALC

La primera fase (1995–2011) coincidió con el auge global de los precios de los productos básicos. ALC aprovechó este período para una rápida expansión anual de la producción (3%) y un incremento moderado de los insumos (1,1%). Sin embargo, la agricultura tuvo un impacto ambiental negativo en la región: el crecimiento anual de los productos indeseables (1,4%) redujo el crecimiento anual de la PTF del 2,2% a un crecimiento del SPI de solo el 0,8%. La segunda fase (2012–2021) siguió a la caída en los precios de los productos básicos. Los precios de exportación cayeron el 0,8% anual, lo que desaceleró el crecimiento anual de la producción agrícola al 2,1% y redujo a la mitad el crecimiento de la PTF, llevándolo a un 1,3%. A pesar de la desaceleración del crecimiento de los productos agrícolas deseables y de la PTF, el crecimiento de los productos indeseables se mantuvo estable, mientras que el SPI se estancó en el 0,3%. Esto sugiere una limitación en la capacidad de los resultados ambientales para ajustarse ante una disminución del crecimiento de la productividad (véase la Tabla 2).

## Los impulsores del crecimiento

Los factores detrás de la expansión agrícola en ALC reflejan una mayor especialización y una intensificación en el uso de insumos, así como una mayor integración a los mercados internacionales. Específicamente, el uso de pesticidas, fertilizantes y alimento para ganado aumentó de manera significativa, mientras que la mecanización y la intensificación del uso de alimento desplazaron la mano de obra y las pasturas, marcando una transición hacia sistemas intensivos en capital. Los cultivos

oleaginosos (soya y palma aceitera), la avicultura y la porcicultura lideraron el crecimiento de la producción, y en conjunto representaron el 75% del total. Estos aumentos de productividad estuvieron acompañados de impactos ambientales crecientes. La contaminación por nutrientes, proveniente principalmente del uso de fertilizantes y de la gestión del estiércol, fue el producto indeseado de mayor crecimiento, seguida de las emisiones de GEI y la deforestación. El desequilibrio de nutrientes que genera contaminación del agua representó cerca del 60% del valor del daño ambiental agrícola, mientras que las emisiones de GEI contribuyeron con un 17%.[3]

## Resultados regionales divergentes y modelos convergentes

La transformación agrícola en ALC ha seguido una trayectoria ampliamente compartida de modernización impulsada por las exportaciones, pero los resultados han sido heterogéneos entre las subregiones. Algunas lograron aumentos sustanciales de productividad, mientras que los resultados en desarrollo y sostenibilidad han presentado una trayectoria divergente considerable. La mayoría de los beneficios se ha concentrado en áreas intensivas en capital, mientras que otras regiones han experimentado estancamiento o un aumento en los costos ambientales. Estos costos, en particular los desequilibrios de nutrientes, la deforestación y las emisiones de GEI, amenazan la viabilidad a largo plazo de las actividades agrícolas.

Las Tablas 2 y 3 resaltan la heterogeneidad de la transformación agrícola entre las subregiones de ALC, revelando marcados contrastes en las trayectorias de crecimiento, los impactos ambientales y las estrategias de uso de insumos. El Cono Sur destaca por mantener los mayores avances en productividad y en el SPI, aunque a costa de importantes *trade-offs* ambientales. Centroamérica y la Región Andina experimentaron un progreso más frágil, cada vez más limitado por presiones ecológicas. Mientras tanto, el Caribe quedó rezagado en todas las dimensiones de desempeño, reflejando vulnerabilidades estructurales y ambientales persistentes.

Tabla 2. Tasas de crecimiento promedio anual de producción, insumos, PTF y SPI en ALC y sus subregiones (1995–2021 y subperíodos)

| Período | Indicador | Región Andina | Caribe | Centro-américa | Cono Sur | ALC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1995–2011 | Producción deseable | 2,8 | 0,2 | 2,3 | 3,8 | 3,3 |
| | Producción indeseable | 1,6 | 0,6 | -0,7 | 2,0 | 1,4 |
| | Insumos | 1,8 | 0,8 | 0,6 | 1,1 | 1,1 |
| | PTF | 1,0 | -0,6 | 1,7 | 2,6 | 2,2 |
| | SPI | -0,3 | -0,8 | 1,2 | 0,9 | 0,8 |
| 2012–2021 | Producción deseable | 1,8 | 1,0 | 2,0 | 2,2 | 2,1 |
| | Producción indeseable | 0,1 | 2,4 | 3,0 | 1,1 | 1,4 |
| | Insumos | 1,2 | 0,0 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| | PTF | 0,6 | 1,0 | 1,1 | 1,6 | 1,3 |
| | SPI | 0,0 | 0,0 | -0,4 | 0,6 | 0,3 |
| 1995–2021 | Producción deseable | 2,4 | 0,5 | 2,2 | 3,2 | 2,8 |
| | Producción indeseable | 1,0 | 1,3 | 0,7 | 1,6 | 1,4 |
| | Insumos | 1,5 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,0 |
| | PTF | 0,8 | 0,0 | 1,5 | 2,2 | 1,9 |
| | SPI | -0,2 | -0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,6 |

Fuente: Cálculo de los autores usando FAO (2024).

[3] Cálculo de los autores usando FAO (2024).

TABLA 3. MATRIZ COMPARATIVA DE CARGAS AMBIENTALES, INSUMOS CLAVE Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DOMINANTES DERIVADOS DEL CRECIMIENTO AGRÍCOLA EN ALC Y SUS SUBREGIONES (1995–2021)

| Subregión | Principal impacto ambiental | Tendencias clave en insumos | Cultivos/ganado predominantes |
|---|---|---|---|
| **Región Andina** | Estrés hídrico, desbalance de nutrientes, deforestación | Expansión del riego, alto uso de alimento y pesticidas, aumento de los costos laborales | Cultivos oleaginosos, aves de corral, carne de cerdo, frutas |
| **Caribe** | GEI, desbalance de nutrientes, riesgo por pesticidas | Concentración de capital, disminución del uso de mano de obra y agua, estancamiento | Raíces y tubérculos, frutas, hortalizas, aves de corral |
| **Centroamérica** | GEI, desbalance de nutrientes, estrés hídrico | Crecimiento moderado de insumos, riego, mecanización temprana | Hortalizas, aves de corral, leche, maíz |
| **Cono Sur** | Desbalance de nutrientes, GEI, deforestación | Alto uso de pesticidas y fertilizantes, mecanización, intensificación del alimento | Soya, maíz, aves de corral, carne de res |
| **ALC** | Contaminación por nutrientes proveniente del uso de pesticidas, fertilizantes y manejo de estiércol, seguida de GEI y deforestación | Aumento en el uso de pesticidas, fertilizantes, mecanización y alimento | Soya, aves de corral, cerdos |

Fuente: Cálculo de los autores.

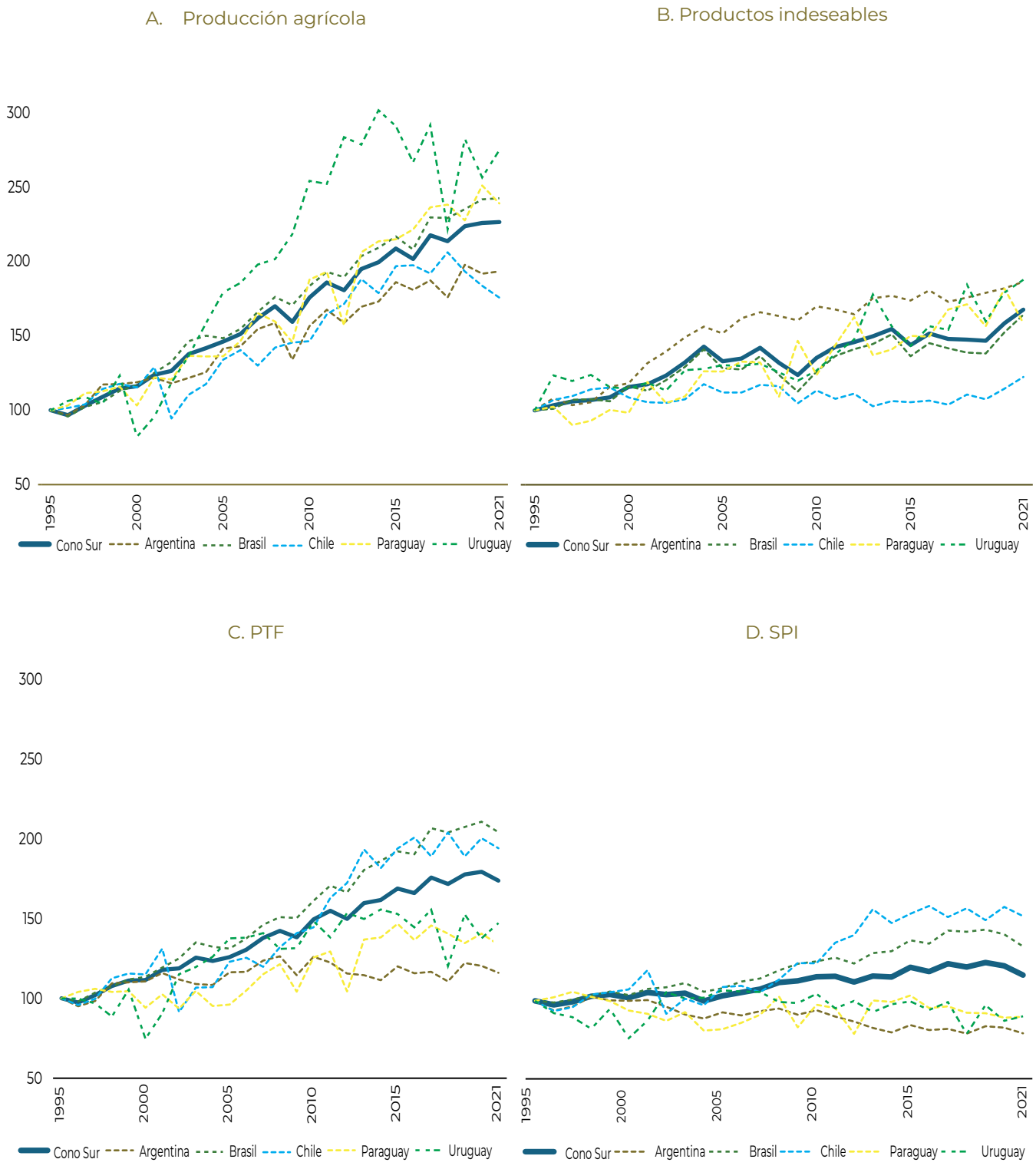
El análisis se centra ahora en las dinámicas de productividad y sostenibilidad agrícola en las cuatro subregiones de América Latina y el Caribe: Cono Sur, Región Andina, Centroamérica y el Caribe. Para cada subregión, se presentan las tendencias en productos deseables e indeseables, PTF y SPI.

Este marco permite identificar tanto los impulsores del crecimiento de la productividad como los *trade-offs* ambientales involucrados, ofreciendo una visión integral de cómo las distintas partes de la región equilibran la expansión agrícola con la sostenibilidad a largo plazo.

## A. Cono Sur: Potencia regional con altos costos ambientales

El Cono Sur surgió como el líder de productividad de la región, registrando el mayor crecimiento en productos deseables y en PTF, impulsado por el uso intensivo de pesticidas, fertilizantes y alimento concentrado. Sin embargo, este éxito conllevó elevados costos ambientales, principalmente debido a los desequilibrios de nutrientes, las emisiones de GEI y la deforestación. La producción deseable creció a una tasa anual promedio del 3,2% en el período completo, con un crecimiento más acelerado entre 1995–2011 (3,8%), antes de desacelerarse al 2,2% entre 2012–2021. El crecimiento de la PTF fue el más alto de ALC, promediando el 2,6% anual antes de 2011 y el 1,6% después, con un promedio general del 2,2%. El crecimiento del SPI fue consistentemente positivo, un 0,9% antes de 2011 y un 0,6% después, con un promedio de 0,8%, lo que convirtió al Cono Sur en la única subregión que mantuvo avances del SPI en ambos períodos. No obstante, la subregión también registró el crecimiento más rápido de productos indeseables (1.6% anual), lo que pone de relieve los *trade-offs* ambientales asociados a la expansión agrícola intensiva. Dentro del Cono Sur, Brasil y Chile lideraron la subregión tanto en crecimiento del SPI como en crecimiento de la PTF. Al comparar la PTF convencional con su versión ajustada por sostenibilidad, Uruguay presentó la mayor pérdida de productividad, seguido de Brasil, Paraguay y Argentina, mientras que Chile experimentó la reducción más pequeña. Chile destaca como el país que combinó un crecimiento sólido con pérdidas relativamente limitadas, una vez considerados los costos ambientales. En contraste, Argentina no solo registró el crecimiento más lento de la PTF y un SPI negativo, sino que además partió de niveles bajos de productividad, lo que debilitó aún más su desempeño sostenible (**Figura 2**).

## Figura 2. Cono Sur: tendencias en productos deseables e indeseables, insumos totales, PTF y SPI por país y promedio regional (1995–2021)



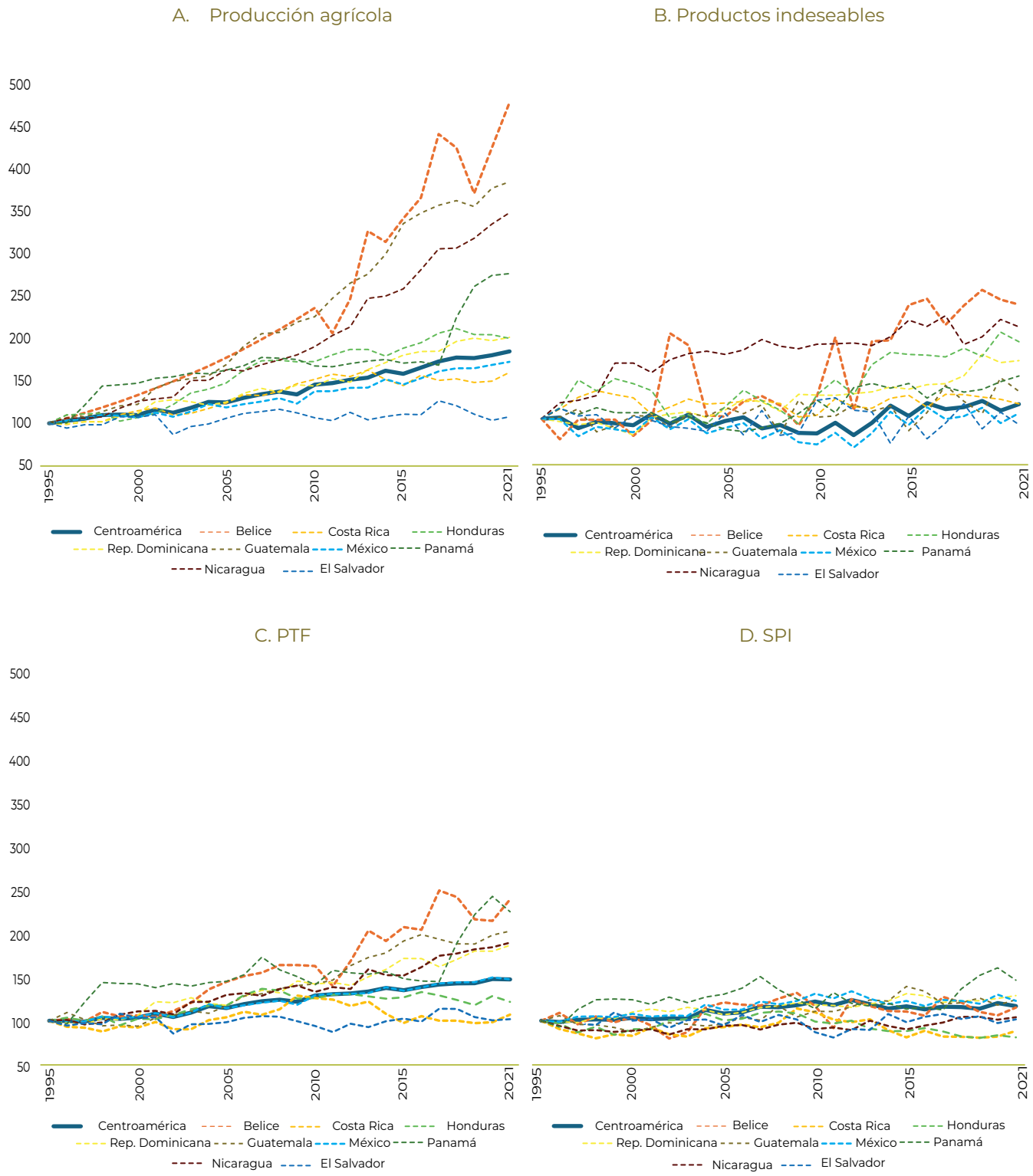

Fuente: Cálculo de los autores usando FAO (2024).

## B. Centroamérica: Avances moderados y crecientes presiones ambientales

Centroamérica registró avances moderados tanto en producción como en productividad, mientras contenía las cargas ambientales al inicio del período. Sin embargo, el fuerte aumento reciente en los productos indeseables apunta a desafíos de sostenibilidad cada vez mayores, particularmente vinculados a las emisiones de GEI derivadas de la deforestación, la ganadería y la quema de residuos de cultivos.

La producción agrícola deseable creció un 2,2% anual, reduciéndose ligeramente del 2,3% en 1995–2011 al 2,0% en 2012–2021. El crecimiento de la PTF promedió un 1,5%, siendo el segundo más alto después del Cono Sur, pero disminuyó del 1,7% en el primer período al 1,1% en el segundo. Centroamérica fue la única subregión que redujo los productos indeseables en el primer período (−0,7%), pero esta tendencia se revirtió abruptamente después de 2011, con un aumento anual del 3,0%, el más alto entre todas las subregiones. El crecimiento del SPI promedió el 0,6% en el período completo, pero se volvió negativo (−0,4%) en la década más reciente, lo que indica que la degradación ambiental empieza a superar las ganancias de productividad. Panamá, a pesar de tener un sector agrícola pequeño, registró el crecimiento del SPI más alto. Otros países con un desempeño del SPI superior al promedio incluyen República Dominicana, México y Guatemala (**Figura 3**).

## Figura 3. Centroamérica: tendencias en productos deseables e indeseables, insumos totales, PTF y SPI, por país y promedio regional (1995–2021)




Fuente: Cálculo de los autores usando FAO (2024).

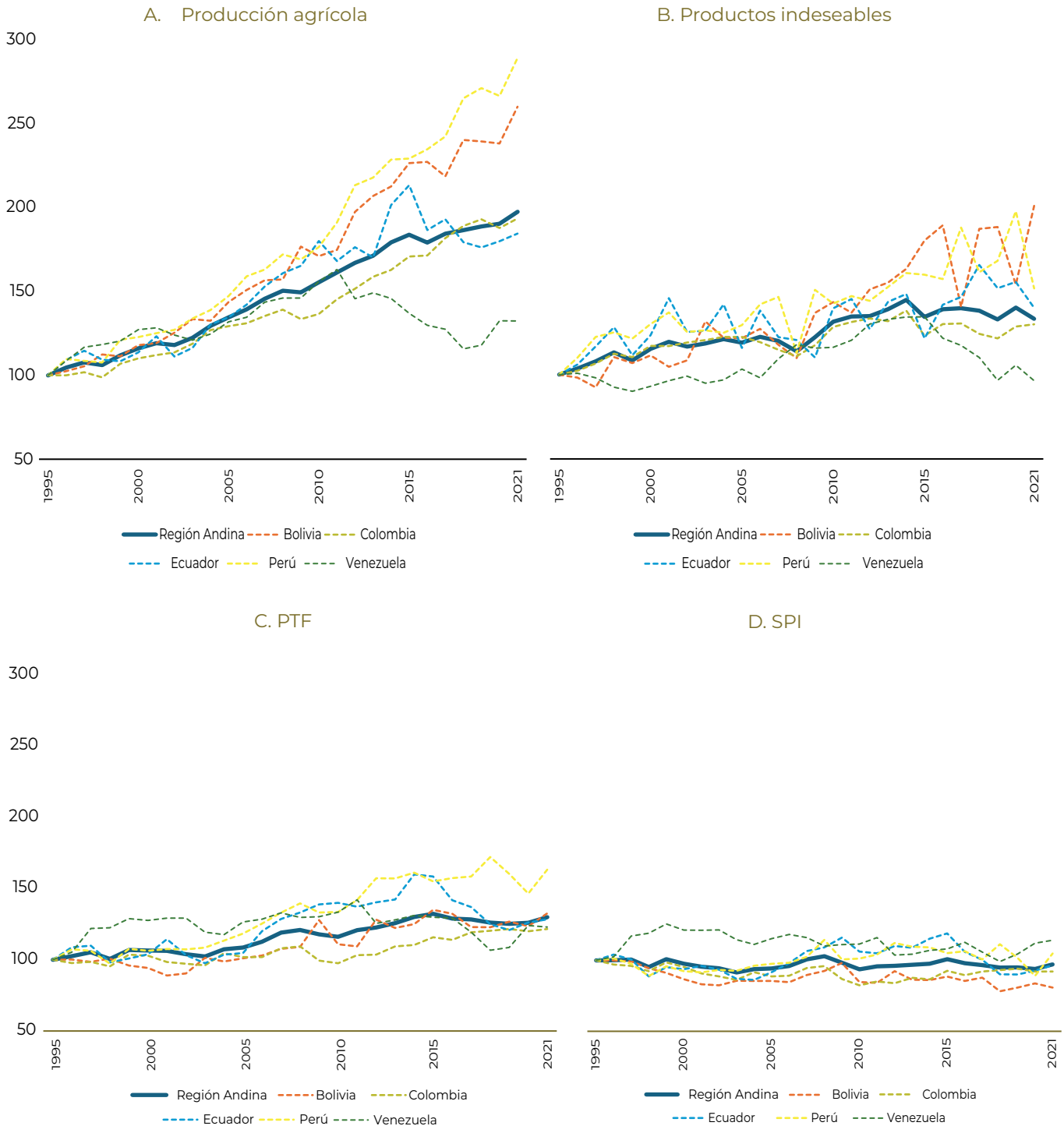
## C. Región Andina: Avances modestos y crecientes riesgos de sostenibilidad

La Región Andina demostró un crecimiento moderado de la producción, pero los avances en el SPI se mantuvieron débiles debido al aumento del estrés hídrico, la deforestación y la degradación del suelo, señales de una presión creciente sobre ecosistemas frágiles. Según la FAO (2021), el deterioro inducido por actividades humanas en los recursos de tierra, suelo y agua reduce el potencial de producción, limita el acceso a alimentos nutritivos y socava la biodiversidad y los servicios ambientales que sostienen medios de vida resilientes. Estas presiones se reflejan en las dinámicas de productividad de la región, donde el crecimiento de la producción y la eficiencia se ha desacelerado en los últimos años. Los productos deseables crecieron el 2,4% anual, disminuyendo del 2,8% en 1995–2011 al 1,8% en 2012–2021. El crecimiento de la PTF promedió un 0,8%, bajando del 1,0% al 0,6% entre los dos períodos. El crecimiento del SPI fue negativo durante todo el período (−0,2%), a pesar de una caída pronunciada en el crecimiento de los productos indeseables, que se redujo del 1,6% a solo el 0,1% después de 2011, lo que indica cierta mejora en la gestión ambiental. Como resultado, el SPI mejoró solo marginalmente, del −0,3% antes de 2011 al 0% después, revelando un progreso limitado en sostenibilidad. Perú lideró la subregión en crecimiento de la PTF y de productos deseables, pero este desempeño se vio contrarrestado por un elevado crecimiento de insumos y productos indesebles, lo que se tradujo en bajas ganancias del SPI. No obstante, Perú continúa registrando los niveles de productividad más altos de la Región Andina.

La mayoría de los demás países de la subregión siguió un patrón similar, aunque con un crecimiento de productividad más lento. Bolivia, en particular, experimentó un pobre desempeño de la PTF a pesar de un fuerte crecimiento de la producción, el cual estuvo impulsado principalmente por el aumento de insumos (**Figura 4**).[4]

[4] Los resultados del índice deben interpretarse con cautela, ya que las limitaciones de datos son más pronunciadas para algunos países que para otros.

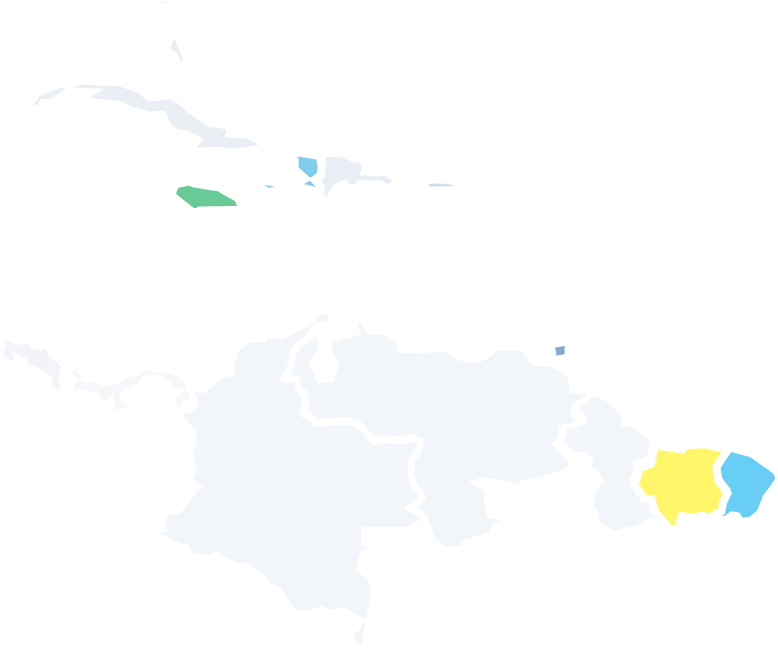
## Figura 4. Región Andina: tendencias en productos deseables e indeseables, insumos totales, PTF y SPI, por país y promedio regional (1995–2021)




Fuente: Cálculo de los autores usando FAO (2024).

## D. Caribe: estancamiento y vulnerabilidad

El Caribe experimentó estancamiento en todos los frentes, con un crecimiento mínimo de la producción, un débil crecimiento de la PTF y un aumento de la degradación ambiental. Estos resultados reflejan los retos de la agricultura en la región y su vulnerabilidad frente a factores ecológicos, como la degradación del suelo que reduce la capacidad productiva (FAO, 2021), así como frente a presiones económicas, particularmente la alta dependencia de las importaciones de alimentos, que incrementa la exposición a choques externos (ECLAC, 2022).



La producción deseable creció apenas el 0,5% anual, con un crecimiento especialmente bajo (0,2%) en 1995–2011 y un aumento modesto al 1,0% en el período posterior. El crecimiento de la PTF promedió 0% en todo el período, recuperándose del −0,6% en la primera fase al 1,0% en la última década.

Los productos indeseables aumentaron considerablemente después de 2011 (2,4%), a pesar del crecimiento muy modesto de los productos deseables. El SPI se mantuvo en niveles iguales o inferiores a cero durante todo el período (−0,8% antes de 2011 y 0% después), lo que indica una persistente dificultad para alinear las ganancias de productividad con los resultados de sostenibilidad. A pesar de los desafíos experimentados por varios países de la region, Jamaica destaca por registrar el mayor crecimiento del SPI y de la PTF, impulsado por un aumento moderado de la producción, la ausencia de crecimiento de insumos y una fuerte reducción en los productos indeseables (**Figura 5**).

## Figura 5. Caribe: tendencias en productos deseables e indeseables, insumos totales, PTF y SPI, por país y promedio regional (1995–2021)

Fuente: Cálculo de los autores usando FAO (2024).

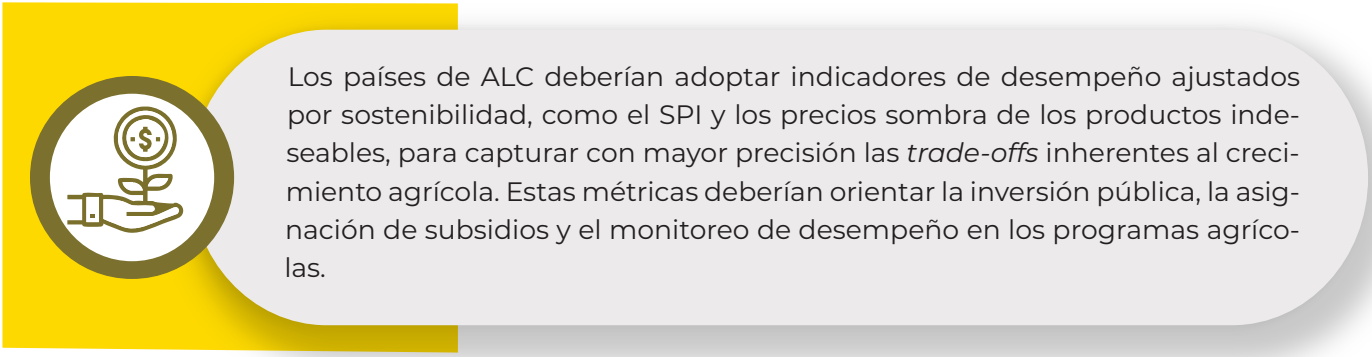
# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Este capítulo ofrece un análisis integral del crecimiento agrícola en ALC entre 1995 y 2021 mediante la aplicación de un enfoque SPI que integra productos, insumos y productos indeseables que representan los efectos ambientales negativos de la producción agrícola. Constituye uno de los primeros esfuerzos por construir un indicador exhaustivo de productividad sostenible para la región, vinculando directamente el crecimiento agrícola con el impacto ambiental.

Los resultados revelan una región que ha logrado transformar con éxito su sector agrícola, alcanzando incrementos notables en la producción, la productividad y las exportaciones. Sin embargo, cuando el desempeño se ajusta por sostenibilidad ambiental, las ganancias resultan mucho más limitadas. Este desbalance presenta de relieve un desafío estructural: las mejoras en productividad se han logrado con frecuencia a costa de la salud ecológica, intensificando presiones como las emisiones de GEI, el escurrimiento de nutrientes, la escasez hídrica y la deforestación. Dado que la salud ecológica sustenta el desempeño agrícola a largo plazo, estas tendencias señalan riesgos significativos para mantener el crecimiento de la producción en el futuro cercano.

