

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN  
COLOMBIA**

**SOFIA VANESSA DIMAS BARRETO**

**JOHANA PAOLA GAITAN PRADA**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
ECONOMISTA**

**DIRECTOR**

**JOSE GARCIA GUZMAN**

**ECONOMISTA**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

**PROGRAMA DE ECONOMÍA**

**BOGOTÁ D. C.**

**2024**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

**Nombre**  
**Firma del director**

---

**Nombre**  
**Firma del Presidente Jurado**

---

**Nombre**  
**Firma del Jurado**

---

**Nombre**  
**Firma del Jurado**

Bogotá D.C. febrero de 2024

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectoría Académica

Dr. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectoría de Investigaciones y Extensión

Dr. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Director del Programa

Dr. Mauricio García Garzón

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios, por hacer de mi una mujer fuerte y valiente; Por darme fuerzas en los momentos que quise desistir. A mi madre por ser mi guía y mi compañera a lo largo de mi vida. Gracias mamá y papá por los valores que me inculcaron desde pequeña, hoy estoy a un paso de ser profesional. A mi novio por sus palabras de aliento que me ayudaron a continuar en los momentos en los que sentí que no podía. Y gracias a mi fiel amiga Paola Gaitan por su lealtad, su hermandad y por acompañarme en este camino hasta el final.

**Sofia Dimas Barreto.**

Dedico esta obra a Dios, a quien agradezco por ser mi fuente de fortaleza en los desafíos de mi carrera. Su impulso constante que me ha permitido superar obstáculos y perseverar en mi camino hacia el conocimiento. Asimismo, expreso mi profunda gratitud hacia mis padres, quienes han sido un ejemplo de rectitud, sacrificio y devoción a lo largo de mi vida. Su amor incondicional y apoyo constante han sido pilares fundamentales que han guiado mis pasos y me han inspirado a alcanzar mis metas. Esta obra es un modesto homenaje a su dedicación y un reflejo de la influencia positiva que han tenido en mí.

Además, deseo expresar mi reconocimiento a mis amigos, docentes y en especial a mi amiga Sofía Dimas. Su respaldo mutuo y su aliento fueron esenciales para llevar a cabo esta investigación. A todos ellos, les estoy profundamente agradecido por su contribución a mi formación académica y personal. Que este trabajo sea un testimonio de la importancia del apoyo y la colaboración en el camino hacia el conocimiento y el crecimiento personal.

**Johana Gaitan Prada.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento hacia nuestro guía, el profesor José García Guzmán, por su incansable dedicación, colaboración inigualable, entrega inquebrantable y paciencia sin límites. Sin sus sabias palabras y precisas correcciones, habría sido imposible alcanzar este preciado logro. Nos sentimos profundamente agradecidas por su constante orientación y valiosos consejos, los cuales no solo nos han llevado hacia nuestro objetivo, sino que también nos han enseñado que un tutor puede convertirse en un amigo entrañable. Esta lección quedará grabada para siempre en nuestros recuerdos más preciados y en lo más profundo de nuestros corazones.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>MARCO REFERENCIAL</b>	<b>15</b>
MARCO TEÓRICO	15
MARCO CONCEPTUAL	17
MARCO LEGAL	19
<b>1.EVOLUCIÓN DE LA AGRICULTURA EN COLOMBIA: DESDE LA COLONIA HASTA LA ACTUALIDAD</b>	<b>21</b>
1.1 De la conquista a la Independencia	21
1.2 El siglo XIX	21
1.3 Primera mitad del siglo XX	22
<i>1.4.1 Evolución de la economía y cambios en la estructura económica</i>	23
<i>1.4.2 La visión sobre la agricultura en los Planes de Desarrollo</i>	24
<i>1.4.3 evolución de la política comercial y cambiaria</i>	25
<i>1.4.4 Agricultura y protección</i>	26
1.5 Las dos primeras décadas del siglo XXI	27
<b>2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO</b>	<b>29</b>
2.1. Productividad en el sector agrícola	29
2.2 Caracterización del sector agrícola en Colombia	30
2.3 Uso y cobertura del suelo	33
2.4 Caracterización de las Unidades de Producción Agropecuaria	33
2.6Maquinaria y Asistencia Técnica en Áreas Rurales	38
<i>2.6.1 Maquinaria Agropecuaria:</i>	38
2.7 Asistencia Técnica	39
2.8 Financiamiento	40
2.9 Mano de Obra	42
<b>3.RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO Y LA ADECUACIÓN DE TIERRAS.....</b>	<b>44</b>
3.1 Aspectos metodológicos	44

3.2 Interacción entre MCO y Cobb-Douglas	45
3.3 Especificación de los modelos	46