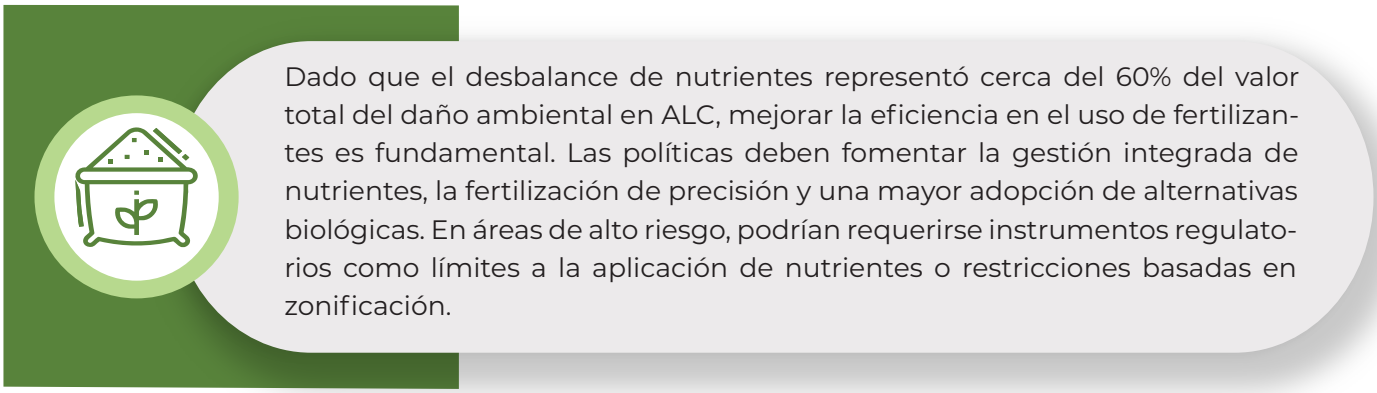
Si bien las condiciones varían entre subregiones y países, este análisis señala varias recomendaciones de política que podrían aplicarse de manera amplia en la región:

## I. Internalizar los costos ambientales mediante métricas ajustadas por sostenibilidad



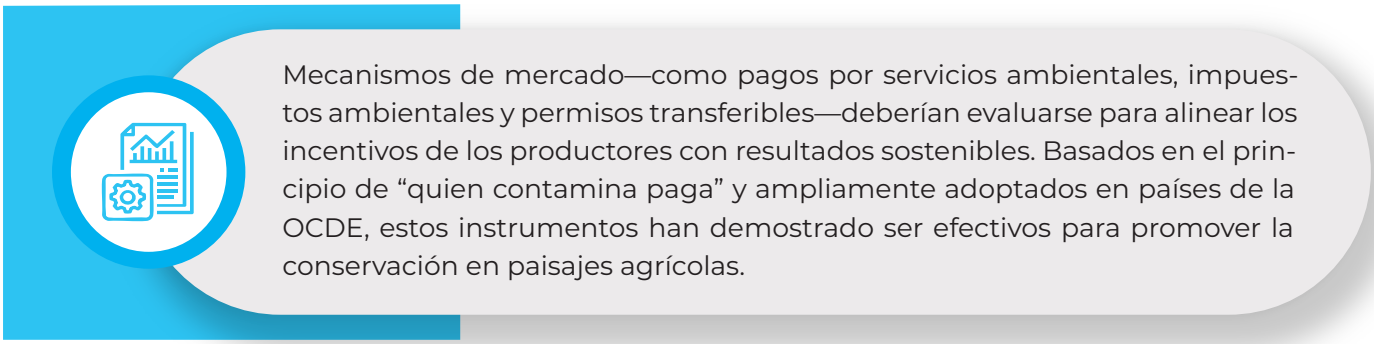
Los países de ALC deberían adoptar indicadores de desempeño ajustados por sostenibilidad, como el SPI y los precios sombra de los productos indeseables, para capturar con mayor precisión las *trade-offs* inherentes al crecimiento agrícola. Estas métricas deberían orientar la inversión pública, la asignación de subsidios y el monitoreo de desempeño en los programas agrícolas.

## II. Promover un uso eficiente y regulado de insumos



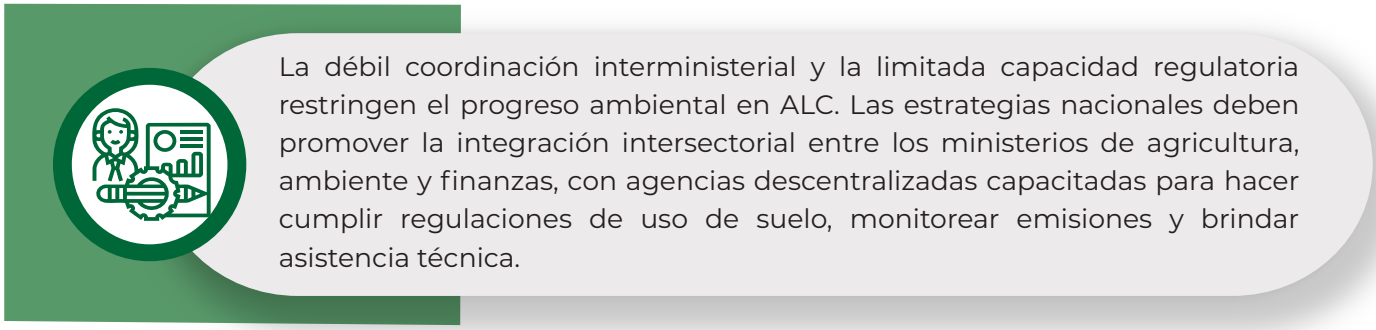
Dado que el desbalance de nutrientes representó cerca del 60% del valor total del daño ambiental en ALC, mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes es fundamental. Las políticas deben fomentar la gestión integrada de nutrientes, la fertilización de precisión y una mayor adopción de alternativas biológicas. En áreas de alto riesgo, podrían requerirse instrumentos regulatorios como límites a la aplicación de nutrientes o restricciones basadas en zonificación.

## III. Ampliar el uso de instrumentos económicos basados en el mercado



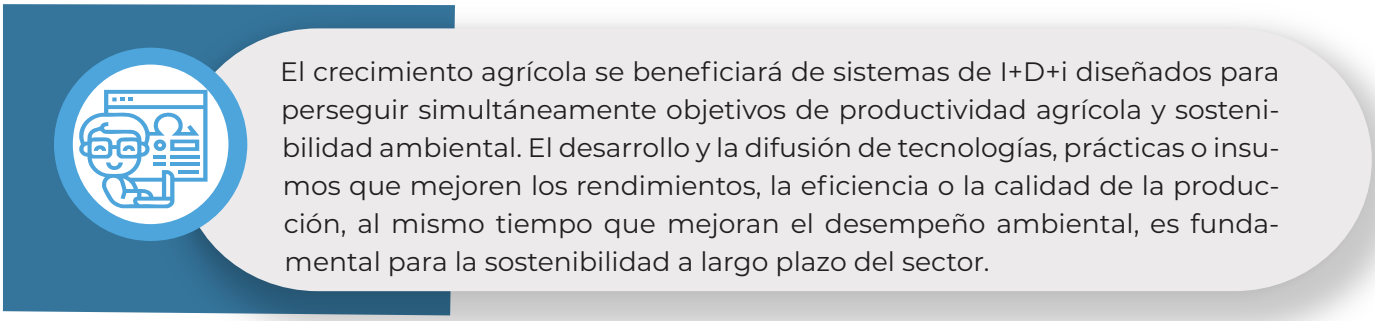
Mecanismos de mercado—como pagos por servicios ambientales, impuestos ambientales y permisos transferibles—deberían evaluarse para alinear los incentivos de los productores con resultados sostenibles. Basados en el principio de "quien contamina paga" y ampliamente adoptados en países de la OCDE, estos instrumentos han demostrado ser efectivos para promover la conservación en paisajes agrícolas.

## IV. Fortalecer la capacidad institucional y la coherencia de políticas



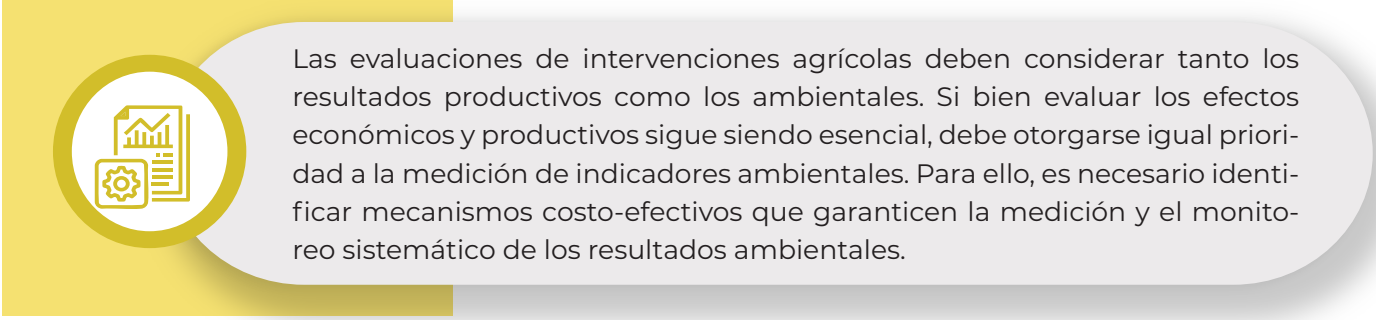
La débil coordinación interministerial y la limitada capacidad regulatoria restringen el progreso ambiental en ALC. Las estrategias nacionales deben promover la integración intersectorial entre los ministerios de agricultura, ambiente y finanzas, con agencias descentralizadas capacitadas para hacer cumplir regulaciones de uso de suelo, monitorear emisiones y brindar asistencia técnica.

## V. Diseñar sistemas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de doble propósito



El crecimiento agrícola se beneficiará de sistemas de I+D+i diseñados para perseguir simultáneamente objetivos de productividad agrícola y sostenibilidad ambiental. El desarrollo y la difusión de tecnologías, prácticas o insumos que mejoren los rendimientos, la eficiencia o la calidad de la producción, al mismo tiempo que mejoran el desempeño ambiental, es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo del sector.

## VI. Evaluar los impactos ambientales de las intervenciones agrícolas



Las evaluaciones de intervenciones agrícolas deben considerar tanto los resultados productivos como los ambientales. Si bien evaluar los efectos económicos y productivos sigue siendo esencial, debe otorgarse igual prioridad a la medición de indicadores ambientales. Para ello, es necesario identificar mecanismos costo-efectivos que garanticen la medición y el monitoreo sistemático de los resultados ambientales.

# IV. GENERAR IMPACTO A TRAVÉS DE LA EVIDENCIA

CAPÍTULO 13.

# IMPULSAR EL DESARROLLO AGRÍCOLA MEDIANTE LA EVIDENCIA: UNA DÉCADA DE EVALUACIONES DE IMPACTO DEL BID EN LA REGIÓN

AUTORES: MAJA SCHLING, LINA SALAZAR, RENÉE PÉREZ MASSARD, DANIEL BARBOSA, DASUN LEE

## RESUMEN

En este capítulo se examina la evidencia de 25 evaluaciones de impacto de programas de desarrollo agrícola respaldados por el BID que se publicaron entre 2014 y 2025. Examinamos y resumimos la evidencia para varias categorias de intervenciones: transferencias de insumos y tecnología (11 estudios), infraestructura rural (5 estudios), regularización y administración de tierras (4 estudios), salud animal y vegetal (2 estudios) y servicios de extensión y desarrollo de capacidades (4 estudios). De la base empírica surgen las siguientes conclusiones: (1) medir la heterogeneidad entre las unidades productivas y las cadenas de valor es fundamental para comprender la eficacia de los programas; (2) los efectos sobre la productividad son dinámicos a lo largo del tiempo, y las evaluaciones a mediano y largo plazo son fundamentales para medir con precisión los impactos sobre la productividad; (3) los programas agrícolas pueden lograr impactos sobre el bienestar, incluso en ausencia de los cambios esperados en la productividad o los ingresos; (4) los programas agrícolas pueden mejorar el empoderamiento de las mujeres y la seguridad alimentaria de los hogares, pero las evaluaciones relevantes siguen siendo relativamente escasas; (5) el diseño de programas agrícolas y evaluaciones con medición de efectos derrame puede proporcionar información importante sobre la eficacia del desarrollo; y (6) la complementariedad de los datos de encuestas y los datos de teledetección puede ser una estrategia poderosa para superar los retos que plantea la recopilación de datos en el campo. Concluimos con una serie de recomendaciones viables para reforzar el diseño y la evaluación de los programas basados en estos hallazgos.


## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 15 años, el BID ha intensificado sus esfuerzos para fortalecer la evidencia sobre la efectividad de sus proyectos. Esta decisión ha dado lugar a un número creciente de evaluaciones de impacto de los efectos causales de las inter-

venciones en todos los sectores, lo que ha generado un número cada vez mayor de evidencia empírica rigurosa. El sector agrícola no es una excepción: el aumento constante de los análisis basados en datos empíricos está permitiendo elaborar políticas y programas más eficaces. El presente capítulo tiene por objeto ofrecer una visión general de conocimiento generado entre 2014 y 2025, y resumir las principales conclusiones derivadas de esta base empírica. Su objetivo es proporcionar a los responsables de la formulación de políticas información útil sobre las intervenciones que refuerzan la seguridad alimentaria, el bienestar rural y la resiliencia al cambio climático, al tiempo que mejoran la productividad agrícola.

Con el fin de promover intervenciones basadas en la evidencia, el BID complementa su cartera operativa con sólidos esfuerzos de generación de conocimientos. El presente capítulo ofrece una revisión narrativa de las evaluaciones cuantitativas de los proyectos del BID, muchas de las cuales han sido elaboradas por especialistas del BID. Algunas de las evaluaciones consideradas en este capítulo han sido publicadas a través del portal de conocimientos del BID, lo que las ha sometido al riguroso proceso de revisión por pares del propio banco, que a menudo comienza en la fase de planificación del programa. Otras se han publicado en revistas académicas revisadas por pares, que están sujetas a sus propios procesos de revisión. Dada la naturaleza de la base empírica y el método de revisión utilizado, los lectores deben tener en cuenta que el presente capítulo no extrae conclusiones universales sobre la eficacia de los diferentes tipos de intervención. Más bien, el capítulo pretende identificar conclusiones transversales sobre las intervenciones del BID, desde una perspectiva de evaluación, destacando las lecciones aprendidas de la formulación de políticas basadas en datos empíricos en el sector.

El análisis se basa en 25 evaluaciones de impacto de proyectos apoyados por el BID publicados desde 2015. Las evaluaciones de impacto que han sido analizadas son evaluaciones contrafactuales que comparan los grupos de tratamiento y control para medir los impactos causales de los proyectos agrícolas mediante métodos experimentales o cuasi experimentales. El conjunto de evaluaciones abarca una amplia gama de intervenciones, entre las que se incluyen la transferencia de insumos y tecnología, el desarrollo de infraestructuras, la regularización y administración de tierras, la salud animal y vegetal, y los servicios de extensión y desarrollo de capacidades.

En resumen, de las pruebas de estas 25 evaluaciones de impacto se desprenden varias lecciones clave:

I. Medir la heterogeneidad del impacto entre las unidades productivas y las cadenas de valor es fundamental para comprender la dinámica de los efectos causales tanto en los resultados productivos como en los socioeconómicos.
II. Los impactos en la productividad son dinámicos y sus efectos pueden manifestarse en diferentes plazos. Por lo tanto, la realización de evaluaciones a mediano y largo plazo puede ser fundamental para medir con precisión los impactos en la productividad.
III. Los programas agrícolas pueden lograr efectos en el bienestar, incluso en ausencia de cambios esperados en la productividad o los ingresos.
IV. Los programas agrícolas pueden servir como mecanismos estratégicos para mejorar el empoderamiento de las mujeres. Sin embargo, la evidencia sigue siendo escasa, a pesar de los vínculos documentados con la seguridad alimentaria.
V. El diseño de programas agrícolas para medir los efectos indirectos puede proporcionar información fundamental sobre la efectividad del desarrollo.

VI. Complementar los datos de encuestas con datos de teledetección puede ser una estrategia eficaz para superar los retos que plantea la recopilación de datos en el campo.

El resto de este capítulo está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 resume el marco analítico, incluyendo una visión general del papel del BID en la implementación y evaluación de las intervenciones agrícolas. La sección 3 presenta una revisión bibliográfica que describe las características clave de cada uno de los 25 estudios considerados en este capítulo. La sección 4 destaca y describe las lecciones aprendidas de diez años de evaluaciones de impacto del BID. Por último, la sección 5 resume las recomendaciones para los responsables de la formulación de políticas y los profesionales del desarrollo que deseen promover la seguridad alimentaria y el crecimiento sostenible en la región.

## II. MARCO ANALÍTICO

El BID ha sido un socio clave en el diseño y la implementación de intervenciones agrícolas para mejorar la productividad, la producción y los ingresos de los agricultores en América Latina y el Caribe (ALC). Entre 2010 y 2025, el BID financió 105 proyectos de desarrollo agrícola y rural por un total de US$7.203 millones en préstamos aprobados. Entre 2014 y 2025, el BID también publicó 25 documentos analíticos en los que se evaluaban las operaciones agrícolas financiadas, que abordaban una amplia gama de retos y oportunidades. Este análisis agrupa las intervenciones estudiadas en estas 25 publicaciones en las siguientes categorías de intervención:

I. TRANSFERENCIAS DE INSUMOS Y TECNOLOGÍA: intervenciones que proporcionan a los productores insumos o tecnologías, típicamente acompañadas de asistencia técnica. Las transferencias pueden realizarse mediante (i) la distribución directa de insumos; (ii) bonos o vales que pueden utilizarse para comprar insumos a proveedores preaprobados; o (iii) créditos/préstamos que pueden utilizarse para realizar compras de insumos o inversiones de capital.

II. INFRAESTRUCTURA RURAL: intervenciones que construyen, rehabilitan, mejoran o amplían la infraestructura rural (por ejemplo, sistemas de irrigación o carreteras).

III. REGULARIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS: intervenciones que tienen por objetivo aumentar el acceso a la titulación de tierras, caracterizar el uso de la tierra agrícola, redistribuir los activos de la tierra o fortalecer de otro modo los sistemas de administración de tierras.

IV. SANIDAD ANIMAL Y VEGETAL: intervenciones que refuerzan la prestación de servicios sanitarios y fitosanitarios a todos los agentes de la cadena de valor agrícola (por ejemplo, programas de erradicación de plagas, campañas de vacunación animal, entre otros).

V. SERVICIOS DE EXTENSIÓN Y DESARROLLO DE CAPACIDADES: intervenciones que tienen por objeto superar las barreras de información y capacidad mediante la prestación de capacitación sobre los aspectos técnicos o comerciales de la producción agrícola.

En este capítulo se resume la experiencia del BID en el apoyo a la productividad agrícola en ALC, se identifican patrones entre los distintos tipos de intervenciones y se evalúan las condiciones propicias que contribuyen al crecimiento sectorial. La revisión de la evidencia de los proyectos financiados por el BID es especialmente importante para

extraer lecciones, garantizar la rendición de cuentas y orientar las inversiones futuras en la región.

## III. REVISIÓN DE LAS EVALUACIONES DE IMPACTO DEL BID (2014-2025)

En esta sección se presenta una revisión bibliográfica narrativa de las 25 evaluaciones de impacto de las intervenciones del BID publicadas entre 2014 y 2025. Para cada categoría de intervención, se describen los estudios disponibles y las principales conclusiones. En la **Tabla 1** se ofrece una visión general del número de estudios pertinentes en cada categoría de intervención, así como de los países en los que se realizaron las evaluaciones. En el **Anexo 1** se incluye un cuadro detallado en el que se describen la categoría de intervención, la metodología y las principales conclusiones de cada estudio.

**Tabla 1. Resumen de las categorías de intervención y los países estudiados**

| Categoría de intervención | Número de estudios[1] | Countries studied |
|---|---|---|
| Transferencias de insumos y tecnología | 11 | Argentina (3), Bolivia (2), República Dominicana (2), Guatemala, Haití, Nicaragua (2) |
| Infraestructura rural | 5 | Argentina (2), Bolivia, Ecuador (2) |
| Regularización y administración de tierras | 4 | Bolivia, Ecuador (2), Perú |
| Sanidad animal y vegetal | 2 | Perú(2) |
| Servicios de extensión y desarrollo de capacidades | 4 | Haití, Uruguay, Perú, Costa Rica |

Fuente: Elaboración propia.

### III.i. Transferencias de insumos y tecnología

La categoría de intervención más estudiada fue la de transferencias de insumos y tecnología, que se analiza en 11 estudios. De ellos, dos evaluaron programas en los que se proporcionaban insumos directamente a los agricultores (Salazar et al., 2018a; Mullally et al., 2019); ocho evaluaron programas de transferencia que se ejecutaban mediante bonos para apoyar la adopción de tecnología (Aramburu et al., 2019; Salazar et al., 2015; Salazar et al., 2018b; Schling y Pazos, 2022b; Salazar et al., 2021; Maffioli et al., 2018; Salazar et al. 2025; González Flores y Le Pommellec, 2017), y un estudio evaluó un programa de transferencia que estableció un fondo de crédito rotatorio que podía utilizarse para la compra de insumos variables o inversiones de capital (Schling et al., 2025a).

En cuanto al suministro directo de insumos, un enfoque de diferencias en diferencias con emparejamiento por puntuación de propensión en Nicaragua mostró que las tecnologías ganaderas aumentaron la producción agrícola en un 60%, triplicaron los ingresos por la venta de ganado y mejoraron la participación de las mujeres (Salazar et al., 2018a). En Guatemala, un programa que proporcionaba a los agricultores variedades locales de pollos a cambio de completar un programa de extensión avícola no tuvo efectos significativos en los indicadores de productividad, pero mostró un impacto positivo significativo en los indicadores antropométricos de las niñas. La evaluación del impacto, que utilizó un diseño aleatorio por fases, reveló que el programa redujo el retraso y el retraso grave en el crecimiento entre las niñas en 23,5 puntos porcentuales (p. p.) y 14 p. p., respectivamente (Mullally et al., 2019).

Ocho de los estudios sobre programas que promueven la adopción de tecnología examinaron las transferencias de insumos y tecnología basadas en bonos no reembolsables. En Nicaragua, un programa de agroecología proporcionó paquetes tecnológicos subvencionados y asistencia técnica en múltiples cadenas de valor, con el objetivo de

[1] Maffioli et al. (2018) evalúan los efectos complementarios de dos tipos de intervención (infraestructura rural y transferencias de insumos y tecnología), lo que da como resultado un total de 26 estudios en esta tabla.

mejorar los resultados productivos y promover la resiliencia ambiental mediante el establecimiento de sistemas de producción agroecológicos (González Flores y Le Pommellec, 2017). Además de aumentar el valor de la producción de los agricultores en US$195 por hectárea, también se produjo un aumento de la cobertura arbórea, el uso de sistemas de recogida de agua de lluvia y la adopción de prácticas productivas sostenibles (González Flores y Le Pommellec, 2017). En Bolivia, el Programa de Apoyos Directos para la Creación de Iniciativas Agroalimentarias Rurales (CRIAR) distribuyó vales que cubrían el 90% del costo de las tecnologías elegidas por los productores, lo que dio lugar a un aumento de la productividad, los ingresos de los hogares y la seguridad alimentaria, según las estimaciones realizadas mediante un enfoque de variables instrumentales (Salazar et al., 2015). Una evaluación posterior de la segunda fase del CRIAR reveló que el programa tenía efectos directos e indirectos, y que los beneficiarios, ya sean directos o indirectos, experimentaron aumentos en los ingresos familiares, el valor de la producción y la adopción de tecnología (Salazar et al., 2025).

Aunque los estudios realizados en Bolivia y Nicaragua documentaron el éxito en los resultados sociales, productivos y ambientales, los resultados fueron mixtos en otros contextos. En la República Dominicana, un experimento aleatorio en dos etapas reveló que las transferencias de tecnología basadas en vales tenían efectos limitados sobre la productividad (Aramburu et al., 2019). Sin embargo, los autores observaron que las tecnologías de riego fomentaban un cambio en la cartera de cultivos, pasando de cultivos temporales a cultivos permanentes. También encontraron pruebas que sugerían que los efectos sobre la productividad podían aumentar con el tiempo (Aramburu et al., 2019). En Haití, un programa que ofrecía subsidios[2] inteligentes para insumos agrícolas y paquetes técnicos agroforestales arrojó resultados mixtos dependiendo de la cadena de valor. Concretamente, los bonos para insumos de arroz, horticultura y cacahuetes no produjeron efectos positivos en la productividad ni en el valor de la producción. Sin embargo, los bonos para paquetes técnicos agroforestales aumentaron los beneficios y el valor de la producción en un 63% y un 38%, respectivamente (Salazar et al., 2018b).

Dos estudios sobre programas de bonos combinaron datos de encuestas con análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (*NDVI – Normalized Difference Vegetation Index*) a lo largo de varios años, y concluyeron que los programas de bonos tuvieron efectos dinámicos a lo largo del tiempo. En Argentina, la evaluación del programa de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar (PRODAF) combinó datos de encuestas con análisis NDVI basados en satélites. Los autores descubrieron que el PRODAF aumentó la adopción de tecnología en 21 p.p. y el acceso al crédito en 47 p.p. Sin embargo, los efectos en la producción variaron según la cadena de valor: solo se detectaron efectos positivos y estadísticamente significativos en la productividad en la cadena de valor de los cítricos, y los efectos más importantes se materializaron entre dos y tres años después de la exposición al programa (Schling y Pazos, 2022b). De manera similar, en la República Dominicana, un programa de vales demostró efectos dinámicos en la productividad como resultado de la adopción de tecnologías de riego. Se observó un aumento de los índices de vegetación a partir del tercer año después del tratamiento, y las diferencias entre los grupos de tratamiento y control se disiparon con el tiempo, posiblemente debido a los efectos indirectos (Salazar et al., 2021).

En Argentina, los bonos de insumos para viticultores aumentaron la producción y la

[2] Las subsidios inteligentes son un tipo de intervención agrícola diseñada para abordar dos obstáculos comunes a los que se enfrentan los productores: las restricciones de liquidez y los conocimientos técnicos limitados. En términos generales, combinan una transferencia financiera condicional vinculada a la compra de determinados insumos o equipos agrícolas con asistencia técnica para apoyar la adopción de una nueva tecnología por parte del agricultor beneficiario.

productividad en un 9,4% y un 7,7%, respectivamente. Sin embargo, cuando el programa de bonos se combinó con la construcción de canales de riego públicos, la producción y la productividad aumentaron un 16,6% y un 16%, respectivamente (Maffioli et al., 2018). Cabe destacar que los agricultores expuestos a ambas intervenciones lograron mayores aumentos de rendimiento que la suma de cada intervención por separado.

Por último, una evaluación examinó el efecto de las transferencias de insumos mediante el establecimiento de un fondo rotatorio de préstamos para pequeños productores lecheros en Argentina (Schling et al., 2025a). El fondo rotatorio de préstamos fue administrado por asociaciones de pequeños productores lecheros y proporcionó dos líneas de crédito diferentes: préstamos a corto plazo que podían utilizarse para la compra de insumos variables (como fertilizantes para pastos y mano de obra contratada) y préstamos a más largo plazo que podían utilizarse para inversiones de capital (como infraestructura y equipos agrícolas). El crédito a corto plazo utilizado para insumos variables no tuvo un efecto apreciable en la producción. Por el contrario, el crédito utilizado para inversiones de capital aumentó la producción en un 17,2% al año siguiente de su concesión. Además, los préstamos de mayor cuantía se asociaron con efectos más sostenidos en la productividad: los agricultores que recibieron préstamos de inversión por encima de la mediana experimentaron aumentos de la producción tres años después de la concesión del crédito (Schling et al., 2025a).

## III.ii. Infraestructura rural

La categoría de infraestructura rural incluyó una evaluación de un programa de mejora de carreteras rurales (Corral y Zane, 2021) y cuatro estudios de programas de infraestructura de riego (Maffioli et al., 2018; Corral y Zane, 2020; Salazar y López, 2017; Schling et al., 2025b).

En Ecuador, el Proyecto de Inversión Rural Chimborazo se evaluó utilizando datos de encuestas de hogares con un enfoque de diferencias en diferencias y emparejamiento por puntuación de propensión (Corral y Zane, 2021). Las mejoras en 38,9 km de carreteras redujeron significativamente el tiempo y los costos de desplazamiento, lo que condujo a un aumento de las tasas de matrícula en la escuela secundaria a los 13 y 18 años y a una mejora de los resultados en materia de salud. Sin embargo, no se observaron efectos significativos en la producción agrícola, los ingresos de los hogares o la seguridad alimentaria.

Cuatro evaluaciones examinaron el efecto de los programas de infraestructura de riego. Dos de ellas combinaron la rehabilitación y la ampliación de las redes de infraestructura con la creación y el fortalecimiento de asociaciones de usuarios de agua. Uno de estos programas, llevado a cabo en Ecuador y centrado en las comunidades indígenas de las tierras altas, aumentó el rendimiento general de los cultivos en aproximadamente un 33% y redujo la inseguridad alimentaria[3] (Corral y Zane, 2020). Sin embargo, los autores también observaron una disminución simultánea en las ventas de cultivos, lo que sugiere que la inseguridad alimentaria disminuyó gracias al aumento del consumo de cultivos en los hogares (Corral y Zane, 2020). Por el contrario, una evaluación del programa nacional de riego de Bolivia no encontró un impacto estadísticamente significativo en los rendimientos en el momento de la evaluación. No obstante, los autores encontraron efectos positivos y estadísticamente significativos en el valor de la producción agrícola, los ingresos de los hogares, el uso de semillas certificadas y el acceso al mercado (Salazar y López, 2017).

[3] La inseguridad alimentaria se midió mediante un módulo de encuesta basado en el Módulo de Encuesta sobre la Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el que se formula una serie de preguntas a la persona responsable de preparar las comidas en el hogar sobre la exposición de su familia a episodios de inseguridad alimentaria, como tener que saltarse comidas.

Atribuyen la falta de efectos estadísticamente significativos en los rendimientos a la curva de aprendizaje asociada a la transición de la agricultura de secano a la de regadío, y concluyen que es probable que los productores se encuentren todavía en la fase de aprendizaje práctico de la adopción de la tecnología (Salazar y López, 2017).

En Argentina, dos estudios evaluaron el efecto de un programa de riego en la región vinícola de San Juan. Un estudio realizado por Maffioli et al. (2018) encontró que la expansión del riego aumentó la producción y la productividad vitivinícolas en un 4,2% y un 4,6%, respectivamente. Sin embargo, cuando el riego se combinó con vales para insumos, la producción y la productividad aumentaron significativamente, un 16,6% y un 16%, respectivamente. Schling et al. (2025b) utilizaron una combinación de datos de encuestas y teledetección para evaluar una fase posterior del mismo programa, que se centró en la restauración de los canales de riego en la zona vinícola de la provincia de San Juan. En consonancia con la evaluación anterior, este estudio de impacto a largo plazo reveló aumentos en la producción de uva de entre el 31,4% y el 53%, y aumentos en el rendimiento de la uva de entre el 0,93% y el 1%, con efectos en la productividad (medidos por el NDVI) que se hicieron más fuertes con el tiempo (Schling et al., 2025b). Los autores también constataron que el programa aumentó la superficie de tierra con riego y redujo la probabilidad de que los agricultores reportaran pérdidas relacionadas con el riego (Schling et al., 2025b).

### III.iii. Regularización y administración de tierras

Cuatro estudios examinaron el impacto de los programas de regularización y administración de tierras en la región andina (Schling et al., 2024; Corral et al., 2024; Schling et al., 2023; Schling y Pazos, 2022a).

En un estudio sobre la seguridad de la tenencia de tierras en Bolivia, Ecuador y Perú, los datos obtenidos a partir de la comparación de puntuaciones de propensión y un análisis estocástico de la frontera de producción con corrección de sesgos muestran que los pequeños agricultores con títulos de propiedad formales son, en promedio, un 38,6% más eficientes técnicamente que los que no los tienen (Schling et al., 2024). Aunque la magnitud de los efectos de eficiencia varía según el país, se observan dos vías principales: la mejora del acceso al crédito y el aumento de la inversión productiva. En conjunto, estos hallazgos ponen de relieve la importancia de una regularización integral de tierras para mejorar la productividad agrícola (Schling et al., 2024). En Ecuador, Corral et al. (2024) utilizaron un diseño doblemente robusto (diferencia en diferencias con ponderación de probabilidad inversa) y encontraron que la cartografía catastral a través del programa de Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SigTierras) no mejoró la percepción de la seguridad de la tenencia, no redujo los conflictos por la tierra ni aumentó el uso de insumos. Sin embargo, incrementó significativamente los salarios agrícolas y los ingresos de los hogares de los propietarios beneficiarios.

Dos evaluaciones se centran en la relación entre la tenencia de tierras, el empoderamiento de las mujeres y el bienestar de los hogares. En Ecuador, Schling et al. (2023) descubrieron que, aunque SigTierras no afectó a los indicadores agregados del empoderamiento de las mujeres, las beneficiarias obtuvieron un mayor acceso al crédito y se involucraron más en actividades generadoras de ingresos no agrícolas. Además, los hogares que recibieron mapas catastrales con títulos conjuntos también informaron de una mayor seguridad alimentaria y cambiaron la producción hacia productos más comercializables y nutritivos (Schling et al., 2023). De manera similar, Schling y Pazos

(2022a) analizaron los efectos de la propiedad informal autodeclarada de tierras sobre el empoderamiento de las mujeres y el bienestar de los hogares en Perú. Utilizando un enfoque de variable instrumental, los autores encontraron que la propiedad de tierra autodeclarada por las mujeres aumentaba la diversidad de cultivos, reducía el tiempo dedicado al trabajo agrícola y mejoraba la seguridad alimentaria de los hogares en 20 p.p. (Schling y Pazos, 2022a).

### III.iv. Sanidad animal y vegetal

Dos estudios evaluaron las intervenciones en materia de salud animal y vegetal. Salazar et al. (2017) evaluaron un programa de erradicación de la mosca de la fruta en las regiones costeras del Perú utilizando un diseño de discontinuidad geográfica, y encontraron mejoras significativas en la productividad y las ventas de los cultivos frutales, así como un aumento de los conocimientos de los agricultores sobre las plagas y la adopción de mejores prácticas. Un estudio de seguimiento realizado por Salazar et al. (2023) combinó una regresión de discontinuidad con índices de vegetación para examinar el impacto a largo plazo del programa de erradicación de la mosca de la fruta durante 10 años. El estudio reveló que las ganancias de productividad aumentaron con el tiempo, con un impacto estimado en los rendimientos que oscilaba entre el 12% y el 49% (Salazar et al., 2023). Sin embargo, los autores también concluyen, mediante una regresión cuantílica, que los beneficios fueron mayores para los agricultores más productivos, lo que sugiere la necesidad de un apoyo complementario para garantizar resultados equitativos en los diferentes segmentos de productores (Salazar et al., 2023).

### III.v. . Servicios de extensión y desarrollo de capacidades

Cuatro estudios examinaron el efecto de los servicios de extensión y las intervenciones de desarrollo de capacidades. En Uruguay, Mullally y Maffioli (2014) analizaron el Programa Ganadero Uruguayo y descubrieron que aumentó la producción de terneros en 11,36-15,3 terneros y las ventas netas de terneros en 4,35 de media. Si bien estos resultados demuestran impactos positivos, la modestia de los efectos sugiere que hay margen de mejora en el diseño y la ejecución de los programas de extensión (Mullally y Maffioli, 2014). En Haití, Arráiz et al. (2015) evaluaron un programa de extensión que creó y capacitó a Grupos Empresariales de Productores (PBG, por sus siglas en inglés) en diversos aspectos de la producción y comercialización del mango, uno de los principales productos agrícolas de exportación de Haití. Uno de los objetivos principales de este programa de desarrollo de capacidades era aumentar los ingresos de los pequeños agricultores facilitando su acceso a los mercados de exportación de mangos. Para lograrlo, el programa de desarrollo de capacidades del proyecto promovió la adopción de árboles de mango *Francique* (una variedad de exportación) y conectó a los pequeños productores con los exportadores a través de los PBG. Además, capacitaron a los PBG en prácticas que mejorarían la calidad y la cantidad de sus cosechas de mango, al tiempo que alineaban sus prácticas de producción con las normas de exportación. Utilizando métodos de emparejamiento combinados con un enfoque de diferencias en diferencias, el estudio concluyó que el proyecto dio lugar a un aumento de la plantación de mangos Francique jóvenes y a una mayor adopción de las mejores prácticas de producción en un plazo de 16 meses. Sin embargo, en el momento de la evaluación aún no se habían materializado los efectos sobre las cosechas y las ventas, lo que los autores atribuyen al breve período de evaluación (Arráiz et al., 2015). Más allá de estos casos, dos evaluaciones del BID han documentado efectos complementarios a través de los canales de comercio e inversión. Carballo, Rodríguez y Volpe (2018) encontraron que las plataformas digitales

como ConnectAmericas impulsaron el rendimiento de las exportaciones, en particular entre las empresas agroalimentarias. Del mismo modo, Carballo, Graziano, Schaur y Volpe (de próxima publicación, documento de trabajo del BID) muestran que la digitalización de los procedimientos comerciales en el sistema VUCE[4] de Costa Rica, con el apoyo del BID, aumentó las exportaciones agrícolas, especialmente entre las pequeñas empresas y las regiones no centrales. Estos hallazgos ponen de relieve cómo la facilitación del comercio y la digitalización pueden mejorar la productividad agrícola al reducir los costos de transacción, mejorar las normas de calidad y fomentar la difusión tecnológica.

## IV. PRINCIPALES HALLAZGOS

Nuestra revisión de 25 evaluaciones de impacto de programas de desarrollo agrícola respaldados por el BID en ALC, publicadas entre 2014 y 2025, arrojó seis conclusiones clave, que se analizan a continuación.

### IV.i. Heterogeneidad del impacto entre las unidades productivas y las cadenas de valor

Medir las variaciones en el impacto entre las unidades productivas y las cadenas de valor es clave para comprender la dinámica de los efectos causales tanto en los resultados productivos como en los socioeconómicos. Para cualquier intervención dada, la distribución de los impactos del programa a menudo muestra variaciones significativas entre los hogares, las cadenas de valor y las escalas de productividad. Por ejemplo, el programa ganadero de Guatemala no produjo efectos detectables en los indicadores de consumo de alimentos a nivel doméstico, pero condujo a una disminución significativa del retraso en el crecimiento entre las niñas (Mullally et al., 2019). En Perú, el análisis cuantílico reveló que los agricultores más productivos experimentaron las mayores ganancias de productividad gracias a un programa de erradicación de la mosca de la fruta (Salazar et al., 2017). Los programas de subsidios inteligentes como el PRODAF en Argentina, el PTTA en Haití y el PATCA II en la República Dominicana mostraron una variabilidad significativa en sus efectos sobre la productividad y los ingresos, dependiendo de la cadena de valor (Salazar et al., 2018b; Schling y Pazos, 2022b; Aramburu, et al., 2019). En Bolivia, la distancia de los agricultores a los puntos de distribución de los vales estaba estrechamente relacionada con la aceptación del programa (Salazar et al., 2015). Del mismo modo, en un programa de fondos de crédito rotatorio en Argentina, el tamaño de los préstamos y el hecho de que se utilizaran para insumos variables o para inversiones de capital afectaron a la significación estadística y al plazo de los efectos sobre la producción (Schling et al., 2025a). Los préstamos utilizados para la compra de insumos no tuvieron ningún efecto en los volúmenes de producción, mientras que los préstamos utilizados para inversiones de capital tuvieron efectos positivos. Además, los préstamos de inversión más cuantiosos dieron lugar a efectos más sostenidos a lo largo del tiempo (Schling et al., 2025a). En general, la heterogeneidad de los efectos del programa entre los hogares y las unidades productivas sugiere que los resultados del programa dependen en gran medida de la composición y la dinámica de los hogares, lo que hace que los enfoques únicos para todos sean potencialmente menos eficaces.

### IV.ii Horizontes temporales y necesidad de evaluaciones a largo plazo

Los efectos sobre la productividad son dinámicos y pueden requerir diferentes plazos para materializarse, por lo que es fundamental realizar evaluaciones a mediano y largo plazo para medir con precisión los efectos sobre la productividad. Se observó que el efecto de los programas en la productividad

[4] *Ventanilla Única de Comercio Exterior.*

agrícola variaba con el tiempo, tanto en las evaluaciones a corto como a largo plazo. Por ejemplo, la evaluación de un programa de adopción de tecnología en la República Dominicana reveló que algunas tecnologías de riego tenían inicialmente un impacto negativo en los ingresos, pero cada mes adicional de exposición se asociaba con un aumento del 14% en los ingresos (Aramburu et al., 2019). Las evaluaciones a más largo plazo de los programas de vales en Argentina y la República Dominicana revelaron que los efectos sobre la productividad solo se hicieron visibles dos o tres años después de la exposición (Schling y Pazos, 2022b; Salazar et al., 2021). Del mismo modo, los análisis a largo plazo del programa de erradicación de la mosca de la fruta en Perú y de un programa de mejora del riego en Argentina mostraron que los efectos se hicieron más fuertes con el tiempo (Salazar et al., 2023; Schling et al., 2025b). Cabe destacar que las evaluaciones a largo plazo también indican que los efectos sobre la productividad pueden ser no lineales, y múltiples estudios muestran efectos positivos que se disipan con el tiempo (Schling y Pazos, 2022b; Salazar et al., 2021; Schling et al., 2025a). Sin embargo, la desaparición de los efectos significativos a largo plazo no indica necesariamente una disminución de la eficacia. Por ejemplo, en la República Dominicana, Salazar et al. (2021) encuentran pruebas que sugieren que los efectos indirectos pueden estar provocando la pérdida de diferencias significativas entre los grupos de tratamiento y control.

Algunos estudios señalan que el momento en que se realizan las encuestas finales puede hacer que los impactos en la productividad sean menos visibles. Por ejemplo, el programa de extensión para productores de mango de Haití no encontró cambios significativos en la producción o las ventas en un plazo de 16 meses, a pesar del aumento en la adopción de mejores prácticas. Los autores señalaron que la recopilación de datos finales probablemente se realizó demasiado pronto para que los cambios en los rendimientos y las ventas fueran evidentes (Arráiz et al., 2015). De manera similar, la evaluación del programa nacional de riego de Bolivia señala que la falta de impactos estadísticamente significativos en los rendimientos puede deberse a que los agricultores se encuentran en la etapa de aprendizaje práctico de la curva de adopción de tecnología (Salazar y López et al., 2017). En conjunto, estos resultados sugieren que las intervenciones pueden requerir un horizonte temporal más largo para mostrar todos sus efectos, en particular las que implican curvas de aprendizaje significativas (Salazar y López et al., 2017) o fomentan cambios en las carteras de cultivos (Aramburu et al., 2019; Arráiz et al., 2015).

### IV.iii Efectos sobre el bienestar más allá de la productividad y los ingresos

Los programas agrícolas pueden generar ganancias de bienestar incluso en ausencia de los aumentos esperados en la productividad o los ingresos. Las teorías del cambio en el desarrollo agrícola suelen describir mecanismos de intervención mediante los cuales el aumento de los rendimientos conduce a mayores ingresos (a través de las ventas), lo que a su vez mejora los indicadores de bienestar, como la seguridad alimentaria (a través de mayores ingresos y un mejor suministro de alimentos procedentes de la producción agrícola). Sin embargo, los estudios analizados revelan una relación más compleja y dinámica entre los indicadores sociales, económicos y productivos. Por ejemplo, algunos programas no produjeron aumentos visibles en los rendimientos o los ingresos agrícolas, no obstante, tuvieron efectos positivos significativos en indicadores de bienestar como los resultados de salud (Corral y Zane, 2021) y los indicadores antropométricos de las niñas (Mullally et al., 2019). El programa nacional de riego de Bolivia se asoció con un aumento estadísticamente significativo de la seguridad alimentaria y

los ingresos agrícolas, a pesar de no aumentar los rendimientos (Salazar et al., 2015). En Ecuador, un programa de infraestructura de riego en comunidades indígenas redujo la inseguridad alimentaria y aumentó los rendimientos, pero no tuvo un impacto detectable en los ingresos e incluso provocó una reducción de las ventas (Corral y Zane, 2020). Como posible explicación de esto, los autores sugieren que la inseguridad alimentaria puede haber aumentado debido al incremento del autoconsumo (Corral y Zane, 2020). Del mismo modo, aunque el programa de cartografía catastral SigTierras en Ecuador no modificó el uso de insumos ni aumentó los ingresos de la producción agrícola, sí condujo a un aumento significativo de los salarios agrícolas y de los ingresos generales de los hogares (Corral et al., 2024). Como posible mecanismo de impacto, los autores señalan que las comunidades del programa SigTierras tradicionalmente conceden una gran importancia a los acuerdos consuetudinarios de tenencia de tierras. Por ello, los autores plantean la hipótesis de que las reuniones de sensibilización de la comunidad realizadas a través del programa SigTierras, que se utilizaron para difundir los mapas catastrales oficiales, pueden haber reforzado la sensación de seguridad de la tenencia de tierras de los propietarios, lo que les ha permitido dedicar más tiempo a actividades económicas no agrícolas para complementar sus ingresos (Corral et al., 2024). En conjunto, estos resultados sugieren la existencia de múltiples vías a través de las cuales las intervenciones agrícolas pueden mejorar los resultados sociales y económicos. En particular, revelan que los programas agrícolas pueden ser eficaces para mejorar los indicadores de bienestar sin aumentar necesariamente la productividad o los ingresos. Del mismo modo, el aumento de los rendimientos no se traduce necesariamente en los resultados sociales o económicos esperados. Los factores del mercado local, la dinámica intrafamiliar y otros factores contextuales influyen significativamente en los mecanismos de impacto de las intervenciones de los programas agrícolas.

### IV.iv Empoderamiento de las mujeres

Los programas agrícolas pueden servir como mecanismos estratégicos para mejorar el empoderamiento de las mujeres. Sin embargo, las pruebas al respecto siguen siendo escasas, a pesar de los vínculos documentados con la seguridad alimentaria. Solo tres evaluaciones examinaron explícitamente el efecto de los programas agrícolas en los indicadores de empoderamiento de las mujeres (Salazar et al., 2018a; Schling et al., 2023; Schling y Pazos, 2022a). Sin embargo, los estudios que adoptaron un análisis de género encontraron sistemáticamente vínculos entre el empoderamiento de las mujeres y la nutrición de los hogares. En Ecuador y Perú, la seguridad de la tenencia de tierras por parte de las mujeres tuvo efectos positivos en la seguridad alimentaria y la diversidad de cultivos (Schling et al., 2023; Schling y Pazos, 2022a). Del mismo modo, los hogares que participaron en un programa de transferencia de tecnología en Nicaragua fueron menos propensos a sufrir un desempoderamiento de las mujeres, al tiempo que aumentó la seguridad alimentaria (Salazar et al., 2018a). Estos hallazgos concuerdan con la literatura más amplia que demuestra que la participación de las mujeres en la toma de decisiones del hogar está estrechamente relacionada con la mejora de los resultados nutricionales. Esto sugiere que el empoderamiento de las mujeres es una vía importante, pero infrautilizada, para lograr la seguridad alimentaria y reducir las desigualdades rurales.

### IV.v Efectos indirectos

La presencia de efectos indirectos puede reforzar la efectividad de los programas agrícolas. Solo tres evaluaciones examinaron

explícitamente los efectos de los programas en los beneficiarios indirectos, todas ellas dentro de la categoría de transferencia de insumos y tecnología (Aramburu et al., 2019; Salazar et al., 2021; Salazar et al., 2025). Los resultados son mixtos, lo que pone de relieve la necesidad de realizar evaluaciones futuras que comprueben los efectos indirectos y exploren las condiciones en las que se producen. Por ejemplo, en Bolivia, un programa de adopción de tecnología generó efectos indirectos positivos: los productores no participantes de las comunidades tratadas mostraron valores de producción agrícola, ingresos familiares y tasas de adopción de tecnología más elevados en comparación con el grupo de control puro (Salazar et al., 2025). Por el contrario, los datos de República Dominicana sugieren que los efectos indirectos pueden cambiar con el tiempo. Si bien una evaluación inicial de un programa de transferencia de tecnología encontró pruebas limitadas de efectos indirectos a corto plazo (Aramburu et al., 2019), una evaluación de seguimiento del mismo programa encontró pruebas que sugieren que el programa puede haber producido efectos indirectos a largo plazo, reduciendo potencialmente las diferencias observables entre los grupos de tratamiento y control (Salazar et al., 2021). Los resultados de los efectos indirectos en los beneficiarios indirectos sugieren que captar solo los impactos directos puede subestimar el verdadero impacto y la rentabilidad de las inversiones.

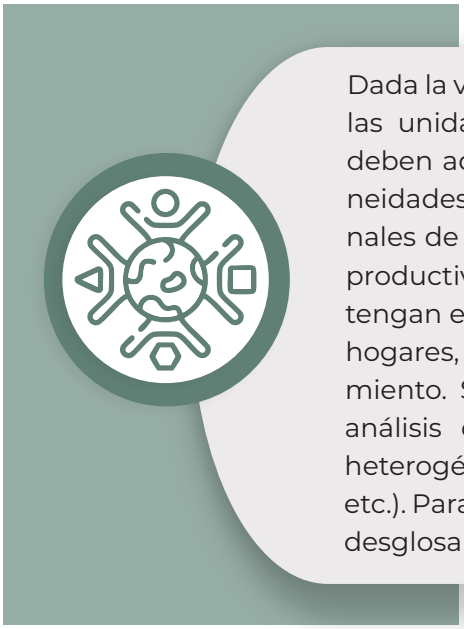
### IV.vi Los datos de teledetección como complemento de los datos de las encuestas

Los datos de teledetección se han convertido en una poderosa herramienta para superar los retos que plantea la recopilación de datos en el campo. El BID ha realizado evaluaciones de impacto que integran datos de encuestas y satelitales para medir los efectos de los programas agrícolas. Este enfoque ha demostrado ser versátil en varios países y tipos de intervención, especialmente para el seguimiento de los resultados a largo plazo. Por ejemplo, los investigadores combinaron datos de encuestas de hogares con índices de vegetación basados en satélites para evaluar los efectos de las transferencias de insumos y tecnología en Argentina y República Dominicana (Schling y Pazos, 2022b; Salazar et al., 2021), la expansión del riego en Argentina (Schling et al., 2025) y la erradicación de la mosca de la fruta en Perú (Salazar et al., 2023). En estos casos, los investigadores combinaron datos satelitales, como el NDVI, con datos de encuestas para generar información detallada sobre cómo se desarrollan los efectos de la productividad a corto, mediano y largo plazo. Este creciente conjunto de pruebas sugiere que los datos de teledetección pueden ser un potente complemento de los datos de las encuestas. Además de proporcionar a los evaluadores otra herramienta para verificar la solidez de los datos basados en encuestas, también ayuda a superar las barreras prácticas y financieras que a menudo plantea la recopilación de datos en el campo.

# V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

En respuesta a estas conclusiones, surgen varias recomendaciones para el diseño y la evaluación de los programas agrícolas, que se enumeran a continuación.

## I. Las intervenciones deben evitar tener un único enfoque, y las evaluaciones deben medir los efectos heterogéneos y distributivos



Dada la variabilidad de los impactos de los programas entre los hogares, las unidades productivas y las cadenas de valor, las intervenciones deben adaptarse cuidadosamente para tener en cuenta las heterogeneidades locales. Para evaluar plenamente los impactos multidimensionales de estos programas en contextos rurales, además de las mejoras productivas, es aconsejable que el diseño del proyecto y la evaluación tengan en cuenta los impactos complementarios en el bienestar de los hogares, incluyendo la seguridad alimentaria, la salud y el empoderamiento. Siempre que sea posible, las evaluaciones deben incorporar análisis de heterogeneidad y examinar los efectos distributivos y heterogéneos (por geografía, edad, etnia, género, escala de producción, etc.). Para ello es necesario recopilar datos representativos que permitan desglosar los efectos.

## II. Integrar una perspectiva a largo plazo en el diseño, seguimiento y evaluación de los programas



Los programas deben garantizar que los plazos de evaluación se ajusten a los ciclos de cultivo y a los horizontes temporales necesarios para que los impactos se materialicen. Se deben incorporar múltiples rondas de seguimiento (a corto, mediano y largo plazo) en los programas. Las evaluaciones a corto y mediano plazo deben incluir indicadores intermedios, además de medidas como la productividad agrícola y los ingresos. La incorporación de estos indicadores brindará a los responsables de la ejecución de los programas la oportunidad de poner a prueba las teorías del cambio y, cuando sea necesario, adaptar las intervenciones sobre la base de los resultados preliminares. Las evaluaciones a largo plazo deben incluir encuestas de seguimiento y/o datos satelitales varios años después de la intervención, a fin de captar con precisión todos los posibles beneficios y comprender mejor la sostenibilidad a largo plazo de los programas agrícolas.

## III. Medir los impactos de los programas en los beneficiarios indirectos para captar el verdadero alcance y la rentabilidad de las inversiones e identificar las externalidades

Si no se evalúan estos efectos, se podría estar subestimando el verdadero impacto de un programa. Aunque se han diseñado relativamente pocos estudios para medir los efectos indirectos, las pruebas en este ámbito sugieren que estos se producen y pueden evolucionar con el tiempo. Los programas agrícolas y las evaluaciones deben diseñarse para medir los efectos indirectos, lo que puede lograrse mediante diversas estrategias, como diseños de implementación escalonada, aleatorización en dos etapas y aleatorización agrupada con zonas de amortiguación. Dado que la medición de los efectos indirectos es muy sensible a los plazos de implementación y a los factores geográficos, los evaluadores deben trabajar en estrecha colaboración con los responsables de la implementación en todas las etapas del diseño y la ejecución para seleccionar la estrategia de evaluación más adecuada y llevarla a cabo con éxito. La medición de los impactos de los programas en los beneficiarios indirectos permitiría a las partes interesadas comprender mejor el verdadero alcance, la rentabilidad y las externalidades asociadas a las inversiones.

## IV. Combinar los datos satelitales con los datos de las encuestas para mejorar la calidad, el alcance y la profundidad de las evaluaciones de impacto

Algunos estudios incorporaron datos satelitales junto con datos de encuestas para medir los efectos de la productividad en múltiples países y categorías de intervención. El uso de datos satelitales fue particularmente común en las evaluaciones a largo plazo, lo que permitió a los investigadores identificar dinámicas de productividad que evolucionaron con el tiempo. Si bien los datos de las encuestas proporcionan una visión amplia de la dinámica a nivel de los hogares y deben seguir siendo fundamentales para las evaluaciones de impacto, la integración de datos de teledetección permite a los evaluadores observar los resultados de la productividad y el uso de la tierra a escala, a lo largo del tiempo y en áreas donde la recopilación de datos sobre el terreno es costosa o logísticamente difícil.

CAPÍTULO 14.

# IDENTIFICAR BRECHAS DE EVIDENCIA EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA: UN MAPEO SISTEMÁTICO

Autores: Lina Salazar, Neal Haddaway, Maja Schling, Renée Pérez Massard, Linda Errington, Aakar Shah, Volha Skiddan, Hazel Cooley, Jaron Porciello, Sini Savilaakso, Carmine Paolo de Salvo, Gonzalo Rondinone, Juan de Dios Mattos, Juan Manuel Murguía, Valeria Piñeiro

## RESUMEN

Este capítulo presenta los resultados de un mapeo sistemático de las intervenciones de productividad agrícola en América Latina y el Caribe (ALC) con el fin de descubrir las brechas críticas de evidencia que obstaculizan el diseño de políticas eficaces. Esta iniciativa se basa en los métodos aplicados en ALC a través de Avanzar2030: Innovando para sistemas agroalimentarios sostenibles, liderada por el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Alianza para la Evidencia Juno, con el apoyo de otras organizaciones internacionales. La iniciativa Avanzar2030, actualmente en curso, tiene como objetivo identificar políticas respaldadas por evidencia para la transformación de sistemas alimentarios sostenibles en ALC utilizando métodos de síntesis de evidencia.

Al identificar las principales brechas de conocimiento, el análisis sienta las bases para configurar la investigación futura y orientar las decisiones políticas con el fin de apoyar mejor el crecimiento sostenible de la productividad en la región. La búsqueda inicial identificó 8.193 estudios potencialmente relevantes en bases de datos académicas, basándose en la información del título y el resumen. De estos, un equipo de expertos capacitados examinó el texto completo de una muestra representativa de 805 estudios, así como una muestra representativa de estudios de literatura gris, dando como resultado 82 estudios que cumplían todos los criterios de inclusión. Esta muestra aleatoria de 82 estudios sirvió como base empírica principal que se evaluó para identificar las brechas de conocimiento.

Este ejercicio de mapeo sistemático reveló las siguientes conclusiones: (i) la literatura muestra marcadas brechas geográficas; (ii) la evidencia se concentra en los cultivos comerciales y los productos orientados a la exportación, mientras que los alimentos básicos y los sistemas agrícolas mixtos han

sido poco estudiados; (iii) persisten las brechas en la evidencia tanto en torno a los tipos de intervención emergentes como a los mecanismos tradicionales que se han aplicado ampliamente en ALC durante décadas; iv) desde el punto de vista metodológico, son escasas las evaluaciones de impacto rigurosas que aplican el análisis contrafactual; (v) la ausencia de análisis de heterogeneidad y de estudios que examinen los impactos diferenciales de las intervenciones sobre los grupos vulnerables (mujeres agricultoras, productores indígenas y agricultores afrodescendientes) fue una de las brechas más pronunciadas en la literatura; y (vi) aunque se ha prestado una atención creciente a las dimensiones climáticas y ambientales, se necesita un enfoque más sistemático y profundo para evaluar los resultados a largo plazo en materia de sostenibilidad y resiliencia.

# I. INTRODUCCIÓN

### ¿Por qué necesitamos un mapa sistemático de las intervenciones de productividad agrícola en América Latina y el Caribe?

Desde una perspectiva económica, social y medioambiental, garantizar un crecimiento sostenible de la productividad agrícola es fundamental para avanzar en los objetivos de desarrollo de ALC. En este contexto, es crucial identificar intervenciones eficaces que doten a las partes interesadas de las herramientas necesarias para diseñar y aplicar políticas basadas en datos empíricos. En este capítulo se recopila de manera sistemática la literatura sobre intervenciones de productividad agrícola que han sido implementadas y publicadas en ALC durante la última década. Se basa en métodos desarrollados en el marco de la iniciativa Avanzar2030, liderada por el IFPRI, el IICA y la Alianza para la Evidencia Juno, con el apoyo de organizaciones internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el CGIAR y el Banco Mundial. Avanzar2030 es una iniciativa basada en la evidencia que busca identificar innovaciones prometedoras en los sistemas agroalimentarios (IFPRI, 2023).

Aunque las revisiones sistemáticas se han aplicado en diversos campos y áreas temáticas, así como en diferentes regiones geográficas, su uso en las políticas de desarrollo agrícola sigue siendo limitado. Solo en los últimos años los investigadores han comenzado a aplicar revisiones sistemáticas y otros métodos de síntesis de evidencia para abordar las cuestiones políticas más apremiantes del sector. Por ejemplo, una revisión exploratoria realizada por la iniciativa CERES2030 examinó la relación entre los incentivos de las políticas agrícolas, su adopción y sus resultados. Los autores descubrieron que, independientemente de la estructura de incentivos, la adopción a largo plazo de prácticas sostenibles estaba fuertemente vinculada a la percepción que tenían los agricultores de los beneficios económicos y/o medioambientales (Piñeiro et al., 2020). El rigor metodológico de las revisiones sistemáticas y los enfoques de síntesis de evidencia, junto con su capacidad para analizar grandes volúmenes de literatura, los convierten en una herramienta poderosa para promover políticas basadas en evidencia. A pesar de ello, su aplicación en ALC sigue siendo limitada.

Una revisión sistemática realizada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) examinó el efecto de las cooperativas agrícolas en los resultados agrícolas (Islam et al., 2015). Los autores informan que la pertenencia a una cooperativa se asoció con un efecto positivo y estadísticamente significativo en los rendimientos en la mayoría de los estudios. Sin embargo, solo tres de los 21 estudios incluidos procedían de ALC, y solo uno de ellos media los efectos

sobre la productividad (Islam et al., 2015). Otra revisión sistemática realizada por el USDA examinó el efecto de las carreteras rurales en diversos resultados agrícolas, con resultados no concluyentes sobre su efecto en la productividad agrícola (Ludwig et al., 2016). Aunque los países de ALC estuvieron ligeramente mejor representados en esta revisión (representando el 26% de los 15 estudios), solo cuatro países de ALC estaban representados en el conjunto de datos, y ninguno de los estudios basados en la región midió los resultados de productividad (Ludwig et al., 2016). De manera similar, un metaanálisis del Banco Mundial centrado en los subsidios a los insumos agrícolas encontró que, en promedio, los programas de subsidios a los insumos aumentaban los rendimientos en aproximadamente un 20% (Nguyen et al., 2023). Sin embargo, a pesar del alcance global del estudio, ninguno de los 12 estudios incluidos provenía de ALC (Nguyen et al., 2023).

Además de esta representación desigual de los países de ALC en las revisiones existentes centradas en la productividad, la mayoría de los mapas sistemáticos de intervenciones agrícolas se centran en un solo tipo de intervención, ya sea de sector agrícola o producto agrícola. Por ejemplo, Holle et al. (2025) elaboraron un mapa sistemático de los vínculos entre la gestión de los agroecosistemas y la biodiversidad que incluía estudios de varios países de ALC, pero se centraba en un solo tipo de intervención y un solo cultivo: la gestión de los agroecosistemas y el café. De manera similar, Miller et al. (2019) revisaron el efecto de las intervenciones agroforestales en la productividad agrícola en países de ingresos bajos y medios de todo el mundo. En general, el alcance de los estudios con metodologías similares se limita a una sola categoría de intervención, y los países de ALC solo están representados parcialmente. La iniciativa más comparable en ALC es Avanzar2030, que se centra específicamente en los países de ALC. Avanzar2030 aplicó métodos de síntesis de evidencia para identificar las brechas de conocimiento en las siguientes áreas: intervenciones que apoyan los sistemas agroalimentarios sostenibles, la adopción de tecnologías y prácticas que promueven la sostenibilidad en el sector bovino y la ampliación de la acción climática (IFPRI, 2023). El mapeo sistemático que se presenta en este capítulo complementa los esfuerzos de Avanzar2030 para mapear sistemáticamente el panorama de la evidencia en ALC, proporcionando una visión profunda sobre el tema de la productividad agrícola.

El mapa sistemático descrito en este documento analiza el corpus literario sobre las intervenciones de productividad agrícola en la región de ALC. Examinamos como varía la disponibilidad de evidencia cuando clasificamos los estudios según país, categoría de intervención, sistema agrícola (producción agrícola, producción pecuaria, silvicultura, o sistemas mixtos), metodología cuantitativa, grupo demográfico, y otros factores. Es el primer estudio en la región que identifica las brechas de investigación entre diversas categorías de intervenciones, dado que la mayoría de la evidencia en este ámbito explora las tendencias dentro de una sola categoría de intervención (por ejemplo, pagos por servicios ambientales). Además, al considerar múltiples sistemas y productos agrícolas —cultivos, producción pecuaria, silvicultura y sistemas mixtos—, nuestro análisis es el primero en destacar las brechas dentro y entre los sistemas agrícolas, así como entre los países de ALC.

En un momento en que el crecimiento de la productividad agrícola en ALC muestra signos de desaceleración, este mapa exhaustivo ofrece a los actores de la región información fundamental sobre la distribución de la evidencia entre países, sistemas agrícolas y tipos de intervención.

Al sintetizar grandes volúmenes de literatu-

ra sobre un tema específico utilizando criterios de inclusión estrictos, los mapas sistemáticos proporcionan un resumen conciso de las áreas de conocimiento en las que la evidencia es abundante y en las que es escasa. Por lo tanto, este mapa proporciona a los actores políticos, investigadores, instituciones multilaterales y otros tomadores de decisiones en ALC la información que necesitan para asignar los recursos de investigación y desarrollo de manera más eficaz, lo que les permitirá abordar las brechas de conocimiento críticas.

Este mapa sistemático aborda las siguientes preguntas de investigación:

I. ¿Cuáles son los tipos de intervenciones de productividad agrícola más estudiados?

II. ¿Cuáles son los países más —y menos— representados en la literatura sobre las intervenciones agropecuarias?

III. Con respecto a las intervenciones de productividad en ALC, ¿cuáles son las brechas de conocimiento?

## Teoría del cambio: intervenciones de productividad agrícola en ALC

Este capítulo analiza una variedad de intervenciones políticas y programáticas implementadas para aumentar la productividad agrícola, que hemos clasificado en distintas categorías según su mecanismo de impacto.[1] La **Figura 1** ilustra el modelo de teoría del cambio para este mapa y define las categorías de intervenciones que se consideraron en este estudio.

El modelo se centra en nuestro tema de estudio: aumentar la productividad agrícola en ALC. A tal fin, el modelo identifica varias barreras que impiden a los países de ALC aumentar la productividad agrícola. Algunas barreras son transversales, como el cambio climático, la pobreza y la desigualdad, dado que intensifican el impacto de las barreras más específicas, como la debilidad institucional, la falta de infraestructura rural, y la alta prevalencia de plagas y enfermedades.

Luego, el diagrama identifica una variedad de intervenciones; para cada barrera, se identifica una categoría de intervenciones que busca abordar dicho obstáculo con el fin de aumentar la productividad agrícola. Como se puede observar en la **Figura 1**, además de abordar las barreras específicas, cada categoría de intervenciones también puede abordar los obstáculos transversales. Por ejemplo, la categoría de servicios financieros incluye intervenciones que buscan remediar la falta de acceso al crédito y los seguros agrícolas en las zonas rurales.

Por último, el modelo demuestra cómo las intervenciones pueden aumentar la productividad agrícola, ya sea a través de canales directos o indirectos. Por ejemplo, las intervenciones en la gestión de los recursos naturales, como la gestión integrada del agua, pueden aumentar directamente la productividad al mejorar los rendimientos gracias a una mayor disponibilidad del recurso. Las intervenciones también pueden aumentar la productividad a través de vías indirectas. Por ejemplo, ciertas intervenciones en la categoría de regulaciones e instituciones (como el fortalecimiento institucional del sector público, las medidas de transparencia gubernamental, y las reformas fiscales) pueden incentivar la inversión extranjera directa, lo que puede resultar en transferencias de tecnología y conocimiento que finalmente aumentan la productividad agropecuaria.

[1] En el apéndice del protocolo de la revisión (Salazar et al., 2024) se incluye una lista detallada de definiciones, ejemplos y mecanismos de impacto para todas las categorías de intervenciones. La tipología de intervenciones se creó durante la fase del protocolo con el fin de desarrollar una lógica vertical uniforme que abarcara la definición exhaustiva de las intervenciones de productividad agrícola. Esta tipología se mantuvo a lo largo del proceso de investigación, con algunas ediciones menores, para estandarizar la recopilación y el análisis de datos. Esto permitió una comparación sistemática entre diversas categorías de intervenciones.

Las intervenciones que afectan la productividad de manera indirecta —como los acuerdos comerciales y la inversión extranjera directa— pueden generar cambios estructurales significativos que moldean de forma marcada la dinámica de la productividad, especialmente en horizontes de largo plazo. Tomando como ejemplo la inversión extranjera directa, un estudio que analiza 123 países entre 1995 y 2019 encuentra una relación positiva entre el consumo de energía renovable, la inversión extranjera directa, la inclusión financiera y la productividad agrícola (Wang et al., 2023). En cuanto al comercio, Farrokhi y Pellegrina (2023) muestran que, en promedio, entre 1980 y 2015, las reducciones en los costos comerciales de los insumos agrícolas se asociaron con un aumento del 8,5% en la productividad agrícola, a través de la adopción de tecnología y la especialización internacional en cultivos. Los autores también encuentran que la reducción de los costos comerciales agrícolas tuvo efectos significativos pero heterogéneos en las tendencias globales de productividad: si bien contribuyó a reducir la brecha de productividad entre los países de ingreso medio y alto, amplió la brecha entre los países de ingreso bajo y medio (Farrokhi & Pellegrina, 2023).

En conjunto, este tipo de estudios demuestra la importancia de considerar intervenciones —como el comercio y la inversión— que influyen en la productividad agrícola mediante efectos indirectos (spillovers) y canales indirectos, ya que sus efectos de largo plazo pueden ser de gran alcance.

Nuestro análisis se basa en la tipología de intervenciones desarrollada en nuestra teoría del cambio, que utilizamos como guía para comparar la evidencia en las distintas categorías de intervenciones.

# II. METODOLOGÍA Y DATOS

## ¿QUÉ ES UN MAPA SISTEMÁTICO?

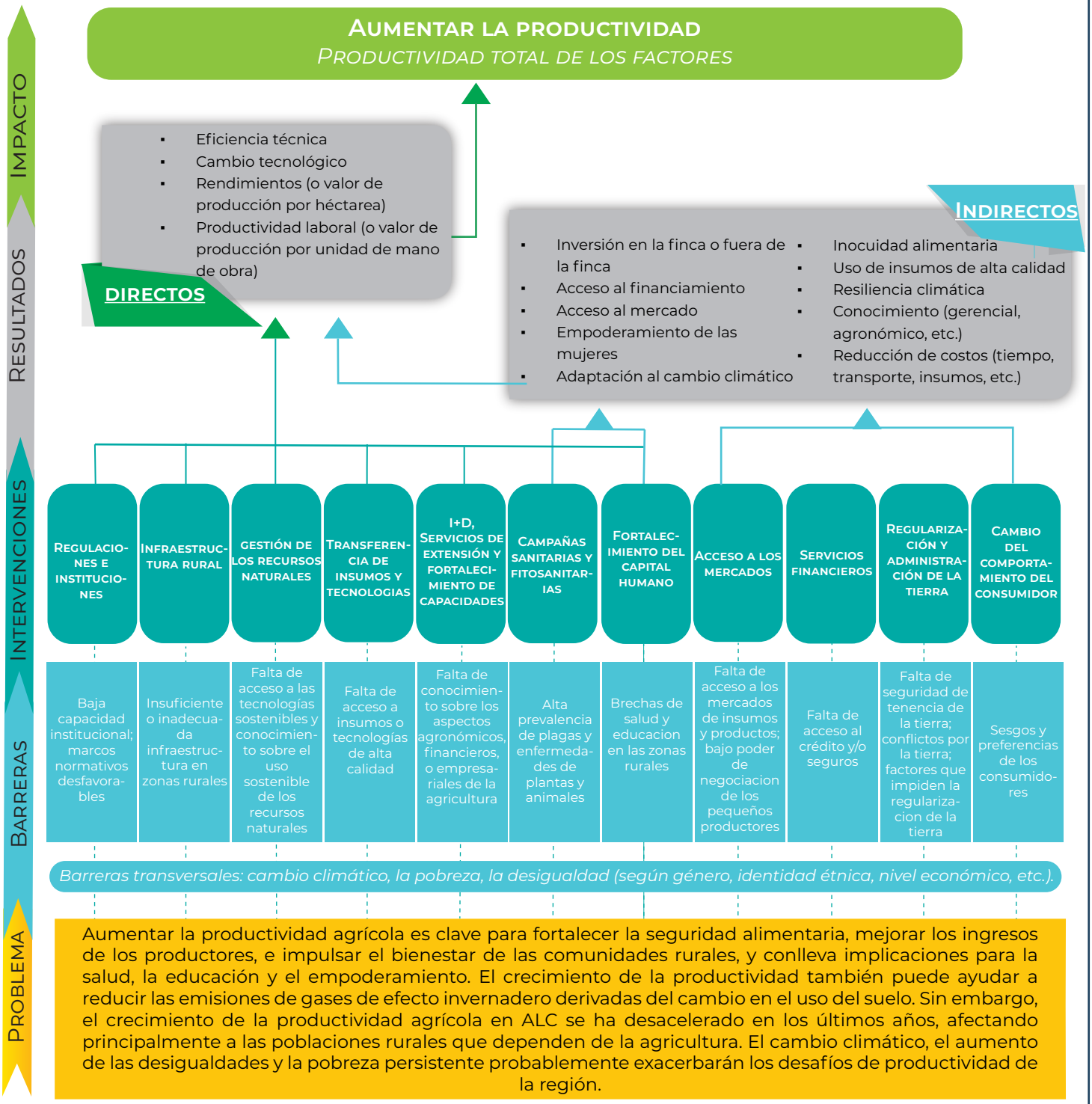
Los mapas sistemáticos analizan todos los estudios relevantes sobre un tema determinado —en este caso, las intervenciones de productividad agrícola en ALC— mediante un proceso riguroso que cumple con los estándares internacionales (CEE, 2022). Este enfoque proporciona a los actores políticos y a los investigadores un resumen concreto de la evidencia disponible, destacando tanto los temas ampliamente estudiados como los temas (países, intervenciones, rubros, etc.) que carecen de evaluaciones rigurosas.

## ¿QUÉ TIPO DE ESTUDIOS SE INCLUYERON EN ESTE MAPA?

La primera fase de un mapa sistemático consiste en establecer los criterios de inclusión. Para ser considerados en nuestro estudio, cada una de las publicaciones evaluada tenía que cumplir con los siguientes criterios de inclusión:

I. Medir la productividad de los sistemas agrícolas (específicamente cultivos agrícolas, producción pecuaria, silvicultura o sistemas mixtos);
II. Analizar un país o subregión de ALC;
III. Ser publicado entre 2014 y 2024;
IV. Aplicar una metodología cuantitativa (es decir, análisis de frontera estocástica, métodos experimentales, métodos cuasiexperimentales, simulaciones u otros métodos econométricos o estadísticos);
V. Evaluar algún tipo de intervención agropecuaria (como, por ejemplo, las políticas públicas, programas de desarrollo, etc.);
VI. Medir el efecto de dicha intervención sobre la productividad (por ejemplo, la productividad total de los factores, los rendimientos, la productividad laboral o la eficiencia técnica).

## Figura 1. Teoría del cambio para las intervenciones de productividad agrícola en ALC




Fuente: Diagrama preparado y publicado originalmente por los autores en el protocolo del estudio (Salazar et al., 2024).

## ¿CÓMO SE IDENTIFICARON LOS ESTUDIOS RELEVANTES?

Para identificar los estudios relevantes, primero se diseñó una cadena de búsqueda de palabras clave para capturar todos los estudios que podrían ser relevantes. Posteriormente, el universo de estudios potencialmente relevantes se redujo gradualmente mediante varias etapas de revisión y selección, hasta que quedamos con solo aquellos estudios que cumplían plenamente los criterios de inclusión establecidos.

Esto se logró mediante una combinación de revisión manual de los estudios que fue realizada por nuestro equipo de investigación – y revisión asistida por inteligencia artificial (IA). La revisión asistida por IA utilizó un modelo de lenguaje grande (LLM) personalizado, que fue desarrollado específicamente para este estudio. El LLM se entrenó y verificó a través de varias rondas de revisión manual, para garantizar la fiabilidad de las decisiones de selección del LLM.

Tras la búsqueda inicial por palabras clave, se identificaron un total de 43.000 estudios potencialmente relevantes. Luego de varias rondas revisiones se logró reducir el conjunto de estudios potencialmente relevantes a unos 8.193 estudios potencialmente relevantes, con base en la información disponible en sus títulos y resúmenes. Estos serían candidatos para avanzar a la próxima etapa de revisión, que consiste en una revisión del texto completo de cada publicación. Dado el gran volumen de estudios potencialmente relevantes al llegar a esta etapa, la revisión del texto completo se realizó en una muestra representativa del 10% de los estudios potencialmente relevantes —es decir, 805 estudios se revisaron en su totalidad para determinar cuáles, al leer el texto completo, realmente cumplían con los criterios de inclusión. Este proceso resultó en nuestra base de evidencia final de 82 estudios relevantes, sobre los cuales se aplicó un formulario estructurado para extraer datos clave, como el país del estudio, la categoría de intervención, etc.

El protocolo que se utilizó para identificar todos los estudios relevantes se publicó antes de la revisión completa (Salazar et al. 2024). El proceso de revisión y selección se resume en detalle en a continuación, y la **Figura 2** muestra el número de estudios en cada etapa del proceso de revisión.

### I. BÚSQUEDA POR PALABRAS CLAVE EN BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICAS

Se realizaron búsquedas en siete bases de datos académicas utilizando una lista exhaustiva de palabras clave en inglés, español y portugués.[2] Este paso arrojó 43.624 estudios académicos potencialmente relevantes. También se recopiló literatura gris mediante búsquedas por palabras clave en los repositorios institucionales del BID, el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (FMI), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), el CGIAR, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-ERS, por sus siglas en inglés), y la Asociación Económica de América Latina

[2] Los términos de búsqueda en los tres idiomas están disponibles en el protocolo del estudio (Salazar et al., 2024). En total, la cadena de búsqueda incluye más de 300 términos distintos en cuatro categorías: términos de sistemas agrícolas, términos de resultados, términos geográficos y términos de métodos. Los términos del sistema agrícola incluyen palabras clave como «cultivos», «ganadería» y «pequeños agricultores», que reflejan nuestros criterios de inclusión para los sistemas agrícolas. Los términos de resultados, como «productividad» y «rendimiento», capturan los resultados de interés. Los términos geográficos, como «México», «Región Andina» y «América Latina», identifican los estudios realizados en la región de ALC. Por último, los términos relacionados a los métodos, como «econométrico» y «datos de encuesta», indican el uso de análisis cuantitativos. Para ser captados por nuestra búsqueda, los artículos debían mencionar al menos una palabra clave de cada una de las cuatro categorías en su título y/o su resumen. La cadena de búsqueda se desarrolló y validó utilizando un conjunto de documentos de referencia que el equipo de investigación identificó como representativos de los estudios que cumplían los criterios de inclusión.

y el Caribe (LACEA).[3]

## II. Revisión de títulos y resúmenes, realizada manualmente y con asistencia de IA

Partiendo del conjunto inicial de 43.824 publicaciones, nuestro equipo de siete expertos en agricultura y desarrollo rural, capacitados en la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión de nuestra revisión, analizó una muestra de 2.675 títulos y resúmenes. Sus decisiones de inclusión se utilizaron para entrenar un modelo de aprendizaje automático, que revisó los títulos y resúmenes de los restantes 41.149 estudios. El modelo final alcanzó una tasa de recuperación de 0,986, una precisión de 0,846 y una puntuación F1 de 0,911.[4] Una vez entrenado, el modelo identificó 8.193 estudios potencialmente relevantes que pasaron a la siguiente fase del proceso de revisión.

## III. Revisión de los textos completos

Nuestro equipo de investigación revisó, manualmente, una muestra aleatoria del 10% de estos 8.193 estudios previamente identificados (equivalente a 805 estudios) a nivel de texto completo para verificar su cumplimiento con todos los criterios de inclusión. Paralelamente, también se revisó el texto completo de una submuestra del 10% de los estudios de literatura gris con resúmenes relevantes (equivalente a 20 estudios). Estos dos procesos dieron como resultado una muestra de 82 estudios relevantes que cumplían con todos los requisitos de inclusión.

## IV. Extracción de datos y análisis de evidencia

Utilizando un formulario estructurado para la extracción de datos, nuestro equipo de investigación revisó los textos completos de la muestra representativa de 82 estudios una vez más. Estos datos se sintetizaron en un mapa sistemático que identifica las principales tendencias y brechas en la literatura de productividad agrícola en ALC.

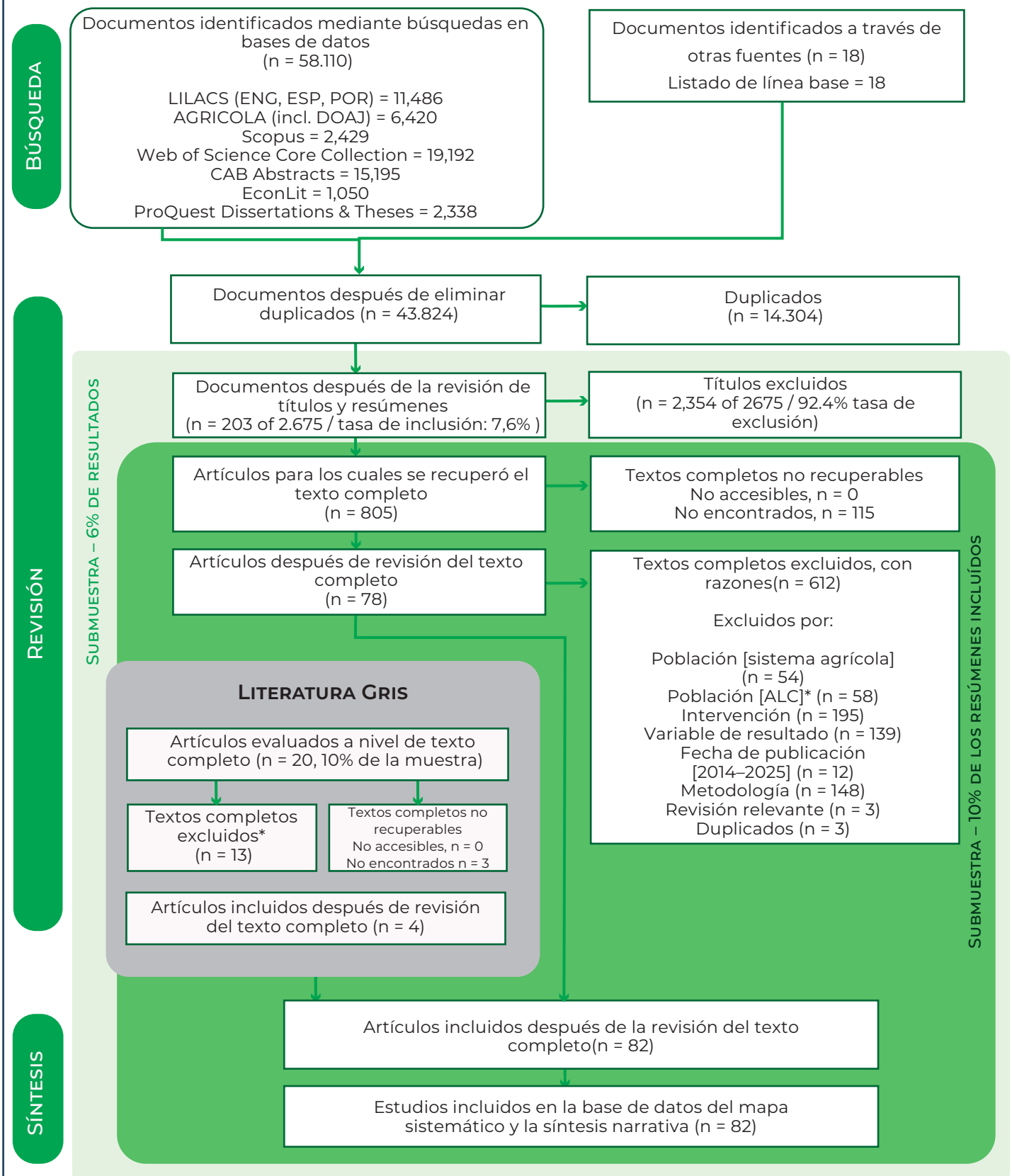
## V. Revisión complementaria asistida por IA

Además de los resultados de la revisión manual realizada por nuestro equipo de expertos (que abarca el 10% de los textos potencialmente relevantes) el estudio también incorporó, como complemento a nuestra investigación principal, un componente de revisión y extracción de datos asistido por IA. Para estimar las tendencias presentes en el 90% restante de los estudios potencialmente relevantes que no se revisaron manualmente, el equipo de investigación desarrolló y entrenó un modelo de IA utilizando los resultados de la revisión y extracción de datos manual. Este modelo se aplicó a un conjunto de 1.836 estudios adicionales (de nuestro conjunto inicial de 8.193 estudios potencialmente relevantes). Los resultados de esta extracción de datos asistida por IA se incluyen como complemento a nuestros hallazgos principales.

[3] Para las fuentes de literatura gris, aplicamos los filtros de años de los mismos repositorios institucionales (y, cuando estaban disponibles, los filtros geográficos) para identificar todas las publicaciones basadas en ALC y publicadas después de 2014. Posteriormente, descargamos los metadatos públicos de estas publicaciones y aplicamos la misma cadena de palabras clave utilizada en las bases de datos académicas para identificar los estudios que mencionaban los términos de búsqueda en el título y/o el resumen. Todos los códigos y datos relevantes recopilados durante la búsqueda de literatura gris están disponibles a petición.

[4] La recuperación se refiere a la capacidad del modelo para encontrar todos los elementos relevantes; en el caso de este modelo, una tasa de recuperación de 0,986 significa que el modelo identificó el 98,6 % de los estudios relevantes. La precisión mide cuántos de los elementos marcados como relevantes realmente eran relevantes; en este caso, una precisión de 0,846 significa que el 84,6 % de los artículos incluidos por el modelo eran realmente relevantes. Por último, la puntuación F1 representa la media armónica, que combina tanto la recuperación como la precisión. En este caso, una puntuación F1 de 0,911 muestra que el modelo logró un fuerte equilibrio entre la recuperación y la precisión, encontrando casi todos los estudios relevantes (alta recuperación) y minimizando la proporción de inclusiones falsas. Las tasas de recuperación y precisión se calcularon a través de una revisión manual (por expertos) de las decisiones de inclusión y exclusión del modelo.

## Figura 2. Diagrama de flujo ROSES que muestra el número de estudios en cada etapa del proceso de revisión




Nota: *Por motivos de brevedad, en el diagrama no se enumeran los motivos de exclusión de la literatura gris. Sin embargo, todos los estudios de literatura gris excluidos fueron excluidos con justificaciones durante el proceso de revisión. La lista completa de estos estudios, junto con sus motivos de exclusión, se publicará en el próximo *working paper*.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

# III. RESULTADOS

En esta sección se resumen los principales resultados de la extracción manual de datos de la base de evidencia de 82 estudios.

## I. La distribución geográfica de la evidencia presenta brechas de conocimiento en varios países y subregiones

Los resultados demuestran brechas significativas en términos del número de estudios por país. El panel izquierdo de la **Figura 3a** muestra el número de estudios por país, con base en la muestra representativa de 82 estudios que fueron analizados manualmente por el equipo de investigación. Brasil fue el país con la mayor cantidad de estudios relevantes (n = 36), seguido de México (n = 14) y Colombia (n = 6).

Esta concentración de literatura se contrasta con los países del Caribe, para los cuales no se hallaron estudios en nuestra muestra (n=0).[5]

Además, cinco países fueron representados por un solo estudio (n=1), lo que subraya aún más la distribución desigual de la evidencia.[6] Estos resultados son, en general, coherentes con la distribución geográfica de los 1.836 estudios adicionales que fueron revisados mediante el análisis de texto completo asistido por IA (**Figura 3a**, panel derecho).

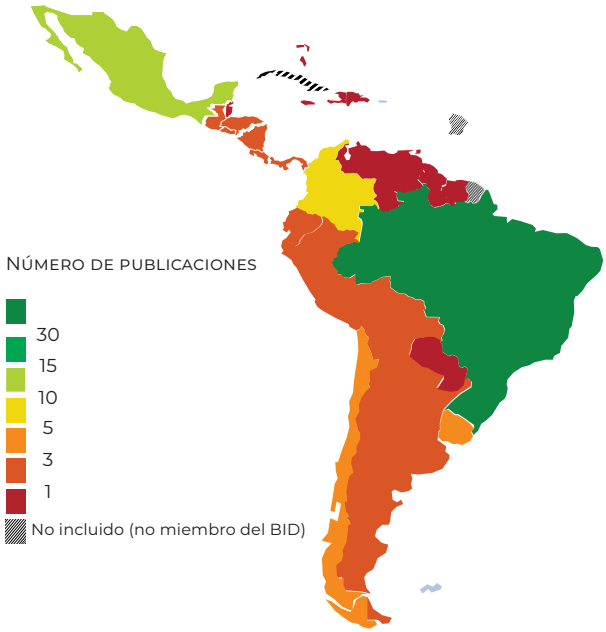
La **Figura 3b** ofrece una comparación gráfica de los resultados de la extracción de datos manual (realizada por el equipo de investigación) y los resultados de la extracción de datos asistida por IA. Como muestran las **Figuras 3a** y **3b**, ambos métodos identificaron una concentración de evidencia en Brasil y México, mientras que los países menos estudiados se encuentran, en su mayor parte, en el Caribe y, en menor medida, en Centroamérica. Cabe resaltar que los países con la mayor cantidad de estudios son aquellos que cuentan con censos y encuestas agrícolas. De hecho, las fuentes de datos que más se utilizaron en los estudios que evaluamos fueron, precisamente, los datos de encuestas. Esto subraya el papel importante que juegan los sistemas de datos en la generación de conocimiento.

El desequilibrio geográfico en el corpus literario plantea retos para la formulación de políticas basadas en datos empíricos, ya que la eficacia de las intervenciones depende en gran medida de las condiciones locales, como el entorno agronómico, la ecología, la dinámica social, los mercados y las instituciones. Estos factores específicos del contexto deben tenerse en cuenta al momento de diseñar las intervenciones para garantizar que las políticas sean adecuadas.

[5] En Centroamérica, no se encontraron estudios para Belice, la República Dominicana ni Haití. En la Región Andina, no se encontraron estudios para Venezuela. En el Cono Sur, no se encontraron estudios para Paraguay. Cabe señalar que no se encontraron estudios relevantes para estos países en nuestra base de evidencia de la muestra (es decir, la submuestra del 10%).
[6] Los países con un solo estudio relevante fueron Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras y Panamá.

## Figura 3a. Número de publicaciones por país: extracción manual de datos (izquierda) y extracción de datos asistida por IA (derecha)

Este mapa resume el número de estudios por país, con base en el conjunto de 82 estudios relevantes cuyos datos fueron extraidos manualmente por el equipo de investigación.



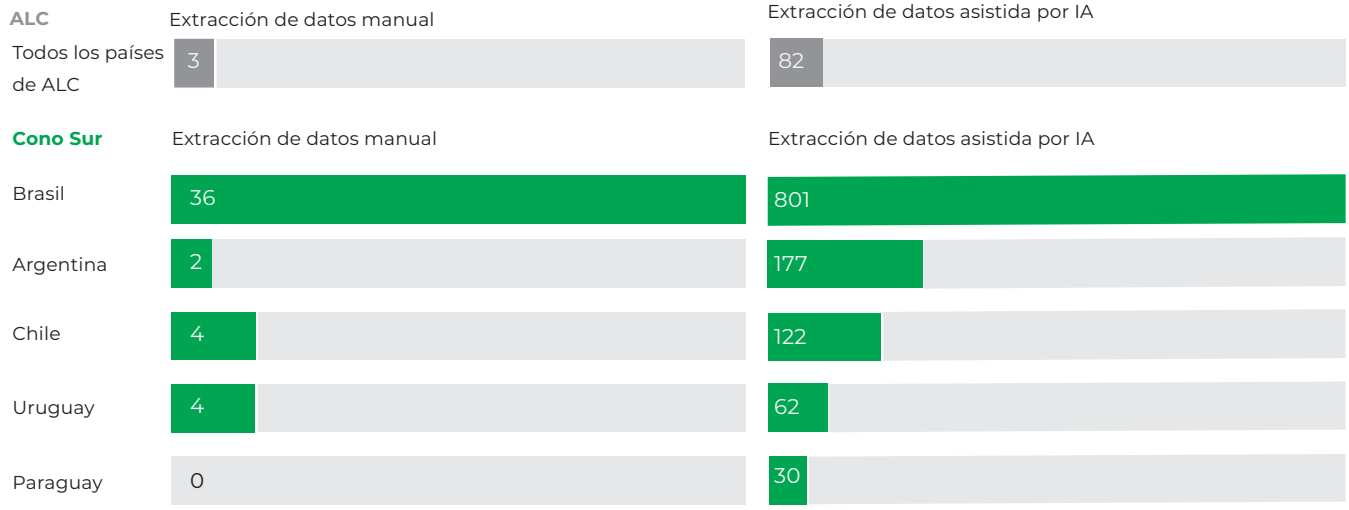

Este mapa resume el número de estudios por país, con base en la extracción de datos asistida por IA que se realizó sobre un conjunto de 1.836 publicaciones relevantes y recuperables.

Fuente: Elaboracion de los autores con base en los datos del estudio.

## Figura 3b. Número de publicaciones por país: extracción manual de datos (izquierda) y extracción de datos asistida por IA (derecha)

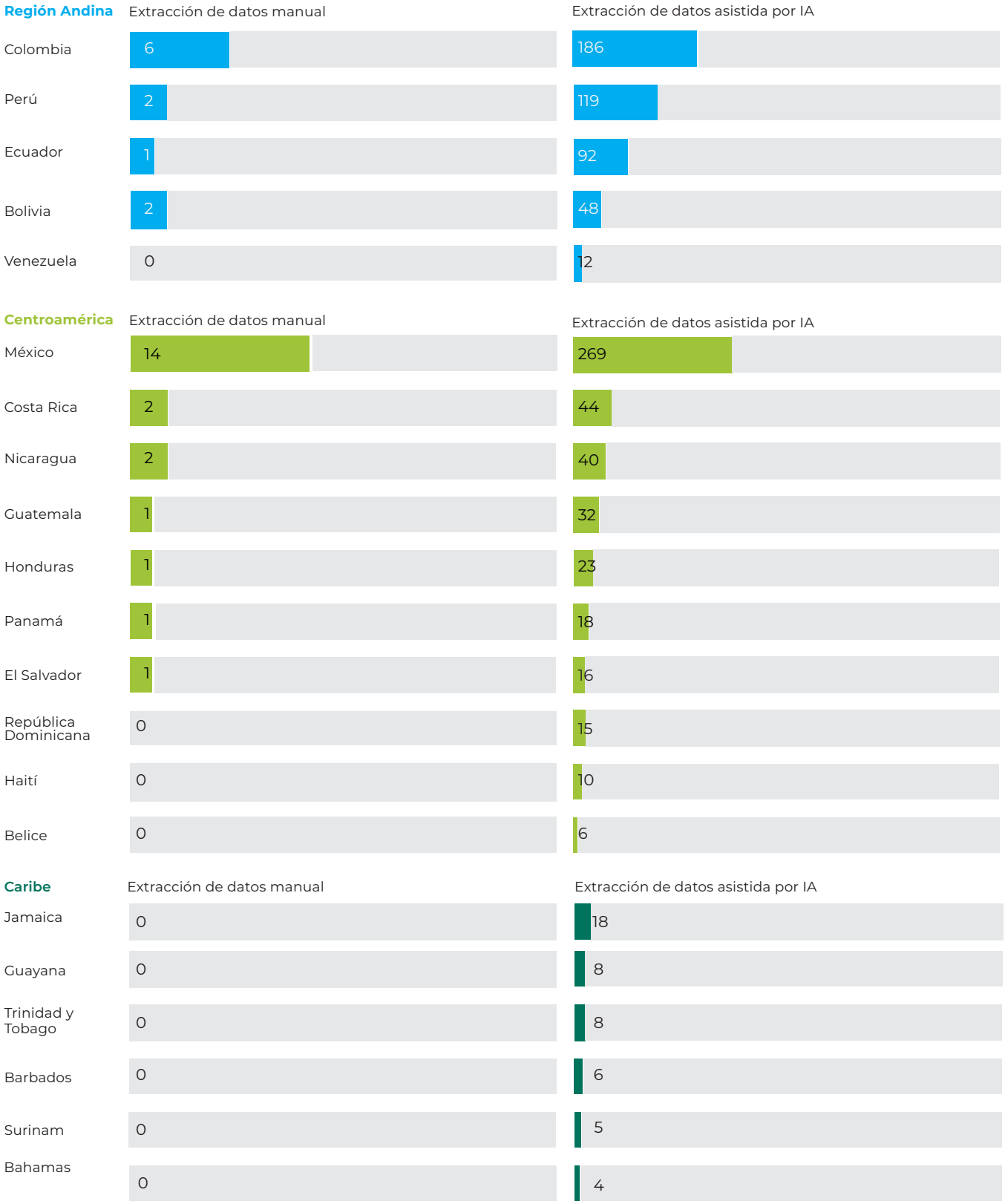
(continúa en la siguiente página)

Las barras de la izquierda muestran el número de estudios por país del total de 82 en la muestra aleatoria que pasó por extracción manual de datos. Las barras al lado derecho muestran el número de estudios por país, con base en la extracción de datos asistida por IA, que se realizó sobre un conjunto de 1.836 estudios relevantes y recuperables.



## Figura 3b. Número de publicaciones por país: extracción manual de datos (izquierda) y extracción de datos asistida por IA (derecha)

(Continuación)

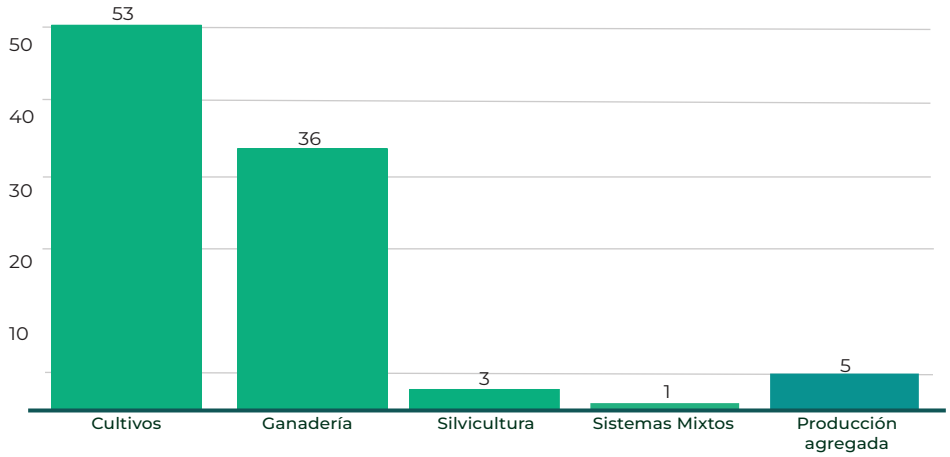



Notas: Algunos estudios analizan varios países. Como resultado, la suma del número de estudios desglosados por país es mayor que el total de estudios en la base de datos.
Fuente: datos propios de los autores.

## II. La evidencia está altamente concentrada en la producción agrícola y ganadera, con un énfasis en los rubros de exportación

La **Figura 4** muestra la distribución de la literatura entre los subsectores agrícolas. Los subsectores más estudiados fueron los cultivos agrícolas (n = 53) y la ganadería (n = 36). En cambio, pocos estudios examinan la silvicultura (n = 3) o los sistemas mixtos, como la agrosilvicultura y la producción silvopastoral (n = 1). La concentración de la evidencia en los cultivos y la ganadería sugiere que las intervenciones de productividad en la silvicultura y los sistemas mixtos han sido poco estudiadas.

**Figura 4. Estudios por subsector agrícola**




Notas: Algunos estudios analizan más de un subsector. La figura se basa en una muestra representativa de estudios analizados mediante la extracción manual de datos. Por lo tanto, los valores indicados no reflejan el número absoluto de estudios en toda la base bibliográfica; más bien, representan la distribución de la evidencia en términos relativos.
Fuente: Datos propios de los autores.

Más allá de la concentración por subsector, un análisis más detallado por rubro demuestra que la evidencia se centra en productos de exportación y cultivos comerciales, tales como: ganado vacuno (n=19), carne (n=14), cereales (n=12) y fruta (n=12). En cambio, los productos agrícolas y pecuarios que desempeñan un papel importante en la seguridad alimentaria y las economías tradicionales se encontraban entre las categorías menos estudiadas. Específicamente, entre las categorías de cultivos menos estudiadas se encontraban productos de alto valor nutricional, como las legumbres (por ejemplo, frijoles, garbanzos y otras leguminosas) (n=1), las raíces y tubérculos (por ejemplo, patatas, yuca y batatas) (n=3) y las hortalizas (n=4). Con respecto a la producción pecuaria, ningún estudio examinó los pollos, las llamas, las alpacas o sus subproductos (por ejemplo, huevos, lana) (n=0), a pesar de su papel fundamental en las dietas locales y las actividades económicas tradicionales de los pueblos indígenas.

## III. Persisten las brechas en la evidencia tanto en torno a los tipos de intervención emergentes como a los mecanismos tradicionales que se han aplicado ampliamente en ALC durante décadas

La **Figura 5** muestra la distribución de los estudios en dos niveles de desagregación: el aro interno muestra la concentración de evidencia entre 11 categorías de intervenciones, y el aro externo muestra la concentración de evidencia entre las subcategorías de

intervenciones más específicas. Empezando por las categorías de intervenciones representadas en el aro interno, la categoría más estudiada es la de ***gestión de los recursos naturales*** (n=56), seguida de ***servicios de extensión, asistencia técnica y la I+D agrícola*** (n=35). Las categorías menos estudiadas fueron las de ***asociatividad*** (n=3), ***subsidios para la compra de insumos*** (n=3), ***fortalecimiento del capital humano*** (n=5) y ***regularización y administración de la tierra*** (n=7).

En lo que respecta a las intervenciones específicas, representadas en el aro exterior de la figura, se notan varias brechas. Las intervenciones menos estudiadas incluyen algunas herramientas más recientes y novedosas, como las ***certificaciones ambientales y sociales*** (n=1), ***los pagos por servicios ambientales*** (n=1), ***las compras públicas de productos agrícolas*** (n=1), ***los subsidios inteligentes*** (n=2) y los ***seguros agrícolas*** (n=3).

Sin embargo, también se observaron carencias con relación a intervenciones que han sido utilizadas ampliamente en el sector agrícola de ALC por varias décadas; por ejemplo, ***los acuerdos de comercio*** (n=1), las intervenciones de ***apoyo al precio de mercado*** (n=1), las ***transferencias monetarias*** (n=1), y la ***asociatividad*** (n=3).

Desglosados a nivel subregional, estos datos cuentan una historia más detallada sobre las brechas de conocimiento. En todas las subregiones de ALC, la ***gestión de los recursos naturales*** fue el tipo de intervención más estudiado. Sin embargo, los ***servicios de extensión, la asistencia técnica y la adopción de tecnología*** fueron las categorías más estudiadas en el Cono Sur. En Centroamérica, las ***regulaciones e instituciones*** tuvieron mayor protagonismo, mientras que, en la Región Andina, la ***infraestructura rural*** fue el segundo tipo de intervención más estudiado (Tabla 1).

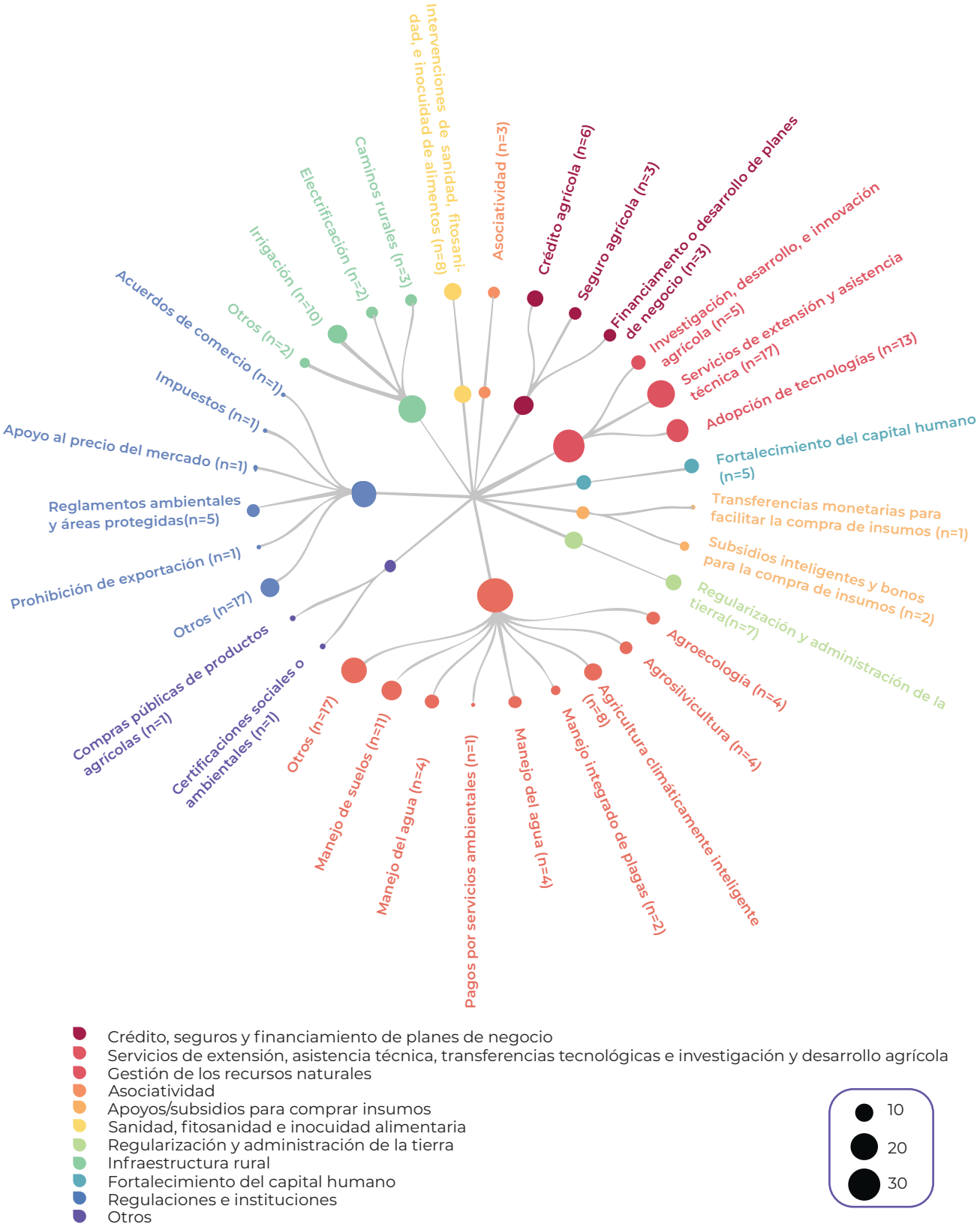
TABLA 1. NÚMERO DE PUBLICACIONES QUE ANALIZAN CADA CATEGORÍA DE INTERVENCIONES, POR SUBREGIÓN

| | Región Andina | Caribe | Centroamérica | Cono Sur |
|---|---|---|---|---|
| Investigación y desarrollo (I+D) agrícola | | | 2 | 3 |
| Asociatividad | | | | 3 |
| Certificaciones ambientales o sociales | | | | 1 |
| Servicios de extensión y asistencia técnica | 1 | | 3 | 13 |
| Servicios financieros | 1 | | 2 | 5 |
| Financiamiento o desarrollo de planes de negocio | | | | 3 |
| Inocuidad alimentaria | | | | 1 |
| Fortalecimiento del capital humano | 2 | | 1 | 2 |
| Apoyo/subsidios para la compra de insumos | | | 2 | 1 |
| Regularización y administración de tierras | 2 | | 3 | 2 |
| Gestión de recursos naturales | 4 | | 7 | 22 |
| Compras públicas de productos agrícolas | | | | 1 |
| Reglamentos e instituciones | 3 | | 7 | 7 |
| Infraestructura rural | 4 | | 5 | 7 |
| Sanidad y fitosanidad | | | 4 | 3 |
| Adopción de tecnología | 1 | | 2 | 10 |
| **Total** | 18 | | 38 | 84 |

Número de Publicaciones: 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25

Notas: Algunos estudios analizan más de un tipo de intervención y/o subregión. La cifra se basa en una muestra representativa de estudios analizados mediante extracción manual de datos. Por lo tanto, los valores indicados no reflejan el número absoluto de estudios en toda la base bibliográfica; más bien, representan la distribución de la evidencia en términos relativos.
Fuente: Datos propios de los autores.

## Figura 5. Número de publicaciones que analizan cada tipo de intervención, agrupadas en categorías




Notas: El tamaño de las burbujas refleja el número de publicaciones. Algunos estudios analizan más de un tipo de intervención. La figura se basa en una muestra representativa de estudios analizados mediante la extracción manual de datos. Por lo tanto, los valores indicados no reflejan el número absoluto de estudios en toda la base bibliográfica; más bien, representan la distribución de la evidencia en términos relativos.

Fuente: Datos propios de los autores.

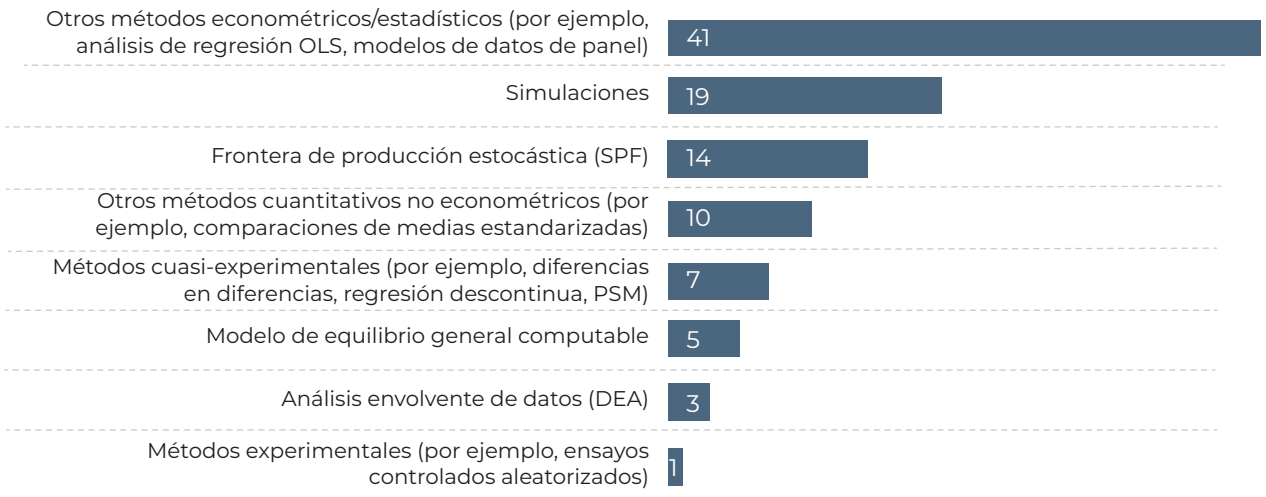
## IV. Las evaluaciones de impacto rigurosas son poco comunes

Si bien esta revisión no realizó una evaluación crítica de la validez de cada estudio, la descripción general de las metodologías utilizadas puede proporcionar cierta información sobre la calidad de la base empírica.

La **Figura 6** muestra el número de publicaciones según metodología. Los experimentos de control aleatorio (ECA) son el referente de excelencia para las evaluaciones de impacto, y fueron la metodología menos utilizada (n = 1). Los métodos cuasiexperimentales, como las diferencias en diferencias y las regresiones descontinuas, se basan en el análisis de un escenario contrafactual y permiten medir la causalidad de las intervenciones. Aunque fueron más comunes que las ECA, las metodologías cuasiexperimentales fueron relativamente escasas (n = 7). En cambio, las metodologías menos rigurosas (como el análisis estadístico simple y las regresiones lineales) fueron las más comunes (n = 41).

La **Tabla 2** muestra la distribución de los estudios según metodología utilizada y tipo de intervención evaluada, destacando las brechas de conocimiento que existen en la intersección de las intervenciones y las metodologías. Cabe destacar que el análisis de frontera estocástica fue la metodología con mayor cobertura de intervenciones, ya que se utilizó para estudiar la mayor cantidad de intervenciones (14 de 16). Si bien el análisis de frontera estocástica es una metodología rigurosa que proporciona información crucial sobre los factores que impulsan el crecimiento de la productividad y la eficiencia técnica, este método solo puede atribuir causalidad a las intervenciones cuando se combina con métodos cuasiexperimentales o experimentales. Los métodos cuasiexperimentales y experimentales se observan en relativamente pocas categorías de intervenciones (5 y 2, respectivamente), lo que significa que hay una carencia de evidencia causal sobre la gran mayoría de las intervenciones.

### Figura 6. Número de publicaciones por metodología




Notas: Algunos estudios utilizan más de una metodología. La figura se basa en una muestra representativa de estudios analizados mediante la extracción manual de datos. Por lo tanto, los valores indicados no reflejan el número absoluto de estudios en toda la base bibliográfica; más bien, representan la distribución de la evidencia en términos relativos.

Fuente: Datos propios de los autores.

## Tabla 2. Número de publicaciones por categoría de intervención y metodología

| | Frontera de producción estocástica (SPF) | Cuasi-experimental | Experimental | Análisis envolvente de datos | Equilibrio general computable | Simulaciones | Otros econométricos/ estadísticos | Otros cuantitativos no econométricos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (I+D) agrícola | | | | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 |
| Asociatividad | 2 | | | | | | 1 | 1 |
| Certificaciones ambientales o sociales | 1 | | | | | | 1 | |
| Servicios de extensión y asistencia técnica | 7 | | 1 | 1 | 1 | 4 | 8 | 4 |
| Servicios financieros | 3 | 2 | | | | | 5 | 1 |
| Financiamiento/desarrollo planes de negocio | 2 | | | | | 1 | | 1 |
| Inocuidad alimentaria | 1 | | | | | | | |
| Fortalecimiento del capital humano | 1 | | | | | | 4 | 1 |
| Apoyo/subsidios para la compra de insumos | 1 | | | | | | 2 | |
| Regularización y administración de tierras | 3 | | | | | 1 | 3 | |
| Gestión de recursos naturales | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 11 | 13 | 7 |
| Compras públicas de productos agrícolas | | 1 | | | | | | |
| Reglamentos e instituciones | 1 | 1 | | | 1 | 3 | 10 | 1 |
| Infraestructura rural | 3 | 1 | | | 2 | 4 | 7 | |
| Sanidad y fitosanidad | 2 | | | | | 2 | 4 | 2 |
| Adopción de tecnología | 3 | | | 1 | 1 | 4 | 9 | 2 |
| **Total** | 34 | 7 | 2 | 5 | 9 | 32 | 71 | 21 |

Número de publicaciones 1-2 3-5 6-7 8-10 11-13

Notas: Algunos estudios analizan más de una categoría de intervención y/o utilizan más de una metodología. La figura se basa en una muestra representativa de estudios analizados mediante extracción manual de datos. Por lo tanto, los valores indicados no reflejan el número absoluto de estudios en toda la base bibliográfica; más bien, representan la distribución de la evidencia en términos relativos.

Fuente: Datos propios de los autores.

### V. Hay poca evidencia sobre los efectos heterogéneos sobre poblaciones diversas, lo que limita el diseño de políticas focalizadas y basadas en la evidencia para los grupos vulnerables

Nuestro análisis también clasificó los estudios que evaluaron los efectos de las intervenciones en poblaciones diversas. Se clasificó un estudio como centrado en poblaciones diversas si (i) la intervención en sí se dirigía específicamente a grupos vulnerables, como las mujeres o las comunidades indígenas o (ii) el estudio examinaba explícitamente los efectos heterogéneos en estos grupos. Como se puede observar en la Figura 7, la gran mayoría de los estudios no cumplieron ninguno de los dos criterios (n=79). Apenas dos estudios analizaron los efectos sobre las mujeres productoras (n=2), mientras que un estudio analizó los efectos sobre los productores indígenas (n=1). Además, ningún estudio se centró en los jóvenes agricultores o los productores afrodescendientes (n=0). Esta falta de evidencia obstaculiza el diseño de políticas agrícolas inclusivas que aborden las necesidades de las diversas poblaciones que desempeñan un papel fundamental en los sistemas alimentarios de ALC, que siguen enfrentando barreras y desigualdades persistentes en el acceso a insumos, tecnologías y servicios públicos.

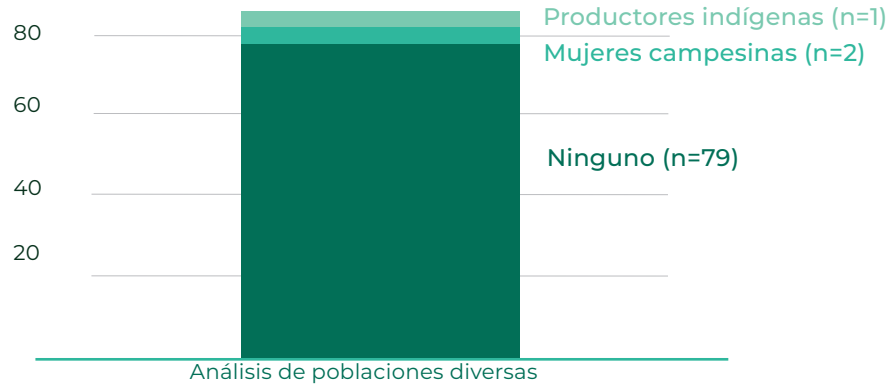
### VI. Las intervenciones se han analizado cada vez más desde una perspectiva climática

Aunque una mayoría de los estudios (n=43) no incorporó consideraciones climáticas en su análisis, una proporción significativa sí lo hizo (n=39). De estos, 21 examinaron las inter-

venciones de adaptación al cambio climático, 18 examinaron las intervenciones de mitigación del cambio climático, 10 evaluaron los efectos del cambio climático en la productividad agrícola (por ejemplo, el aumento de las temperaturas) y 8 proyectaron los impactos previstos o futuros del cambio climático en la productividad agrícola. Además, nueve estudios estimaron el efecto de la agricultura en el clima o medioambiente (por ejemplo, a través de la deforestación, las emisiones, etc.).

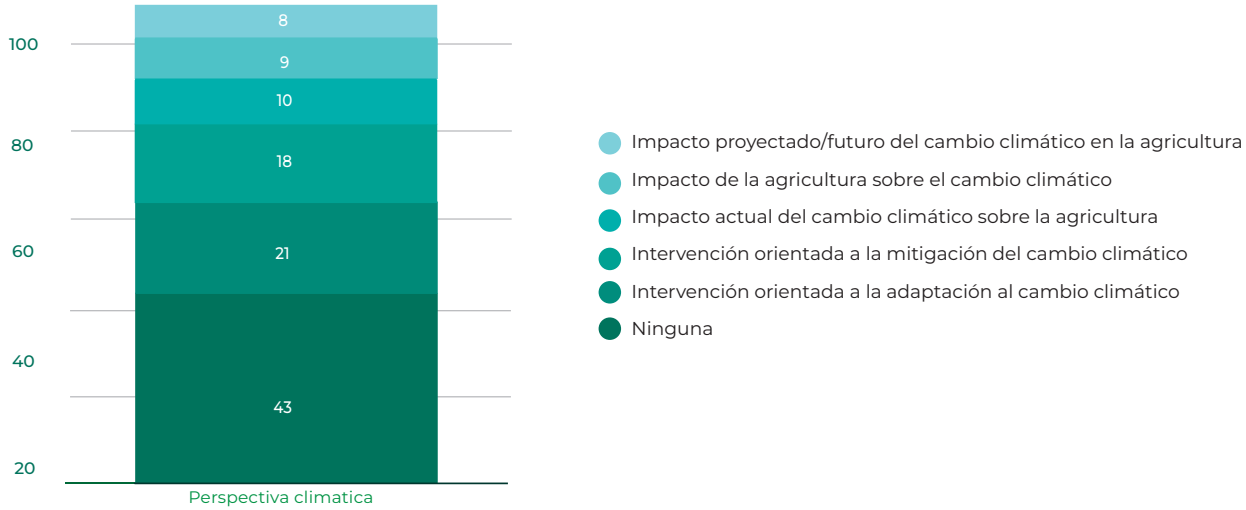
Estos resultados sugieren que existe un interés creciente por generar evidencia cuantitativa sobre la relación entre la agricultura y el cambio climático. Sin embargo, hay margen para más estudios que evalúen la eficacia de las intervenciones y, al mismo tiempo, tengan en cuenta los efectos del cambio climático en la productividad agrícola (por ejemplo, a través del aumento de la severidad y la frecuencia de las sequías, los patrones de precipitaciones impredecibles y la pérdida de biodiversidad).

### Figura 7. Número de publicaciones centradas en poblaciones diversas




Notas: La figura se basa en una muestra representativa de estudios analizados mediante la extracción manual de datos. Por lo tanto, los valores indicados no reflejan el número absoluto de estudios en toda la base bibliográfica; más bien, representan la distribución de la evidencia en términos relativos.
Fuente: Datos propios de los autores.

### Figura 8. Número de publicaciones por perspectiva climática




Notas: Algunos estudios analizan más de una perspectiva climática. La figura se basa en una muestra representativa de estudios analizados mediante la extracción manual de datos. Por lo tanto, los valores indicados no reflejan el número absoluto de estudios en toda la base bibliográfica; más bien, representan la distribución de la evidencia en términos relativos.

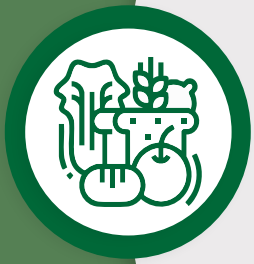
Fuente: Datos propios de los autores.

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

## I. Promover evaluaciones de impacto rigurosas que analicen los efectos de las intervenciones agrícolas sobre la productividad, dando prioridad a los países y tipos de intervenciones poco estudiados

Al diseñar intervenciones de productividad agrícola, particularmente en países poco estudiados del Caribe, la Región Andina y Centroamérica, los diseñadores de políticas y otros actores deberían colaborar con universidades y centros de investigación para desarrollar evaluaciones de impacto. Las evaluaciones de impacto se deben desarrollar al mismo tiempo que las intervenciones, desde las primeras etapas del diseño del programa. Incorporar una perspectiva de evaluación desde el principio garantiza que las intervenciones se implementen bajo las condiciones necesarias para realizar un análisis riguroso. Además de la priorización de los países con pocos estudios, se recomienda priorizar la evaluación de las intervenciones para las cuales existen pocos datos, como la asociatividad, los sistemas de certificación, los acuerdos comerciales, las compras públicas de productos agrícolas, las políticas de apoyo al precio de mercado, y las transferencias monetarias.

## II. Diversificar la base de evidencia más allá de los productos de exportación y cultivos comerciales, dando prioridad a los rubros de alto valor nutricional y los productos que son fundamentales en las dietas locales



La evaluación de intervenciones dirigidas hacia los productos de exportación (como el maíz y la carne vacuna) deben seguir siendo un pilar de los programas de desarrollo agrícola. Sin embargo, las intervenciones de productividad agropecuaria también deben analizarse en relación con los cultivos y productos pecuarios que (i) tienen un alto valor nutricional; (ii) forman parte de las actividades económicas tradicionales de las comunidades indígenas; y/o (iii) desempeñan un papel central en las dietas locales. Esto incluye rubros como las legumbres, raíces, tubérculos, pollos y camélidos (llamas y alpacas). Actualmente, el corpus literario carece de evidencia sobre estos productos, y la evidencia se concentra en los productos de exportación y los cultivos comerciales, lo que presenta un desafío para la seguridad alimentaria de ALC. Para diversificar la base de evidencia, es fundamental asegurar que los censos agropecuarios y las encuestas agrícolas nacionales recopilen datos sobre todos los cultivos y productos pecuarios, y que estos datos se publiquen de manera desglosada según cultivo.

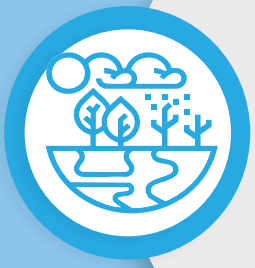
### III. Abordar las persistentes brechas en la evidencia sobre cómo las intervenciones afectan a las mujeres productoras, las comunidades indígenas y otros grupos vulnerables, con el fin de diseñar políticas más inclusivas y equitativas

Los grupos vulnerables, como las mujeres productoras, las comunidades indígenas, y los productores afrodescendientes han sido poco estudiados. Esta falta de evidencia podría llevar a intervenciones ineficaces, o programas que amplían las brechas de género y etnia, reforzando así las desigualdades existentes en el acceso a insumos, servicios, y oportunidades económicas. Para cerrar las brechas entre las poblaciones vulnerables, los diseñadores de políticas y actores en el sector agropecuario deben dirigir intervenciones hacia estos grupos y evaluar su impacto con metodologías rigurosas para garantizar su eficacia. Además, en los censos agropecuarios y las encuestas nacionales agropecuarias, es necesario incorporar la recopilación de datos desglosados por género e identidad étnica; esto permitirá la evaluación de las intervenciones con consideración de efectos heterogéneos en las poblaciones subrepresentadas.

### IV. Desarrollar y evaluar intervenciones que mejoren la productividad de los sistemas de producción mixtos, como los sistemas agroforestales y silvopastoriles

A pesar de sus contribuciones comprobadas a la sostenibilidad ambiental de la producción, los sistemas mixtos (como los sistemas agroforestales y silvopastoriles) fueron el subsector agrícola menos estudiado. Para promover la adopción de estos sistemas y garantizar que puedan ofrecer medios de vida económicamente sostenibles a las comunidades rurales, los actores en el sector agropecuario deben diseñar, implementar y evaluar más intervenciones destinadas a aumentar la productividad de estos sistemas.

### V. Integrar las consideraciones climáticas en las intervenciones y evaluaciones de productividad agrícola



Las evaluaciones de las intervenciones de productividad agrícola deben incluir, explícitamente, una perspectiva climática. En particular, se recomienda (i) evaluar la efectividad de las intervenciones de adaptación y mitigación en el sector agropecuario; y (ii) analizar cómo los factores climáticos (como la precipitación, temperatura, choques climáticos, etc.) impactan la efectividad de las intervenciones agropecuarias. La incorporación del análisis climático en el diseño de políticas agropecuarias mejorará la relevancia, eficacia y resiliencia de las estrategias de desarrollo agrícola. Este enfoque también requiere mejorar la recopilación de datos meteorológicos y su integración con los datos de productividad agropecuaria.

## VI. Fortalecer los sistemas de datos para promover políticas agropecuarias basadas en evidencia

Es indispensable disponer de datos fiables, desglosados y actualizados para diseñar, monitorear, y evaluar las intervenciones agrícolas. Las inversiones deben orientarse a reforzar y mejorar los sistemas de datos agropecuarios en ALC, asegurando que los censos y encuestas recopilen variables clave como el género de los productores, la composición del hogar, la identidad étnica de los productores, el tamaño de las fincas, la ubicación geográfica de las fincas, etc. Además de mejorar los censos agrícolas y las encuestas, también se debe invertir en los datos satelitales y sistemas de teledetección para el análisis de la producción agrícola, dado que estos pueden complementar los datos de encuesta y reducir el costo de las evaluaciones. La expansión y mejora de los sistemas informáticos agropecuarios podría impulsar la investigación de alta calidad en esta materia, allanando así el camino para el desarrollo de políticas agropecuarias que promuevan la productividad, inclusión, resiliencia climática, y sostenibilidad del sector.

# V. REFERENCIAS

## i. Introducción

### Comprender la productividad agrícola en América Latina y el Caribe: evidencia para un crecimiento sostenible

Caunedo, J., & Kala, N. (2022). Mechanizing agriculture. *NBER Working Paper* No. 29061. National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w29061

ECLAC. (2017). *Economics of climate change in Latin America and the Caribbean: A graphic view*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. https://hdl.handle.net/11362/43889

ECLAC. (2024). *The regional poverty rate, which rose during the pandemic, has declined to a level similar to 2014 and 2019*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. https://www.cepal.org/en/pressreleases/eclac-regional-poverty-rate-which-rose-pandemic-has-declined-level-similar-2014-and

Farrokhi, F., & Pellegrina, H. S. (2023). Trade, technology, and agricultural productivity. *Journal of Political Economy*, 131(9), 2509–2560. https://doi.org/10.1086/724319

FAO. (2024). *FAOSTAT: Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved August 2024, from https://www.fao.org/faostat/en/#home

FAO, IFAD, PAHO, UNICEF, & WFP. (2025). *Latin America and the Caribbean regional overview of food security and nutrition 2024: Building resilience to climate variability and extremes for food security and nutrition*. FAO. https://doi.org/10.4060/cd3877en

Han, Y., Smith, R. B., & Wu, L. (2023). Foreign direct investment and agricultural total factor productivity: An empirical study of agricultural enterprises. *China Agricultural Economic Review*, 16(1), 1–25. https://doi.org/10.1108/CAER-02-2023-0035

IDB. (2022). *Innovation, science and technology sector framework document*. Inter-American Development Bank. https://www.iadb.org/en/about-us/sector-policies-and-sector-framework-documents

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., Alvarez, L., Bernal Hernández, S., & Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961–2021): Análisis subregional y nacional*. Washington, DC: IDB. http://dx.doi.org/10.18235/0013695.

WRI. (2023). Climate Watch: *Historical country greenhouse gas emissions data (1990–2019)*. World Resources Institute. https://www.climatewatchdata.org/

World Bank. (2021). *Promoting climate change action in Latin America and the Caribbean*. https://www.worldbank.org/en/results/2021/04/14/promoting-climate-change-action-in-latin-america-and-the-caribbean

World Bank. (2024). World Development Indicators. The World Bank. Retrieved March 2025, from https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

## Sección I. Transformar los desafíos en oportunidades

### Capítulo 1. Repensar el apoyo agrícola: el papel de las políticas públicas en el crecimiento de la productividad

Anríquez, G., Foster, W., Ortega, J., Falconi, C., & De Salvo, C.P. (2016). Public expenditures and the performance of Latin American and Caribbean agriculture. IDB Working Paper Series No. IDB-WP-722. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0012284

Alston, J.M., Pardey, P.G., James, J.S., & Andersen, M.A. (2009). The economics of agricultural R&D. *Annual Review of Resource Economics*, 1(1), 537–566. https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144137

Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics, 68*(1), 29-51. https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D

Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. Journal of Econometrics, 87(1), 115–143. https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8

Bravo-Ortega, C., & Lederman, D. (2004). Agricultural productivity and its determinants: Revisiting international experiences. *Estudios de Economía,* 31(2), 133–163. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=22131202.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research, 2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

Conroy, H., Rondinone, G., De Salvo, C.P., & Muñoz, G. (2024). *Agricultural Policies in Latin America and the Caribbean 2023*. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0013100.

Copernicus Climate Change Service. (2018). *Essential climate variables for water sector applications derived from climate projections* [Data set]. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). https://doi.org/10.24381/cds.201321f6

ECLAC. (2024). *CEPALSTAT: Statistical database and publications*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), United Nations. Retrieved March 2025, from https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat

FAO. (2024). *FAOSTAT: Food and agriculture data*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved August 2024, from https://www.fao.org/faostat/en/#home

Fuglie, K. (2018). R&D capital, R&D spillovers, and productivity growth in world agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 40(3), 421–444. https://doi.org/10.1093/aepp/ppx045.

International IDEA. (2024). *Voter Turnout Database*. Retrieved March 2025, from https://www.idea.int/data-tools/data/voter-turnout-database

Islam, N. (2003). Productivity dynamics in a large sample of countries: A panel study. *Review of Income and Wealth, 49*(2), 247–272. https://doi.org/10.1111/1475-4991.00085

Krueger, A. O. (1974). The political economy of the rent-seeking society. *American Economic Review, 64*(3), 291-303.

Lachaud, M.A., & Bravo-Ureta, B.E. (2021). Agricultural productivity growth in Latin America and the Caribbean: An analysis of climatic effects, catch-up and convergence. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 65(1), 143–170. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12408.

López, R., & Galinato, G.I. (2007). Should governments stop subsidies to private goods? Evidence from rural Latin America. *Journal of Public Economics*, 91(5–6), 1071–1094. https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2006.10.004.

Ludeña, C.E. (2010). Agricultural productivity growth, efficiency change, and technical progress in Latin America and the Caribbean. IDB Working Paper Series No. IDB-WP-186. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0010939.

Olson, M. (1982). *The Rise and Decline of Nations: Economic Growth, Stagflation, and Social Rigidities*. Yale University Press.

Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A.M., Kinengyere, A., Morales Opazo, C., et al. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10), 809–820. https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y.

Rehman, N. U., & Nunziante, G. (2023). The effect of the digital economy on total factor productivity in European regions. *Telecommunications Policy, 47*(10), Article 102650. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102650

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., & Alvarez, L. (2024). Agricultural productivity in the Latin America and Caribbean region (1961–2021). IDB Technical Note No. IDB-TN-03074. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0013335.

Swinnen, J. (2018). *The political economy of agricultural and food policies*. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/978-1-137-50102-8.

Trapido, P., & De Salvo, C. P. (2016). *IDB Agrimonitor – Producer Support Estimates (PSE) Agricultural Policy Monitoring System: Data*. Inter-American Development Bank (IDB). https://doi.org/10.60966/riqdhpkr

U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. (2023, September). *International agricultural productivity data product*. Retrieved August 2024, from https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/

van Dijk, M., Fuglie, K., Heisey, P.W., & Deng, H. (2025). A global dataset of public agricultural R&D investment: 1960–2022. *Scientific Data*, 12(1), 1140. https://doi.org/10.1038/s41597-025-05331-y.

World Bank. (2024). *World Development Indicators*. The World Bank. Retrieved March 2025, from https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

World Bank. (2024). *World Governance Indicators*. The World Bank. Retrieved March 2025, from https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

**Capítulo 2. Adaptarse a un clima cambiante: estrategias para sistemas agroalimentarios productivos y resilientes**

Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E., and Magné, B. (2017). Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change*, 42, 200–214. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004.

FAO (2024). *World Food and Agriculture—Statistical Yearbook 2024*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cd2971en.

O'Donnell, C.J. (2022). How to build sustainable productivity indexes. CEPA Working Paper WP10/2022. Brisbane: University of Queensland. https://economics.uq.edu.au/files/39042/WP102022.pdf.

Robinson, S., Dunston, S., Mishra, A., Sulser, T.B., Mason-D'Croz, D., Robertson, R.D., Cenacchi, N., et al. (2024). *The International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT): Model Documentation for Version 3.6*. Modeling Systems Technical Paper 1. Washington, DC: IFPRI. https://hdl.handle.net/10568/148953.

Rosegrant, M.W., Sulser, T.B., Dunston, S., Mishra, A., Cenacchi, N., Gebretsadik, Y., Robertson, R., Thomas, T., and Wiebe, K. (2024). Food and nutrition security under changing climate and socioeconomic conditions. *Global Food Security*, 41, 100755. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100755.

Samir, K.C., and Lutz, W. (2017). The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex, and level of education for all countries to 2100. *Global Environmental Change*, 42, 181–192. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004.

USDA–ERS (2024). International Agricultural Productivity Data Product. Washington, DC: US Department of Agriculture, Economic Research Service. https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/.

## Sección II. Productividad agrícola en foco: evidencia de estudios de país

### Capítulo 3. México

Akzar, R., & Amandaria, R. (2021). Climate change effects on agricultural productivity and its implications for food security. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 681(1), 012059. https://doi.org/10.1088/1755-1315/681/1/012059

Asravor, J., Tsiboe, F., Asravor, R.K., Wiredu, A.N., & Zeller, M. (2024). Technology and managerial performance of farm operators by age in Ghana. *Journal of Productivity Analysis*, 61(3), 279–303. https://doi.org/10.1007/s11123-023-00679-y

Battese, G.E., & Coelli, T.J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325–332. https://doi.org/10.1007/BF01205442

Bravo-Ortega, C. (2021). Productivity in the agricultural sector: A global outlook from a Latin American perspective. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 48(3), 288–302. https://doi.org/10.7764/ijanr.v48i3.2341

Canales, E., Andrango, G., & Williams, A. (2019). Mexico's agricultural sector production potential and implications for trade. *Choices*, 34(3), 1–12. https://www.choicesmagazine.org/UserFiles/file/cmsarticle_701.pdf

CONEVAL. (2022). Mapas de pobreza 2022 [Data set]. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Programas_BD_2022.aspx

CONEVAL (2023). *Nota técnica sobre la medición multidimensional de la pobreza, 2018–2022*. Mexico: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Notas-pobreza-2020.aspx

Corral, C., Giné, X., Mahajan, A., & Seira, E. (2016). *A multiple intervention approach to increasing technology adoption with a view towards scaling-up: Evidence from Mexico* (3ie Grantee Final Report). International Initiative for Impact Evaluation (3ie). https://www.3ieimpact.org/sites/default/files/2019-02/gfr-ow4.1232-Mexico-technology-adoption.pdf

Díaz, A.O., Segovia, M.F., & Rivera, N.A. (2025). Stochastic frontier analysis and agricultural typologies: Applied to Mexico's sugarcane industry. *Regional Science Policy and Practice*, 100173. https://doi.org/10.1016/j.rspp.2025.100173

Donnet, M.L., López Becerril, D.I., Black, J.R., & Hellin, J. (2017). Productivity differences and food security: A metafrontier analysis of rain-fed maize farmers in MasAgro in Mexico. *AIMS Agriculture and Food*, 2(2), 129–148. https://doi.org/10.3934/agrfood.2017.2.129

Dovring, F. (1970). Land reform and productivity in Mexico. *Land Economics*, 46(3), 264–274. https://doi.org/10.2307/3145381

Dyer Leal, G., Rivera Ramírez, F., & Stabridis Arana, O. (2017). Evaluación del impacto conjunto de programas de transferencia condicionadas y de apoyo a la producción agrícola sobre la pobreza y la producción de alimentos: El caso de PROSPERA y PROCAMPO en México. *Sobre México Temas De Economía*, 1(3), 14–33. https://sobremexico-revista.ibero.mx/index.php/Revista_Sobre_Mexico/article/view/26

ERS-USDA (2024). *International agricultural productivity*. Washington, DC: US Department of Agriculture. https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity

FAO. (2016). *Country fact sheet on food and agriculture policy trends: Mexico*. Food and Agriculture Policy Decision Analysis (FAPDA). https://www.fao.org/in-action/fapda

FAO (2021). *Frontier analysis and agricultural typologies*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fernandez-Cornejo, J., & Shumway, C.R. (1997). Research and productivity in Mexican agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 79(3), 738–753. https://doi.org/10.2307/1244416

Fuchs, A., & Wolff, H. (2016). Drought and retribution: Evidence from a large-scale rainfall-indexed insurance program in Mexico. *Policy Research Working Paper* WPS7565. Washington, DC: World Bank. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/458801467991945790

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations — a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2, 150066. https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66

Gobierno de México. (2025). *Plan México: Estrategias de desarrollo económico equitativo y sustentable para la prosperidad compartida*. Mexico City: Gobierno de México. https://www.planmexico.gob.mx/polos

Gobierno de México. (2020). *Programa sectorial de agricultura y desarrollo rural 2020–2024*. Mexico City: Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616555/PROGRAMA_SECTORIAL_2020_2024baja.pdf

Guerrero Ortiz, P.L., Leos-Rodríguez, J.A., Palacio-Muñoz, V.H., & Ocampo-Ledesma, J.G. (2023). Guaranteed prices and their effects on small-scale farms in Mexico. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 20(2), 248–265. https://doi.org/10.22231/asyd.v20i2.1565

Iacovone, L., Muñoz Moreno, R., Olaberria, E., & De la Paz Pereira López, M. (2021). *Productivity Growth in Mexico: Understanding Main Dynamics and Key Drivers*. Washington, DC: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/099100103252224294

INEGI. (n.d.). *Finanzas públicas estatales y municipales (EFIPEM*). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/programas/finanzas/

INEGI. (n.d). Use of soil and vegetation [Data set]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). https://en.www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/ - downloads

INEGI. (2007). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007* [Data set]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/

INEGI. (2022). *Censo Agropecuario 2022* [Data set]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/

INEGI. (2023). *Censo Agropecuario 2022: Resultados definitivos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/867/data-dictionary

INEGI (2024). *Encuesta nacional de ocupación y empleo 2024*. Aguascalientes, Mexico: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/#microdatos

Kagin, J., Taylor, J.E., & Yúnez-Naude, A. (2016). Inverse productivity or inverse efficiency? Evidence from Mexico. *The Journal of Development Studies*, 52(3), 396–411. https://doi.org/10.1080/00220388.2015.1041515

Lachaud, M.A., Bravo-Ureta, B.E., & Ludena, C.E. (2022). Economic effects of climate change on agricultural production and productivity in Latin America and the Caribbean. *Agricultural Economics*, 53(2), 321–332. https://doi.org/10.1111/agec.12682

Maruyama, E., Torero, M., Scollard, P., Elias, M., Mulangu, F., & Seck, A. (2018). Frontier analysis and agricultural typologies. *SSRN Electronic Journal*. https://ssrn.com/abstract=3156944

NASA LP DAAC. (2023). *MODIS/Aqua Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid (MYD11A2, Version 6.1)* [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center. https://doi.org/10.5067/MODIS/MYD11A2.061

Ortega Díaz, A., & Guerrero, A. (2024). Assessing efficiency and potential revenue in the Production for Welfare Program: A stochastic meta frontier perspective with pseudo control groups. *Primera conferencia sobre inclusión financiera, productividad agrícola y sostenibilidad*, Michoacán, Mexico.

Ortega, A., Molina, D., Flores, M., & Guzmán, D. (2023). Análisis de fronteras de producción y tipología agrícola en México: Una herramienta aplicada a la caña de azúcar, el maíz blanco, la leche y los bovinos. *FAO Agricultural Development Economics Technical Studies*, 26. Rome: FAO. https://doi.org/10.4060/cc4360es

SADER (2024). Panorama agroalimentario 2024: La ruta de la transformación agroalimentaria 2018–2024. Mexico City: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., Álvarez, L., Bernal Hernandez, S., & Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961-2021): análisis subregional y nacional*. Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0013695

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2022). *Plan Estratégico de Cambio Climático para el Sector Agroalimentario*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/841295/Interiores_plecca_2023_extendido__1_.pdf

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2022). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)* [Data set]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). https://www.agricultura.gob.mx/datos-abiertos/siap

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023, August 18). México, estrella productora y exportadora. Gobierno de México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mexico-estrella-productora-y-exportadora

Todd, J.E., Winters, P.C., & Hertz, T. (2010). Conditional cash transfers and agricultural production: *Lessons from the oportunidades experience in Mexico. Journal of Development Studies*, 46(1), 39–67. https://doi.org/10.1080/00220380903197945.

United Nations Conference on Trade and Development. (2014). *Mexico's agricultural development: Perspectives and outlook* (UNCTAD/DITC/TNCD/2012/2/Rev.1). United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/ditctncd2012d2_rev1_en.pdf

Valdez-Cornejo, I. Y., Vega-Valdivia, D. D., Martínez-Damián, M. A., & Núñez-Castrejón, A. (2025). Economic growth and investment in the agricultural sector in Mexico during the period 1993–2022. Agro Productividad, 18(5). https://doi.org/10.32854/926j5k91

Valentín-Garrido, J. M., León-Merino, A., Hernández-Juárez, M., Sangerman-Jarquín, D. M., & Valtierra-Pacheco, E. (2016). Evaluación del programa PROAGRO productivo en comunidades rurales de la sierra norte de Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 413 – 425. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342016000200413

Yúnez-Naude, A., Juarez-Torres, M., & Barceinas-Paredes, F. (2006). Productive efficiency in agriculture: Corn production in Mexico. International Association of Agricultural Economists (IAAE), 2006 Annual Meeting, August 12–18, 2006, Queensland, Australia. https://doi.org/10.22004/AG.ECON.25754

Wan, Z., Hook, S., & Hulley, G. (2021). MODIS/Aqua *Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V061* [Data set]. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). https://doi.org/10.5067/MODIS/MYD11A2.061

**Capítulo 4. Colombia**

Banco de la República. (2025). *Economic Statistics Site - Flujo de Inversión Extranjera Directa en Agricultura, Caza, Silvicultura y Pesca*. Retrieved September 26, 2025, from https://suameca.banrep.gov.co/graficador-series/#/grafica/15368

Bhatnagar, S., Chaudhary, R., Sharma, S., Janjhua, Y., Thakur, P., Sharma, P., & Keprate, A. (2024). *Exploring the dynamics of climate-smart agricultural practices for sustainable resilience in a changing climate*. Environmental and Sustainability Indicators, 24, 100535. https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100535

Deininger, K., Castagnini, R., & González, M. A. (2004). *Comparing land reform and land markets in Colombia: Impacts on equity and efficiency* (Policy Research Working Paper No. 3258). World Bank. https://documents1.worldbank.org/curated/en/786071468743975107/pdf/wps3258.pdf

Deininger, K. W., Nizalov, D., & Singh, S. K. (2013). Are mega-farms the future of global agriculture? *Exploring the farm size–productivity relationship for large commercial farms in Ukraine* [Agricultural and Rural Development case study]. World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/461411468309272826

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Ministry of Agriculture and Food (2021). *Comprehensive Climate Change Management Plan for the Agricultural Sector (PIGCCS-Agropecuario)*. Bogotá: Ministry of Agriculture and FAO. https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCIÓN NO. 000355 DE 2021.pdf

Jiménez, M.I., Abbott, P., and Foster, K. (2019). Measurement and analysis of agricultural productivity in Colombia. *Ecos de Economía*, 22(47), 4–37. https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/5743

Kebede, H. A. (2024). Gains from market integration: Welfare effects of new rural roads in Ethiopia. *Journal of Development Economics*, 168, 103252. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2024.103252

Khan, Y., Wang, M., & Hassan, T. (2018). Foreign direct investment and import-export: The case of Pakistan. *Research Journal of Economics*, 2(3), 1000124. https://www.scitechnol.com/peer-review/foreign-direct-investment-and-importexport-the-case-of-pakistan-BMHI.php?article_id=8021

Nin-Pratt, A., Falconi, C., Ludeña, C.E., and Martel, P. (2015). *Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: From the lost decade to the commodity boom*. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0000217

Njuki, E., Bravo-Ureta, B. E., & O'Donnell, C. J. (2018). A new look at the decomposition of agricultural productivity growth incorporating weather effects. *PLoS ONE*, 13(2), e0192432. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192432

O'Donnell, C. J. (2018). Productivity and efficiency analysis: An economic approach to measuring and explaining managerial performance (1st ed.). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2984-5

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2015). *OECD review of agricultural policies: Colombia 2015*. OECD Reviews of Agricultural Policies. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264227644-en

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2022). *Rural policy review of Colombia 2022*. OECD Rural Studies. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/c26abeb4-en

Parada, J. (2015). *Access to modern markets and the impacts of rural road rehabilitation: Evidence from Nicaragua.* Millennium Challenge Corporation. https://assets.mcc.gov/-content/uploads/2017/05/paper-parada-access-to-modern-markets.pdf

Parra-Peña, R. I., & Puyana, R. (2021). Análisis de la productividad del sector agropecuario en Colombia y su impacto en temas como encadenamientos productivos, sostenibilidad e internacionalización, en el marco del programa Colombia más (Research Report No. 19147). Fedesarrollo. https://fedesarrollo.org.co/sector-agropecuario/a4264121-28c0-40fe-8672-0a6ccbbed13f

Procuraduría General de la Nación (PGN) (2024). *Sexto informe al Congreso sobre la implementación del Acuerdo de Paz*. Procuraduría Delegada Preventiva y de Control de Gestión 5. Para el Seguimiento al Acuerdo de Paz. https://www.procuraduria.gov.co/Documents/2024/Diciembre%202024/Micrositio%20Acuerdos%20de%20paz/SextoInformealCongresodeseguimientoAFP2024vfradicar.pdf

Rajan, R. G., & Ramcharan, R. (2011). Land and credit: A study of the political economy of banking in the United States in the early 20th century. *The Journal of Finance*, 66(6), 1895–1931. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2011.01695.x

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D. V., Alvarez, L., Bernal Hernandez, S., & Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961-2021): análisis subregional y nacional*. https://doi.org/10.18235/0013695

Shamdasani, Y. (2021). Rural road infrastructure & agricultural production: Evidence from India. Journal of Development Economics, 152, 102686. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102686

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). Colombia dispone de 42,944,940 ha de frontera agrícola (FA), continental e insular, en su actualización más reciente. June 12, 2024. https://upra.gov.co/es-co/saladeprensa/Paginas/Colombia-dispone-de-42-944-940-ha-de-frontera-agrícola-(FA),-continental-e-insular,-en-su-actualización-más-reciente.aspx.

Valdivia Zelaya, P.R., Gautam, M., Elabed, G., Gill, J., Guerrero Escobar, S., Buitrago Hernandez, P., Puricelli, E., and Penagos, A. (2023). *Sector agropecuario en Colombia: Análisis de políticas de apoyo-Oportunidades de mejoras en la productividad bajo un modelo sostenible*. Washington, DC: World Bank Group. https://documents.worldbank.org/curated/en/099022825172534517

World Bank (2023). *Poverty and equity brief: Colombia*, April 2023. Washington, DC: World Bank. https://databankfiles.worldbank.org/public/ddpext_download/poverty/987B9C90-CB9F-4D93-AE8C-750588BF00QA/current/Global_POVEQ_COL.pdf

World Bank. (2024a). Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) [Data set]. World Development Indicators. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=CO

World Bank. (2024b). Employment in agriculture (% of total employment) (modeled ILO estimate) [Data set]. World Development Indicators. https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?locations=CO

World Food Programme (WFP) (2023). *2023 food security assessment: Colombian population-Executive summary*. https://www.wfp.org/publications/2023-food-security-assessment-colombian-population-executive-summary

**Capítulo 5. Brasil**

Alston, J.M., Andersen, M., James, J., and Pardey, P.G. (2010). *Persistence Pays: US Agricultural Productivity Growth and the Benefits from Public R&D Spending*. New York: Springer.

Alston, J.M., and Pardey, P.G. (2021). The economics of agricultural innovation. In: C. Barrett and D. Just (eds.), *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 5, Chapter 75, 3895–3980. North Holland.

Aragón, F.M., Oteiza, F., and Rud, J.P. (2021). Climate change and agriculture: Subsistence farmers' response to extreme heat. *American Economic Journal: Economic Policy*, 13(1), 1–35. https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pol.20190316.

Avila, A.F.D., and Evenson, R.E. (1995). Total factor productivity growth in Brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, XXXIII, Curitiba, July 31–August 3.

Buainain, A.M., Alves, E., da Silveira, J.M., and Navarro, Z. (2014). O Mundo Rural no Brasil do Século 21: *A Formação de um Novo Padrão Agrário e Agrícola*. Campinas: Unicamp; Brasília: Embrapa.

Buainain, A.M. (2025). A agricultura brasileira entre 1950 e 2025. In: N.R. Castro, J.R. Garcia, and Z. Navarro (eds.), *Dinâmica Econômica e o Mundo do Trabalho no Brasil Rural*, 9–29. São Paulo: Editora Baraúna.

Burke, M., and Emerick, K. (2016). Adaptation to climate change: Evidence from US agriculture. *American Economic Journal: Economic Policy* 8(3), 106–140.

Climate Research Unit, University of East Anglia. https://www.uea.ac.uk/groups-and-centres/climatic-research-unit

Copernicus Climate Change Service. (2018). *Essential Climate Variables for Water Sector Applications Derived from Climate Projections*. Copernicus Climate Data Store (CDS). https://doi.org/10.24381/cds.201321f6.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Gerência Adjunta de Administração Financeira (DAF). Data acquired by request, 2022.

Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, total value of production and exports in 2023. Accessed from https://www.fao.org/faostat/ on 10/10/2025.

Gasques, J.G., Bacchi, M.R.P., Bastos, E.T., and Valdes, C. (2020). *Crescimento e produtividade da agricultura brasileira: Uma análise do Censo Agropecuário*. In: J.E.R. Vieira Filho and J.G. Gasques (eds.), Uma Jornada pelos Contrastes do Brasil: Cem Anos do Censo Agropecuário, 107–119. Brasília: IPEA and IBGE.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Agricultural and Demographic Censuses, various years*.

Lachaud, M.A., Bravo-Ureta, B.E., and Ludeña, C.E. (2022). Economic effects of climate change on agricultural production and productivity in Latin America and the Caribbean. *Agricultural Economics* 53(2), 321–332. https://doi.org/10.1111/agec.12682.

O'Donnell, C.J. (2018). *Productivity and Efficiency Analysis: An Economic Approach to Measuring and Explaining Managerial Performance*. Singapore: Springer.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (2023). *Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2023: Adapting Agriculture to Climate Change*. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/b14de474-en.

Rada, N.E., Helfand, S.M., and Magalhães, M.M. (2019). Agricultural productivity growth in Brazil: Large and small farms excel. *Food Policy* 84, 176–185, https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.03.014.

Rada, N., and Valdes, C. (2012). *Policy, Technology, and Efficiency of Brazilian Agriculture*. Report No. 137. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Economic Research Service.

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., Álvarez, L., Bernal Hernandez, S., & Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961-2021): análisis subregional y nacional*. Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0013695

Schlenker, W., and Roberts, M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 15594–15598, https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106.

Spolador, H.F.S., and Danelon, A.F. (2024). New evidence of the driving forces behind Brazil's agricultural TFP growth: A stochastic frontier analysis with climatic variables and land suitability index. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 68(2), 366–385, https://doi.org/10.1111/1467-8489.12558.

Teixeira, E.C., Miranda, M.H., and Freitas, C.O. (2014). *Políticas Governamentais Aplicadas ao Agronegócio*. 1st ed. Viçosa, MG: Editora UFV.

Vieira Filho, J.E.R. (2018). Brazilian agriculture innovation and production distribution. *Revista de Política Agrícola*, 2, 18–30.

**Capítulo 6. Ecuador**

Fried, H. O., Lovell, C. K., & Schmidt, S. S. (Eds.). (2008). *The measurement of productive efficiency and productivity growth*. Oxford University Press.

González Amador, C.Y., Velasco, J., & Miranda, J.J. (2024). *Ecuador: Growing Resilient for a Better Future*. Washington, DC: World Bank.

Greene, W. (2005). Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of productivity analysis*, *23*(1), 7-32. https://doi.org/10.1007/s11123-004-8545-1

Greene, W. H. (2008). The econometric approach to efficiency analysis. *The measurement of productive efficiency and productivity growth*, 1(1), 92-250. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.003.0002

Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7(1), 109. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3

Hollander, M., Wolfe, D.A., & Chicken, E. (2013). *Nonparametric Statistical Methods*. John Wiley & Sons.

INEC. (2023). *Encuesta de Superficie Agrícola y Producción Agropecuaria (ESPAC)*, 2023. INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

INEC. (2024). *Guía sobre el uso de base de datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2023*.

INEC. (2025). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) Boletín Técnico. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2024/Boletin_tecnico_ESPAC_2024.pdf

Lachaud, M., Bravo-Ureta, B.E., & Ludeña, C. (2017). Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean in the presence of unobserved heterogeneity and climatic effects. *Climatic Change*, 143(3), 445–460. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2013-1.

Lachaud, M.A., & Bravo-Ureta, B.E. (2021). Agricultural productivity growth in Latin America and the Caribbean: An analysis of climatic effects, catch-up, and convergence. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 65(1), 143–170. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12398.

Lachaud, M. A., Bravo-Ureta, B. E., & Ludeña, C. E. (2022). Economic effects of climate change on agricultural production and productivity in Latin America and the Caribbean (LAC). *Agricultural Economics*, *53*(2), 321-332. https://doi.org/10.1111/agec.12682

Lachaud, M.A. (2025). Agricultural productivity convergence in Latin America: The role of research and development, knowledge spillovers, and education spending. *Journal of Agricultural Economics*, 76(3), 602–623. https://doi.org/10.1111/1477-9552.12643.

Lovell, C. K. (1995). Econometric efficiency analysis: A policy-oriented review. *European journal of operational research*, *80*(3), 452-461.

Njuki, E., Bravo-Ureta, B.E., & O'Donnell, C. (2019). Decomposing agricultural productivity growth using a random parameters stochastic production frontier. *Empirical Economics*, 57, 839–860. https://doi.org/10.1007/s00181-018-1512-8.

Norton, R. D. (1988). *Policy analysis for food and agricultural development: Basic data series and their uses* (Training Materials for Agricultural Planning No. 14). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

O'Donnell, C. J. (2012). An aggregate quantity framework for measuring and decomposing productivity change. *Journal of productivity analysis*, *38*(3), 255-272. https://doi.org/10.1007/s11123-012-0275-1

O'Donnell, C. (2018). *Productivity and Efficiency Analysis: An Economic Approach to Measuring and Explaining Managerial Performance*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2984-5

Quintana, C., Girardello, M., & Balslev, H. (2019). Balancing plant conservation and agricultural production in the Ecuadorian dry inter-Andean valleys. *PeerJ*, 7, e6207. https://doi.org/10.7717/peerj.6207.

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., Álvarez, L., Bernal Hernandez, S., & Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961-2021): análisis subregional y nacional*. Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0013695

Tsionas, E.G. (2002). Stochastic frontier models with random coefficients. *Journal of Applied Econometrics*, 17, 127–147. https://doi.org/10.1002/jae.642.

Toledo, L., Salmoral, G., & Viteri-Salazar, O. (2023). Rethinking agricultural policy in Ecuador (1960–2020): Analysis based on the water–energy–food security nexus. *Sustainability*, 15, 12850. https://doi.org/10.3390/su151712850.

World Bank Group. (2021). *Climate Risk Country Profile: Ecuador*. Washington, DC: World Bank.

Yerovi, J.J.E., Shik, O., Inurritegui, M., & De Salvo, C.P. (2018). *Análisis de políticas agropecuarias en Ecuador (IDB Monograph No. 676)*. Washington, DC: Inter-American Development Bank. http://dx.doi.org/10.18235/0001526.

## Capítulo 7. Perú

BCRP (Banco Central de Reserva del Perú) (2025). *BCRPData*. https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/tipo-de-cambio-sol-usd.

Borrero, H. (2025). Land inequality, farm size, and productivity: Insights from Peruvian agriculture. *Agricultural Economics*, 56(5), 839–849. https://doi.org/10.1111/agec.70036.

Copernicus (2025). *Essential climate variables for water sector applications derived from climate projections*. https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/sis-ecv-cmip5-bias-corrected?tab=overview.

Del Pozo, C. (2020). E*stimación de la relación empírica entre el acceso a infraestructura de riego y la productividad de las unidades agrícolas en el Perú*. Lima: CIES. https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2021/06/estimacion_-de_la_relacion_entre_el_acceso_a_infraestructura_de_riego_y_la_productividad_de_unidades_agricolas_en_el_peru.pdf.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2025). *The State of Agricultural Commodity Markets 2024—Trade and Nutrition: Policy Coherence for Healthy Diets*. Rome: FAO. https://doi.org/10.4060/cd2144en.

Galarza, F., & Díaz, G. (2015). Productividad total de factores en la agricultura peruana: Estimación y determinantes. *Economía*, 38(76), 77–116. https://faculty.up.edu.pe/es/publications/productividad-total-de-factores-en-la-agricultura-peruana-estimac.

Greene, W. (2005). Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model. *Journal of Econometrics*, 126(2), 269–303. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2004.05.003.

Julien, J., Bravo-Ureta, B., & Rada, N. (2019). Assessing farm performance by size in Malawi, Tanzania, and Uganda. *Food Policy*, 84, 153–164. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.03.016.

Julien, J., Bravo-Ureta, B., & Rada, N. (2023). Gender and agricultural productivity: Econometric evidence from Malawi, Tanzania, and Uganda. *World Development*, 171. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106365.

Kámiche-Zegarra, J., & Bravo-Ureta, B. (2020). *Are users of market information more efficient? Stochastic production frontier analyses with sample selection*. Lima: Manuscript.

Lachaud, M., Bravo-Ureta, B., & Ludeña, C. (2017). Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean in the presence of unobserved heterogeneity and climatic effects. *Climatic Change*, 143(3–4), 445–460. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2013-1.

MEF (Ministerio de Economía y Finanzas) (2015–2023). *Transparencia económica* [Economic Transparency]. https://apps5.mineco.gob.pe/transparencia/mensual/.

MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego) (2015). *Estrategia Nacional de Agricultura Familiar 2015–2021 [National Strategy for Family Farming 2015–2021*]. Lima: MIDAGRI. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretossupremos/2015/anexo_ds09-2015-minagri.pdf.

MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego) (2021). *Política Nacional Agraria 2021–2030* [National Agricultural Policy 2021–2030]. Lima: MIDAGRI.

MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego) (2025). *Padrón de Productores Agropecuarios (PPA)* [Agricultural Producer Register]. https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZGU3OGVkODUtYjUzMS00Y2NjLTlmM2MtOGRlMzA0MmM3ODJjIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9.

SBS (Superintendencia de Banca, Seguros y AFPs) (2015–2023). Sistema financiero [Financial System]. https://www.sbs.gob.pe/estadisticas-y-publicaciones/estadisticas-/sistema-financiero_.

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., Alvarez, L., Bernal Hernández, S., & Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961–2021): Análisis subregional y nacional*. Washington, DC: IDB. http://dx.doi.org/10.18235/0013695.

Schling, M., Sáenz Somarriba, M., & Mattos, J.D. (2024). *Land regularization and technical efficiency in agricultural production: An empirical study in Andean countries*. Washington, DC: Inter-American Development Bank.

USDA (United States Department of Agriculture). (2024). *International Agricultural Productivity*. Kansas City: USDA. https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/.

World Bank Group (2017). *Gaining momentum in Peruvian agriculture: Opportunities to increase productivity and enhance competitiveness*. Washington, DC: World Bank. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/107451498513689693/gaining-momentum-in-peruvian-agriculture-opportunities-to-increase-productivity-and-enhance-competitiveness.

Zegarra, E. (2024). *La agricultura familiar en el Perú: Retos y posibilidades para su transformación en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Lima: INEI. https://grade.org.pe/wp-content/uploads/EZ_INEI_2024.pdf.

**Capítulo 8. Bolivia**

Alcaraz Rivero, A., Muñoz, G., de Salvo, C.P., and Lima, E. (2020). Análisis de políticas agropecuarias en Bolivia (IDB Monograph No. 916). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0003360.

Besley, T. (1995). Property rights and investment incentives: Theory and evidence from Ghana. *Journal of Political Economy*, 103(5), 903–937. https://doi.org/10.1086/262008.

Chakravorty, U., Emerick, K., and Ravago, M.-L. (2016). Lighting up the last mile: The benefits and costs of extending electricity to the rural poor. *Resources for the Future Discussion Paper* 16–22.

Copernicus Climate Change Service. (2018). Essential climate variables for water sector applications derived from climate projections [Data set]. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). https://doi.org/10.24381/cds.201321f6

Daga, S. (2020). Weather shocks' impacts on farm-level agricultural outcomes in Bolivia. I*n Natural Disasters and Climate Change: Innovative Solutions in Financial Risk Management* (pp. 15–40). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48939-7_2.

Dias Avila, A.F., & Evenson, R.E. (2010). Total factor productivity growth in agriculture: The role of technological capital. In R. Evenson & P. Pingali (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. 4, pp. 3769–3822). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1574-0072(09)04072-9.

Díaz Ríos, L.B., Valdivia Zelaya, P.R., Morris, M., Navarro Espinal, J.I., Perego, V.M.E., Sebastian, A.R., and Tutasig Vizcaíno, A.X. (2019). *Tapping the Potential of Bolivia's Agriculture and Food*

*Systems to Support Inclusive and Sustainable Growth*. Washington, DC: World BankGroup. http://documents.worldbank.org/curated/en/739681617168032843.

Escalante, L. E., & Maisonnave, H. (2022). Impacts of climate disasters on women and food security in Bolivia. *Economic Modelling*, 106041. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.106041

Giordano, M., Namara, R., and Bassini, E. (2023). *The Impacts of Irrigation: A Review of Published Evidence*. Washington, DC: World Bank.

Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia (2011). *Plan Nacional de Riego con Enfoque de Cuenca* 2011–2015. https://www.preventionweb.net/files/30230_plannacionalderiego-bolivia.pdf.

Instituto Nacional de Estadística (INE) (n.d.). *Estadísticas agropecuarias: Agricultura—Cuadros estadísticos*.
https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2017). Bolivia – *ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA, 2008, BOL-INE-ENA-2008*. [Data set]. Catálogo del Archivo Nacional de Datos (ANDA). https://anda4.ine.gob.bo/ANDA4_2/index.php/catalog/145

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2019). ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA 2015. [Data set]. Catálogo del Archivo Nacional de Datos (ANDA). https://anda.ine.gob.bo/index.php/catalog/6

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2013). Censo agropecuario, Estado Plurinacional de Bolivia, 2013 [Data set]. Catálogo del Archivo Nacional de Datos (ANDA). https://anda.ine.gob.bo/index.php/catalog/24

Lachaud, M.A., Bravo-Ureta, B.E., and Ludeña, C.E. (2017). Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean in the presence of unobserved heterogeneity and climate effects. Climatic Change, 143(3), 445–460. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2013-1.

Lee, K., Miguel, E., and Wolfram, C. (2020). Does household electrification supercharge economic development? *Journal of Economic Perspectives*, 34(1), 122–144. https://doi.org/10.1257/jep.34.1.122.

Ludeña, C. (2010). *Agricultural productivity growth, efficiency change and technical progress in Latin America and the Caribbean* (IDB Working Paper No. 186). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0010939.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia (MDRyT). (2016). *Plan del Sector Agropecuario y Rural con Desarrollo Integral para Vivir Bien 2016–2020 (PSARDI)*. https://www.ruralytierras.gob.bo/leyes/plansectorial.pdf.

Murguia, J.M., Wamisho, K., and Lence, S.H. (2017). Rural land titling and property rights: Does legislating smallholdings as a nonseizable family asset improve smallholder family farmers' welfare? (IDB Working Paper No. 920). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0001296.

Nin-Pratt, A., Falconi, C., Ludeña, C.E., and Martel, P. (2015). *Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: From the lost decade to the commodity boom* (IDB Working Paper No. 608). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0000217.

Salazar, L., and López, C.A. (2018). *Unraveling the threads of decentralized community-based irrigation systems in Bolivia* (IDB Working Paper No. 858). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0001033.

Salazar, L., Bernal Hernández, S., and Miranda Baez, L.E. (2025). *Creation of rural agrifood initiatives. Phase II* (M.S. Balduzzi Fiallos, Ed.). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0013588.

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., and Álvarez, L. (2024). *Agricultural productivity in the Latin America and Caribbean Region (1961–2021)* (IDB Technical Note No. IDB-TN-03074). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0013335.

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., Álvarez, L., Bernal Hernandez, S., and Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961-2021): análisis subregional y nacional*. Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0013695

Schling, M., Saenz Somarriba, M., and Mattos, J.D. (2024). *Land regularization and technical efficiency in agricultural production: An empirical study in Andean Countries* (IDB Discussion Paper No. 1055). Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0012945.

Trindade, F.J., and Fulginiti, L.E. (2015). Is there a slowdown in agricultural productivity growth in South America? *Agricultural Economics*, 46(S1), 69–81. https://doi.org/10.1111/agec.12199.

Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE) (2015). *Diagnóstico del Sector Agropecuario* (Vol. VIII). UDAPE. https://www.udape.gob.bo/wp-content/uploads/Colecciones/Diagnosticos/diagnostico2015/docs/TOMO%20VIII%20-%20SECTOR%20AGROPECUARIO.pdf.

Wan, Z., Hook, S., & Hulley, G. (2021). MODIS/Terra land surface temperature/emissivity daily L3 global 1km SIN grid V061 [Data set]. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center. https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A1.061

World Bank. (2024). *Agriculture, Forestry, and Fishing, Value Added (% of GDP)* [Indicator]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS.

**Capítulo 9. Paraguay**

Aigner, D., Lovell, C.A.K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37. https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5.

Baumann, M., Israel, C., Piquer-Rodríguez, M., Gavier-Pizarro, G., Volante, J.N., & Kuemmerle, T. (2017). Deforestation and cattle expansion in the Paraguayan Chaco, 1987–2012. *Regional Environmental Change*, 17(4), 1179–1191. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1109-5.

Bavera, G.A. (2006). *Equivalencias ganaderas*. Course material, School of Agronomy and Veterinary Science, National University of Río Cuarto. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo_sistemas/70-equivalencias_ganaderas.pdf.

Bharati, P., & Fulginiti, L.E. (2007). Institutions and agricultural productivity in Mercosur. In E.C. Teixeira and M.J. Braga (Eds.), *Institutions and economic development* (Chapter 5, pp. 139–170). Viçosa, MG, Brazil: Os Editores.

Bravo-Ureta, B.E., & Evenson, R.E. (1994). Efficiency in agricultural production: The case of peasant farmers in eastern Paraguay. *Agricultural Economics*, 10(1), 27–37. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1994.tb00286.x.

Bravo-Ureta, B. E., & Pinheiro, A. E. (1993). Efficiency analysis of developing country agriculture: A review of the frontier function literature. *Agricultural and Resource Economics Review, 22*(1), 88–101. https://doi.org/10.1017/S1068280500000320

Bravo-Ureta, B. E., Solís, D., Moreira López, V., Maripani, J., Thiam, A., & Rivas, T. (2007). Technical efficiency in farming: A meta-regression analysis. *Journal of Productivity Analysis, 27*(1), 57–72. https://doi.org/10.1007/s11123-006-0025-3

Crespo, A. R. V., Puerta, J. M., Soriano, A., Soldano, M., Corrales, M. E., Reichmann, T., Rabchinsky, G., Ramirez Abarca, N., & Rojas-Asqui, X. (2019). *Country Program Evaluation: Paraguay 2014–2018*. https://doi.org/10.18235/0001634.

Cresta, J. B., Muñoz, G., De Salvo, C. P., & Garcia, A. (2019). *Análisis de políticas agropecuarias en Paraguay: Cuantificación de los apoyos al sector agropecuario 2009–2016* (D. Pérez, Ed.). Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0001587

Dias Avila, A.F., & Evenson, R.E. (2010). Total factor productivity growth in agriculture: The role of technological capital. In R.E. Evenson and P. Pingali (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. 4, pp. 3769–3822). Amsterdam: Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1574-0072(09)04072-9.

Graesser, J., Aide, T.M., Grau, H.R., & Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters*, 10(3), 034017. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017.

Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7(1), 109. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3.

Henderson, J., Godar, J., Frey, G.P., Börner, J., & Gardner, T. (2021). The Paraguayan Chaco at a

crossroads: Drivers of an emerging soybean frontier. *Regional Environmental Change*, 21(3), 90. https://doi.org/10.1007/s10113-021-01804-z.

ILOSTAT (2025). *ILO modelled estimates database (ILOEST)*. https://ilostat.ilo.org/methods/concepts-and-definitions/ilo-modelled-estimates/.

Instituto Nacional de Estadística (2022). *Compendio estadístico del Paraguay*. https://www.ine.gov.py/tabulado/17/compendios-estadisticos.

Larsen, J. (2017). *Agricultural drivers of land use change in Paraguay* (Doctoral dissertation, Duke University). Duke University.

Lema, D., & Gatti, N. (2021). *Agricultural productivity in Paraguay: Stochastic frontier estimation using rural household data*. Asociación Argentina de Economía Política. https://aaep.org.ar/works/works2021b/4485.pdf.

López, C. A., Salazar, L., & De Salvo, C. P. (2017). *Agricultural input subsidies and productivity: The case of Paraguayan farmers*. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0012285

Meeusen, W., & Van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435–444.

Nickson, A., & Lambert, P. (2002). State reform and the "privatized state" in Paraguay. *Public Administration and Development*, 22(2), 163–174. https://doi.org/10.1002/pad.218.

Nin-Pratt, A. (2018). *Agricultural growth, efficiency and family agriculture in Paraguay*. IFPRI Discussion Paper 01747. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. https://ssrn.com/abstract=3230253.

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., Álvarez, L., Bernal Hernandez, S., & Martel, P. (2025). *Productividad agrícola en América Latina y el Caribe (1961-2021): análisis subregional y nacional*. Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0013695

Trindade, F.J., & Fulginiti, L.E. (2015). *Is there a slowdown in agricultural productivity growth in South America? Agricultural Economics*, 46(S1), 69–81. https://doi.org/10.1111/agec.12199.

Wesz Junior, V.J. (2022). Soybean production in Paraguay: Agribusiness, economic change and agrarian transformations. *Journal of Agrarian Change*, 22(2), 317–340. https://doi.org/10.1111/joac.12436.

**Capítulo 10. Argentina**

Aigner, D., Lovell, C.A.K., and Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37.

Censo Nacional Agropecuario (CNA) [National Agricultural Census] (2018). Instituto Nacional de Estadística y Censos. https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-8-87.

de Freitas, C. O., de Figueiredo Silva, F., Braga, M. J., & Neves, M. D. C. R. (2021). Rural extension and technical efficiency in the Brazilian agricultural sector. International Food and Agribusiness Management Review, 24(2), 215-232.

Dias Ávila, A. F., & Evenson, R. E. (2010). Total factor productivity growth in agriculture: The role of technological capital. In R. Evenson & P. Pingali (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. 4, pp. 3769–3822). Academic Press.

INDEC. (2025). Instituto Nacional de Estadística y Censos. https://www.indec.gob.ar/

Färe, R. and D. Primont (1995). Multi-output Production and Duality: Theory and Applications. Boston, Kluwer Academic Publishers.

Fulginiti, L. E., & Trindade, F. (2015). Is there a slowdown in agricultural productivity growth in South America? *Agricultural Economics*, 46, supplement 69–81.

Lema, D. (2016). *Crecimiento y productividad total de factores en la agricultura: Argentina y países del cono sur 1961–2013*. Washington, DC: World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/970151468197997810.

Lema, D., Gallacher, M., Egas Yerovi, J.J., and De Salvo, C.P. (2018). Analysis of agricultural policies in Argentina 2007–2016. Policy Report Series, Inter-American Development Bank, Environment, Rural Development and Risk Management Division. https://publications.iadb.org/publications/english/document/Analysis_of_Agricultural_Policies_in_Argentina_2007%E2%80%932016_en_en.pdf.

Lema, D., & Gatti, N. (2025). An Analysis of Agricultural Efficiency and Productivity in Paraguay: Lessons from Three Decades of Structural Change. Inter-American Development Bank.

Lódola, Agustín, Fernando Morra y Agustín Picón (2019). *Cadenas de valor agroalimentarias. Evolución en el nuevo contexto macroeconómico 2016/2018*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca – Argentina. www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cadenasagroalimentarias-febrero2020.pdf

Nin-Pratt, A., Falconi, C., Ludena, C. E., & Martel, P. (2015). Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: From the lost decade to the commodity boom (IDB Working Paper Series No. 608). Washington, DC: Inter-American Development Bank.

O'Donnell, C. J. (2010). Measuring and decomposing agricultural productivity and profitability change. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 54(4), 527–560.

O'Donnell, C. J. (2011). *DPIN 3.0: A Program for Decomposing Productivity Index Numbers*. University of Queensland, CEPA Working Paper 02/2011.

O'Donnell, C.J. (2012). An aggregate quantity framework for measuring and decomposing productivity change. *Journal of Productivity Analysis*, 38, 255–272. https://doi.org/10.1007/s11123-012-0275-1.

OECD. (2019). Agricultural policies in Argentina. *OECD Food and Agricultural Reviews. Paris: OECD Publishing*. https://doi.org/10.1787/9789264311695-en

OECD. (2024). *Agricultural policy monitoring and evaluation*. Paris: OECD Publishing.

Shephard, R. W. (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton, Princeton University Press.

**Capítulo 11. Uruguay**

Aboal, D., Mondelli, M., and Vairo, M. (2019). Innovation and productivity in agricultural firms: evidence from a country-wide farm-level innovation survey. *Economics of Innovation and New Technology*, 28(6), 616–634.

Aguirre, E. (2022). La variabilidad de la producción ganadera pastoril en Uruguay entre 2005 y 2021. In *Anuario OPYPA 2022* (pp. 549–558). Uruguay: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Alston, J.M., Chan-Kang, C., Marra, M.C., Pardey, P.G., and Wyatt, T.J. (2000). A meta-analysis of rates of return to agricultural R&D: Ex pede Herculem? Research Report 113, International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Alston, J.M., Andersen. M.A., James. J.S. and Pardey, P.G., 2010. Persistence Pays: U.S. Agricultural Productivity Growth and the Benefits from Public R&D Spending. Springer: New York.

Alvarez, S., and Ernst, O. (2024). Impact of cropping systems on soil quality. *European Journal of Agronomy*, 158, 127197. https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127197.

Andersen, M.A. (2019). Knowledge productivity and the returns to agricultural research: a review. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 63(2), 205–220. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12296.

Bervejillo, J.E., Alston, J.M., and Tumber, K.P. (2012). The benefits from public agricultural research in Uruguay. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 56(4), 475–497. https://-doi.org/10.1111/j.1467-8489.2012.00599.x.

Bervejillo, J.E., and Bertamini, F. (2014). *Cambio técnico y crecimiento de la productividad total del sector agropecuario*. In Anuario OPYPA 2014 (pp. 425–436). Uruguay: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Bharati, P., and Fulginiti, L. (2007). Institutions and agricultural productivity in Mercosur. Faculty Publications: Agricultural Economics, 44. https://digitalcommons.unl.edu/ageconfacpub/44.

Coelli, T.J., and Prasada Rao, D.S. (2005). Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000. *Agricultural Economics*, 32 (1), 115-134. https://doi.org/10.1111/j.0169-5150.2004.00018.x

DGF-MGAP (2025). Superficie Forestal del Uruguay (Bosques Plantados) Período 1975–2023. Uruguay: Dirección General Forestal, MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2025-02/Superficie%20Plantado%20Informe%202024.pdf.

DIEA-MGAP (2024). Anuario Estadístico DIEA 2024. Uruguay: DIEA-MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/diea/anuario2024.

DIEA-MGAP. (2019). Anuario Estadístico DIEA 2019. Uruguay: DIEA-MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-diea-2019.

Lachaud, M.A., Bravo-Ureta, B.E., and Ludena, C.E. (2017). Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean in the presence of unobserved heterogeneity and climatic effects. *Climatic Change*, 143, 445–460. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2013-1.

Ludeña, C.E. (2010). Agricultural productivity growth, efficiency change, and technical progress in Latin America and the Caribbean. IDB Working Paper No. IDB-WP-186. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0010939.

MGAP (2025). Uruguay fue clasificado como país de bajo riesgo de deforestación por la Unión Europea. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/uruguay-fue-clasificado-pais-bajo-riesgo-deforestacion-union-europea.

Molfino, J.H. (2013). Potencial Agrícola, algunos cálculos para agricultura en secano. Cangüé, 33, 14-18.

Nin-Pratt, A., Falconi, C., Ludeña, C.E., and Martel, P. (2015). *Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: From the lost decade to the commodity boom*. IDB Working Paper IDB-WP-608. Washington, DC: Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0000217.

Nin-Pratt, A., Freiria, H., and Muñoz, G. (2019). Productivity and efficiency in grassland-based livestock production in Latin America: The cases of Uruguay and Paraguay. IDB Working Paper IDB-WP-1024. Washington, DC: Inter-American Development Bank. http://dx.doi.org/10.18235/0001924.

Salazar, L., Tadeo Ruesta, D.V., and Alvarez, L. (2024). Agricultural productivity in the Latin America and Caribbean region (1961–2021). IDB Technical Note No. IDB-TN-03074. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0013335.

Sotelsek-Salem, D.F., and Laborda-Castillo, L. (2019). Agricultural development and productivity in Latin America: the problem of measurement. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16, 61–83. https://doi.org/10.22231/asyd.v1i1.981.

Trindade, F.J., and Fulginiti, L.E. (2015). Is there a slowdown in agricultural productivity growth in South America? *Agricultural Economics*, 46(S1), 69–81.

## Sección III. Productividad con propósito: construir sistemas agroalimentarios sostenibles

### Capítulo 12. Reevaluar el crecimiento agrícola: presentación de un índice de productividad sostenible para América Latina y el Caribe

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2021. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Systems at Breaking Point (SOLAW 2021).* Rome: FAO. https://doi.org/10.4060/cb7654en

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2024. *FAOSTAT Statistical Database*. Rome: FAO. Accessed August 2024. https://www.fao.org/faostat

Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). 2022. *Food Security in the Caribbean: A Policy Perspective*. Santiago: United Nations, ECLAC. https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48239

O'Donnell, Christopher J. 2022. *How to Build Sustainable Productivity Indexes*. CEPA Working Paper Series WP10/2022, School of Economics, University of Queensland.

United States Department of Agriculture, Economic Research Service (USDA-ERS). 2024. *International Agricultural Productivity (IAP) Database*. Washington, DC: USDA-ERS. Accessed August 2024. https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/

## Sección IV. Generar impacto a través de la evidencia

### Capítulo 13. Impulsar el desarrollo agrícola mediante la evidencia: una década de evaluaciones de impacto del BID en la región

Aramburu, J., Figal Garone, L., Maffioli, A., Salazar, L., and López, C.A. (2019). Direct and spillover effects of agricultural technology adoption programs: Experimental evidence from the Dominican Republic. IDB Working Paper No. IDB-WP-971. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0001742.

Arráiz, I., Calero, C., Jin, S., and Peralta, A. (2015). Planting the seeds: The impact of training on mango producers in Haiti. IDB Working Paper No. IDB-WP-610. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0011702.

Carballo, J., Rodríguez Chatruc, M., Salas Santa, C., & Volpe Martincus, C. (2020). *Online Business Platforms and International Trade*. IDB Working Paper No. IDB-WP-01131. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0002459

Carballo, J., Graziano, A. G., Schaur, G., & Volpe Martincus, C. (forthcoming). *Trade policy meets digital technologies: How digitalization of trade procedures affects firms' exports*. Inter-American Development Bank (IDB) Working Paper.

Corral, L., and Zane, G. (2020). Chimborazo Rural Investment Project: Irrigation component impact evaluation. IDB Technical Note No. IDB-TN-1963. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0002584.

Corral, L., and Zane, G. (2021). Chimborazo Rural Investment Project: Rural roads component impact evaluation. IDB Technical Note No. IDB-TN-2116. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0003046.

Corral, L., Montiel, C., and Schling, M. (2024). Effects of land administration: Evaluation of Ecuador's Rural Land Administration Program, SigTierras. IDB Technical Note No. IDB-TN-3020. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0013245.

González Flores, M., and Le Pommellec, M. (2019). Evaluación de impacto del componente 1 del Programa ambiental de gestión de riesgos de desastres y cambio climático (PAGRICC). IDB Technical Note No. IDB-TN-1670. Washington, DC: IDB. http://dx.doi.org/10.18235/0001719.

Maffioli, A., Gibbons, M. A., and Rossi, M. (2018). Support Program for Small Producers of the Wine Industry in Argentina (PROVIAR) and Provincial Agricultural Services Program (PROSAP). https://doi.org/10.18235/0001230.

Mullally, C., and Maffioli, A. (2014). The Impact of agricultural extension for improved management practices: An evaluation of the Uruguayan Livestock Program. IDB Working Paper No. IDB-WP-485. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0011533.

Mullally, C., Rivas, M., and McArthur, T. (2020). All they're cracked up to be?: The impact of chicken transfers in Guatemala. IDB Working Paper No. IDB-WP-1109. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0002219.

Salazar, L., Bernal Hernández, S., and Miranda Baez, L.E. (2025). *Creation of rural agrifood initiatives. Phase II.* Balduzzi Fiallos, M. S. (Ed.). Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0013588.

Salazar, L., and López, C. A. (2017). PRONAREC Bolivia: National irrigation program with a watershed approach. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0000775.

Salazar, L., Agurto Adrianzen, M., and Alvarez, L. (2023). Estimating the long-term effects of a fruit fly eradication program using satellite imagery. IDB Technical Note No. IDB-TN-1504. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0005056.

Salazar, L., Aramburu, J., González, M., and Winters, P. (2015). Food security and productivity: impacts of technology adoption in small subsistence farmers in Bolivia. IDB Working Paper No. IDB-WP-567. Washington, DC: IDB. http://dx.doi.org/10.18235/0012280.

Salazar, L., Fahsbender, J., and Kim, N. (2018a). Agrifood Support Program (APAGRO). Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0001379.

Salazar, L., Macours, K., Jacquet, B., Gachot, S., Fahsbender, J., Rambao, J., and Gignoux, J. (2018b). *Technology Transfer to Small Farmers Program (PTTA) in Haiti: Implementation, evaluation, and lessons learned* (C.P. De Salvo, Ed.). Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0001100.

Salazar, L., Maffioli, A., Aramburu, J., and Agurto Adrianzen, M. (2016). Estimating the Impacts of a fruit fly eradication program in Peru: A geographical regression discontinuity approach. IDB Working Paper No. IDB-WP-677. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0012282.

Salazar, L., Palacios, A. C., Selvaraj, M., and Montenegro, F. (2021). 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. IDB-WP-1234. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0003604.

Schling, M., and Pazos, N. (2022a). Effective land ownership, female empowerment, and food security: Evidence from Peru. IDB Working Paper No. IDB-WP-1298. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0003902.

Schling, M., and Pazos, N. (2022b). The impact of smart subsidies on agricultural production: innovative evidence from Argentina using survey and remote sensing data. IDB Working Paper No. IDB-WP-1358. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0004352.

Schling, M., Pazos, N., Corral, L., and Inurritegui, M. (2023). The effects of tenure security on women's empowerment and food security: evidence from a land regularization program in Ecuador. IDB Working Paper No. IDB-WP-1298. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0005355.

Schling, M., Saenz Somarriba, M., and Mattos, J.d.D. (2024). Land regularization and technical efficiency in agricultural production: An empirical study in Andean Countries. IDB Discussion Paper No. IDB-DP-1055. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0012945.

Schling, M., Saenz Somarriba, M., De Salvo, C. P., Barbosa, D., Rossini, G., and Galetto, A. (2025a). Evaluación de fondos rotatorios de crédito: evidencia de la cadena lechera argentina. IDB Working Paper No. IDB-WP-1742. Washington, DC: IDB. http://dx.doi.org/10.18235/0013672.

Schling, M., Saenz Somarriba, M., De Salvo, C. P., and Chang Huaita, R. Y. (2025b). Infraestructura de riego y productividad de los viñedos: evidencia mediante teledetección y diferencias en diferencias sintéticas en Argentina. IDB Working Paper No. IDB-WP-1741. Washington, DC: IDB. https://doi.org/10.18235/0013676.

**Capítulo 14. Identificar brechas de evidencia en la investigación sobre productividad agrícola: un mapeo sistemático**

Collaboration for Environmental Evidence (CEE). 2022. *Guidelines and Standards for Evidence synthesis in Environmental Management*. Version 5.1 (AS Pullin, GK Frampton, B Livoreil & G Petrokofsky, Eds) www.environmentalevidence.org/information-for-authors. [10/07/2024]

Farrokhi, F., & Pellegrina, H. S. (2023). Trade, technology, and agricultural productivity. *Journal of Political Economy*, 131(9), 2509-2555.

Holle, M.J.M., Apriyani, V., and Mumbunan, S. (2025). Systematic evidence map of coffee agro-ecosystem management and biodiversity linkages in producing countries. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 11, 100147. https://doi.org/10.1016/j.clcb.2025.100147.

IFPRI. (2023). *AVANZAR 2030: Innovating for Sustainable Agrifood Systems*. International Food Policy Research Institute . https://lac.ifpri.info/2023/01/01/avanzar-2030-lac-food-security-transformation/

Islam, S., Mazariegos, V., Nagarajan, G., and Zaman, L. (2015). Effects of farmer cooperatives on expanding agricultural markets in developing countries: A systematic review. Social Impact and USDA. https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2020-03/ffpr_cooperative_systematic_review_final.pdf.

Ludwig, C., Nagarajan, G., and Zaman, L. (2016). Systematic review of the effects of rural roads on expanding agricultural markets in developing countries. Social Impact and USDA. https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2020-03/-ffpr_roads_systematic_review_final.pdf.

Miller, D.C., Ordoñez, P.J., Brown, S.E., Forrest, S., Nava, N.J., Hughes, K., and Baylis, K. (2019). The impacts of agroforestry on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in low-and middle-income countries: An evidence and gap map. *Campbell Systematic Reviews*, 16(1). https://doi.org/10.1002/cl2.1066.

Nguyen, L., Russ, J., and Triyana, M. (2023). The effect of agricultural input subsidies on productivity: a meta-analysis. Policy Research Working Papers 10399. World Bank. http://hdl.handle.net/10986/39690.

Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A. M., Kinengyere, A., Opazo, C. M., Owoo, N., Page, J.R., Prager, S.D., and Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10), 809–820. https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y.

Salazar, L., Schling, M., Martel, P., Massard, R.P., Haddaway, N., Errington, L., and Savilaakso, S. (2024). Effectiveness of policy interventions that have been implemented to increase agricultural productivity in Latin American and Caribbean regions: A systematic review protocol. *agriRxiv*, 20240463876. https://doi.org/10.31220/agriRxiv.2024.0028.

Wang, Y., Ahmed, M., Raza, S. A., & Ahmed, M. (2023). Threshold nonlinear relationship between renewable energy consumption and agriculture productivity: the role of foreign direct investment and financial inclusion. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(24), 65900-65915.

Anexo 1. Resumen de las características de las publicaciones y principales hallazgos

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Salazar et al. (2018a) | Transferencias de insumos y tecnología: transferencia directa | Nicaragua | DiD + PSM | Programa de Apoyos Productivos Agroalimentarios (APAGRO): los productores recibieron diferentes combinaciones de vacas, cerdos, ovejas y pollos, así como asistencia técnica sobre gestión ganadera y comercialización. | **Productividad:** Producción agrícola: aumento del 60%; ingresos por la venta de ganado: aumento de más del 200%. **Otros:** Consumo doméstico: aumento del 60%; probabilidad de desempoderamiento de las mujeres: disminución del 15%; probabilidad de desequilibrio de género: disminución del 18%; ingesta de proteínas: aumento del 12%; consumo de alimentos: aumento del 11%. | *Apoyos Productivos Agroalimentarios (APAGRO).* | |
| Mullally et al. (2019) | Transferencias de insumos y tecnología: transferencia directa | Guatemala | RCT | Programa de Recuperación del Capital Natural de la Región del Corredor Seco: suministro de variedades de pollos de cuello desnudo a cambio de completar un programa de extensión avícola. | **Productividad:** Sin efectos significativos en la producción ni en la venta de huevos. **Otros:** No se detectaron efectos en los indicadores de consumo alimentario de los hogares; se observaron efectos positivos significativos en los indicadores antropométricos de las niñas: reducción del retraso en el crecimiento en 23,5 puntos porcentuales y del retraso grave en el crecimiento en 14 puntos porcentuales. | *¿Son tan buenos como dicen?: el impacto de las transferencias de pollos en Guatemala.* | |
| Aramburu et al. (2019) | Transferencias de insumos y tecnología: vales. | República Dominicana | RCT (asignación aleatoria en dos etapas) | PATCA II: bonos no reembolsables para financiar una parte (33%-59%) de una tecnología agrícola elegida por el agricultor, incluida la asistencia técnica. Tecnologías evaluadas: i) tecnologías mejoradas para pastos y ii) tecnologías modernas de riego. | **Productividad/producción:** los pastos mejorados aumentaron los ingresos agrícolas en un 627% a lo largo del tiempo (significatividad de solo el 10%); un mes adicional de exposición se asoció con un aumento del 14% en los ingresos; el riego tuvo efectos negativos iniciales en los ingresos agrícolas. **Otros:** aumento de la adopción de tecnología (entre un 62% y un 68%); el riego se asoció con un cambio en la cartera de cultivos (de cultivos temporales a permanentes); efectos indirectos limitados. | *Efectos directos e indirectos de los programas de adopción de tecnología agrícola: evidencia experimental de la República Dominicana (PATCA II).* | |

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Salazar et al. (2015) | Transferencias de insumos y tecnología: programa de vales | Bolivia | Modelo IV utilizando la distancia a los eventos de distribución de vales | CRIAR: bonos no reembolsables que cubren el 90% del coste de las tecnologías elegidas por los productores y la asistencia técnica. | **Productividad:**<br><br>Valor anual de la producción por hectárea: aumento del 92%; ingresos agrícolas netos anuales de los hogares: aumento del 36%.<br><br>**Otros:**<br><br>Probabilidad de que un hogar tenga seguridad alimentaria: aumento del 32%; la distancia a los eventos reduce considera-blemente la probabilidad de participación. | *Seguridad alimentaria y productividad: repercusio-nes de la adopción de tecnología en los pequeños agricultores de subsistencia de Bolivia.* | Salazar, Lina, Julián Aramburu, Mario González-Flores, and Paul Winters.<br><br>*"Sowing for food security: A case study of smallholder farmers in Bolivia."*<br><br>**Food Policy** 65 (2016): 32-52. |
| Salazar et al. (2018b) | Transferencias de insumos y tecnología: cupones | Haití | Evaluaciones múltiples; ensayos controlados aleatorios y modelos de mercado simulados | PTTA: subsidios inteligentes para proporcionar a los agricultores vales para diversos insumos (semillas, plántulas, fertilizantes, tareas laborales) y paquetes tecnológicos para la agrosilvicultura. | **Productividad:**<br><br>Los subsidios para paquetes técnicos agroforestales aumentaron el valor total de la producción agrícola en un 38% y las ganancias en un 63%; los vales inteligentes para la producción de arroz, horticultura y maní no tuvieron una diferencia significativa en las variables de productividad ni un impacto negativo significativo, lo que los autores atribuyen a factores como las crisis climáticas, los desafíos de implementación y las brechas de información que influyeron en las decisiones de inversión.<br><br>**Otros:**<br><br>No se observaron diferencias significativas en la seguridad alimentaria. | *Programa de Transferen-cia de Tecnología a Pequeños Agricultores (PTTA) en Haití: implemen-tación, evaluación y lecciones aprendidas.* | |
| González Flores and Le Pommellec (2019) | Transferencias de insumos y tecnología: cupones | Nicaragua | DiD + PSM | PAGRICC: bonos para subvencionar paquetes tecnológicos y asistencia técnica para establecer sistemas agroecológicos. | **Productividad:**<br><br>Valor de la producción por hectárea: aumento de US$ 195 por hectárea.<br><br>**Otros:**<br><br>Aumento de la cobertura arbórea (22 plantas y 3 hectáreas); aumento del número de plantas gestiona-das con prácticas de ecoforestería (1.045 plantas); aumento de los recolectores de agua de lluvia (del 34% al 44%); aumento del volumen de agua recogida (204 $m^3$); aumento del número de prácticas productivas adoptadas. | *Evaluación de impacto del componente 1 del Programa Ambiental de Gestión de Riesgos de Desastres y Cambio Climático (PAGRICC)* | |

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Schling and Pazos (2022b) | Transferencias de insumos y tecnología: cupones | Argentina | IPW and NDVI | PRODAF: subsidios inteligentes y asistencia técnica para la adopción de tecnologías sostenibles (PRODAF). | **Productividad:** Impactos positivos y estadísticamente significativos en los rendimientos solo para la cadena de valor de los cítricos, con efectos más notables a los 2-3 años; los efectos en otras cadenas de valor no son estadísticamente significativos en la mayoría de las estimaciones. **Otros:** Adopción de tecnología: aumento de 21 p.p.; acceso al crédito: aumento de 47 p.p.; costos laborales para los productores lácteos: disminución. | *El impacto de los subsidios inteligentes en la producción agrícola: evidencia innovadora de Argentina utilizando datos de encuestas y teledetección* | |
| Salazar et al. (2021) | Transferencias de insumos y tecnología— Cupón | República Dominicana | Metodología DiD + estudio de eventos; NDVI + OSAVI | PATCA II: vale para adquirir tecnología de riego moderna. | **Productividad:** Efectos efectos dinámicos sobre la productividad, con un aumento de los índices de vegetación a partir del tercer año (NDVI y OSAVI utilizados como indicadores de la productividad); las diferencias entre el tratamiento y el control se disipan en años posteriores, posiblemente debido a los efectos indirectos. **Otros:** Las pruebas sugieren efectos indirectos en las comunidades vecinas. | *Uso de imágenes satelitales para medir la productividad de los cultivos: evaluación del impacto a largo plazo de un programa aleatorio de adopción de tecnología en la República Dominicana.* | |
| Schling et al. (2025b) | Transferencias de insumos y tecnología: crédito | Argentina | DiD sintético | Fondo rotatorio de préstamos para asociaciones de pequeños productores lecheros. El fondo proporciona líneas de crédito a corto plazo para cubrir la compra de insumos (piensos, productos veterinarios, etc.) y líneas de crédito a largo plazo para inversiones de capital (equipos, infraestructura, etc.). | **Productividad:** No se informaron los efectos; los créditos para insumos variables no mostraron un efecto significativo en la producción lechera; los créditos utilizados para inversiones de capital aumentaron la producción en un 17,2 % el año siguiente a la recepción del crédito; los préstamos de inversión más grandes tuvieron efectos positivos en la producción durante los tres años siguientes a la recepción del crédito (entre el 11 % y el 17,4 %). **Otros:** N/A | *Evaluación de fondos rotatorios de crédito: evidencia de la cadena lechera argentina.* | |

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Salazar, et al. (2025) | Transferencias de insumos y tecnología: vales | Bolivia | Aleatorización en dos fases a nivel geográfico y comunitario con medición del efecto indirecto. | CRIAR II: Apoyo apoyo financiero no reembolsable para cubrir el costo de una tecnología agrícola elegida por el productor y asistencia técnica. | **Productividad:** Aumento del valor de la producción para los beneficiarios directos (US$ 946 ) y los beneficiarios indirectos (US$ 466).<br><br>**Otros:**<br><br>Aumento de los ingresos familiares de los beneficiarios directos (US$1.691) y los beneficiarios indirectos (US$528); mayor probabilidad de adopción de tecnología por parte de los beneficiarios directos (+64 p.p.) y los beneficiarios indirectos (+14 p.p.); mayor diversificación de cultivos entre los beneficiarios directos. | *CRIAR II: Creación de iniciativas agroalimentarias rurales (Fase II).* | |
| Corral and Zane (2021) | Infraestructura rural: carreteras rurales | Ecuador | DiD y PSM | Proyecto de inversión rural de Chimborazo: mejora de las carreteras rurales. | **Productividad:** No se observó ningún efecto estadísticamente significativo sobre la productividad agrícola, los ingresos o las inversiones.<br>**Otros:** Reducción del tiempo y los costos de desplazamiento; mejora de los resultados en materia de salud; aumento de la matriculación en la educación secundaria en edades de transición cruciales (13 y 18 años). | *Proyecto de inversión rural en Chimborazo: evaluación del impacto del componente de carreteras rurales.* | |
| Maffioli, Gibbons, and Rossi (2018) | Infraestructura rural: riego<br><br>Transferencia de insumos y tecnología: bonos | Argentina | DiD (largo plazo: 12 años) | PROSAP: Construcción de canales de riego<br><br>PROVIAR: Distribución de vales para que los viticultores compren insumos para la elaboración de vino, como redes resistentes al granizo, madera y alambre.<br><br>Algunos productores recibieron tanto PROVIAR como PROSAP. | **Productividad:**<br><br>PROVIAR: producción: aumento del 9,4 %; productividad: aumento del 7,7 %.<br><br>PROSAP: producción: aumento del 4,2 %; productividad: aumento del 4,6 %.<br><br>PROVIAR+PROSAP: producción total: aumento del 16,6 %; productividad: aumento del 16 %.<br><br>**Otros:**<br><br>N/A. | *Programa de Apoyo a Pequeños Productores Vitivinícolas en Argentina (PROVIAR) y Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP).* | |

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Corral and Zane (2020) | Infraestructura rural: riego | Ecuador | DiD | Proyecto de inversión rural Chimborazo: Rehabilitación rehabilitación de sistemas de riego en comunidades indígenas de las tierras altas; creación de asociaciones para el uso del agua; asistencia técnica centrada en la gestión del agua. | **Productividad:**<br>Rendimiento general de los cultivos: aumento aproximado del 33 %; los efectos sobre los ingresos agrícolas fueron positivos, pero no estadísticamente significativos.<br>**Otros:**<br>Porcentaje de parcelas irrigadas: 10 p.p.; disminución de las ventas de cultivos (lo que sugiere un aumento del autoconsumo); reducción de la inseguridad alimentaria. | *Proyecto de inversión rural de Chimborazo: evaluación del impacto del componente de riego.* | |
| Salazar and López (2017) | Infraestructura rural: riego | Bolivia | PSM | PRONAREC: Infraestructura pública de riego para uso de asociaciones de usuarios del agua; asistencia técnica. | **Productividad:**<br>Sin efectos estadísticamente significativos en los rendimientos; valor de la producción agrícola: aumento del 60% al 70%; ingresos totales de los hogares: aumento del 35% al 45%.<br>**Otros:**<br>Gasto en equipos de riego: aumento del 100% al 160%; uso de semillas certificadas: aumento del 80% al 90%; acceso al mercado: mejora del 20% al 30%. | *PRONAREC Bolivia: Programa Nacional de Riego con Enfoque de Cuenca.* | |
| Schling et al. (2025a) | Infraestructura rural: riego | Argentina | DiD sintético, PSM e IPW sobre NDVI (evaluación del impacto a largo plazo) | PROSAP III: Rehabilitación de canales de riego (infraestructura pública) en la provincia argentina de San Juan, productora de vino. | **Productividad:**<br>Impacto positivo en el volumen de producción de uvas: aumento del 31,4 % al 53,2 %; rendimiento: aumento del 0,93 % al 1 %, con impactos cada vez más fuertes con el paso del tiempo.<br>**Otros:**<br>Reducción de la probabilidad de que los agricultores informen de pérdidas relacionadas con el riego; aumento de la superficie con riego eficaz. | *Infraestructura de riego y productividad de los viñedos: evidencia mediante teledetección y diferencias en diferencias sintéticas en Argentina (PROSAP III).* | |

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Schling et al. (2024) | Regularización y administración de tierras | Bolivia, Ecuador, Perú | PSM y SPF | Tres programas nacionales de seguridad de la tenencia de tierras que proporcionaron títulos de propiedad formales a los pequeños agricultores.<br><br>Bolivia: Programa de Gestión de Tierras para el Desarrollo Rural Sostenible<br><br>Ecuador: Programa SigTierras (en Ecuador)<br><br>Perú: PTRT | **Productividad:**<br><br>Los niveles de eficiencia técnica de los agricultores con títulos legales fueron un 38,6 % superiores a los de los que carecían de títulos (los efectos variaron según el país).<br><br>**Otros:**<br><br>Mayor acceso al crédito; aumento de las inversiones productivas. | *Regularización de tierras y eficiencia técnica: un estudio empírico en los países andinos.* | Schling, Maja, Magaly Saenz Somarriba, Juan de Dios Mattos, Rodrigo Chang Huaita. *"Land regularization and technical efficiency in agricultural production: An empirical study in Andean countries."* **Rural Studies** 121 (2026): 103912 |
| Corral et al. (2024) | Regularización y administración de tierras | Ecuador | DiD e IPW | SigTierras:<br><br>Cartografía catastral para mejorar la seguridad de la tenencia de tierras en Ecuador. | **Productividad:**<br><br>No se observaron efectos estadísticamente significativos en los ingresos procedentes de los cultivos o la ganadería.<br><br>**Otros:**<br><br>Aumento de los ingresos totales de los hogares; aumento de los salarios agrícolas; sin efectos sobre la percepción de la seguridad de la tenencia; sin efectos sobre los conflictos por la tierra; sin efectos sobre el uso de insumos. | *Efectos de la administración de tierras: evaluación del Programa de Administración de Tierras Rurales (SigTierras) de Ecuador.* | |
| Schling et al. (2023) | Regularización y administración de tierras | Ecuador | DiD e IPW | SigTierras:<br><br>Cartografía catastral en el marco del programa de administración de tierras rurales en Ecuador (incluida la titulación conjunta). | **Productividad:**<br>N/A<br>**Otros:**<br>Los mapas catastrales con titulación conjunta dieron lugar a una mayor seguridad alimentaria y a cambios en las carteras de producción hacia cadenas de valor más altas y con mayor valor nutricional; aumentaron los salarios de las mujeres fuera del sector agrícola y el tiempo dedicado a actividades no agrícolas; aumentó la inversión en negocios de mujeres. | *Los efectos de la seguridad de la tenencia sobre el empoderamiento de las mujeres y la seguridad alimentaria: evidencia de un programa de regularización de tierras en Ecuador.* | Schling, Maja, Nicolás Pazos, Leonardo Corral, and Marisol Inurritegui. "*The effects of increasing tenure security on women's empowerment and food security: Evidence from Ecuador.*" **Land Use Policy** 158 (2025): 107695. |
| Schling and Pazos (2022a) | Regularización y administración de tierras | Perú | Variable instrumental | PTRT: Propiedad efectiva (autodeclarada) de tierras por parte de las mujeres. | **Productividad:**<br>N/A<br>**Otros:**<br>La propiedad informal de tierras por parte de las mujeres aumentó la diversidad de cultivos, redujo el tiempo dedicado al trabajo agrícola y mejoró la seguridad alimentaria de los hogares en 20 puntos porcentuales. | *Propiedad efectiva de tierras, empoderamiento de las mujeres y seguridad alimentaria: evidencia de Perú.* | Schling, Maja, and Nicolás Pazos. *"Effective land ownership, female empowerment, and food security: Evidence from Peru."* **World Development** 181 (2024): 106680. |

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Salazar et al. (2017) | Salud animal y vegetal | Perú | Regresión geográfica discontinua | Programa de erradicación de la mosca de la fruta: programa múltiple que incluye asistencia técnica para la erradicación de plagas, instalación de trampas para moscas de la fruta, aplicación de pesticidas contra moscas de la fruta, liberación de moscas macho estériles para impedir la reproducción e implementación de centros de cuarentena. | **Productividad:**<br><br>Aumento de la productividad y las ventas de los cultivos frutales.<br><br>**Otros:**<br><br>Mejora de los conocimientos de los agricultores sobre los puestos y adopción de prácticas de prevención. | *Estimación de los impactos de un programa de erradicación de la mosca de la fruta en Perú: un enfoque de regresión geográfica discontinua.* | Salazar, Lina, Julian Aramburu, Marcos Agurto, Alessandro Maffioli, and Jossie Fahsbender. *"Sweeping the flies away: evidence from a fruit fly eradication program."* **European Review of Agricultural Economics** 47, no. 5 (2020): 1920-1962. |
| Salazar et al. (2023) | Salud animal y vegetal | Perú | Discontinuidad de regresión y NDVI durante 10 años, regresión cuantílica | Programa de erradicación de la mosca de la fruta: programa múltiple que incluye asistencia técnica para la erradicación de plagas, instalación de trampas para moscas de la fruta, aplicación de pesticidas contra moscas de la fruta, liberación de moscas macho estériles para impedir la reproducción y puesta en marcha de centros de cuarentena. | **Productividad:**<br><br>Aumento del 12 % al 49 %, con incrementos de la productividad a lo largo del tiempo.<br><br>**Otros:**<br><br>Los agricultores más productivos experimentaron los mayores aumentos de productividad. | *Estimación de los efectos a largo plazo de un programa de erradicación de la mosca de la fruta mediante imágenes satelitales.* | |
| Mullally and Maffioli (2014) | Servicios de extensión y desarrollo de capacidades: extensión | Uruguay | IPW (largo plazo: 8 años) | ULP: Programa de extensión para mejorar las prácticas de gestión ganadera. | **Productividad:**<br><br>Aumento de la producción de terneros (11,36 y 15,3 terneros) y de las ventas netas (4,35 terneros).<br><br>**Otros:**<br><br>Las ventas netas de terneros aumentaron en 4,35 de media; el análisis de la TIR sugiere efectos modestos | *El impacto de la extensión agrícola para mejorar las prácticas de gestión: una evaluación del Programa Ganadero Uruguayo.* | Mullally, Conner, and Alessandro Maffioli. *"Extension and matching grants for improved management: An evaluation of the Uruguayan livestock program."* **American Journal of Agricultural Economics** 98, no. 1 (2016): 333-350. |
| Arráiz et al. (2015) | Servicios de extensión y desarrollo de capacidades: asociatividad | Haití | DiD + PSM | Proyecto Haiti Hope: creación de grupos empresariales de productores para la producción de mango, formación en la producción y comercialización del mango, promoción de la variedad de mango *Francique* (variedad de exportación). | **Productividad:**<br><br>No se han producido cambios significativos en la producción ni en las ventas.<br><br>**Otros:**<br><br>Aumento del número de árboles de Francique (variedad de exportación) plantados; mayor adopción de varias prácticas mejoradas (por ejemplo, cercado de parcelas, poda de árboles); disminución del uso de intermediarios; mayor participación en grupos empresariales de productores; nota del autor sobre el breve plazo. | *Sembrando las semillas: El impacto de la formación en los productores de mango de Haití.* | |

| Publicación | Categoría | País | Metodología | Nombre y descripción del programa | Principales conclusiones | Título de la publicación | Publicado adicionalmente en una revista revisada por pares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Carballo et al. (2018) | Servicios de extensión y desarrollo de capacidades | Perú | DiD | ConnectAmericas: plataforma B2B en línea creada expresamente para fomentar el comercio entre países. | **Productividad:** El uso de la plataforma dio lugar a un aumento de las exportaciones. **Otros:** Mayor visibilidad de las empresas ante los compradores extranjeros, incluso si no buscan activamente oportunidades de negocio en la plataforma. | *Plataformas comerciales en línea y comercio internacional* | Carballo, J., Chatruc, M. R., Santa, C. S., & Martincus, C. V. (2022). *Online business platforms and international trade.* **Journal of International Economics,** *137*, 103599. |
| Carballo et al. (de próxima publicación) | Servicios de extensión y desarrollo de capacidades | Costa Rica | DiD escalonado | Digitalización de documentos comerciales (ESW)*: solicitud y emisión en línea de permisos y certificados relacionados con el comercio a través de un único sitio web. | **Productividad:** La digitalización aumentó las exportaciones a nivel de implementación, tanto en los márgenes intensivos como extensivos de las empresas. **Otros:** Las empresas que utilizaron los procedimientos digitalizados exportaron más y con mayor frecuencia que las empresas no tratadas. El efecto fue más pronunciado en las empresas más pequeñas ubicadas en regiones no centrales y en destinos que también cuentan con ESW operativos. | *La política comercial se une a las tecnologías digitales: cómo la digitalización de los procedimientos comerciales afecta a las exportaciones de las empresas* | |

Notas: RCT = ensayo controlado aleatorio; DiD = diferencia en diferencias; PSM = emparejamiento por puntuación de propensión; IV = variables instrumentales; IPW = ponderación por probabilidad inversa; NDVI = índice de vegetación de diferencia normalizada; OSAVI = índice de vegetación optimizado ajustado al suelo; SPF = frontera de producción estocástica; B2B = empresa a empresa; *ESW = ventanilla única electrónica. A menos que se especifique lo contrario, los resultados clave son estadísticamente significativos al nivel del 5 %.

BID
Mejorando vidas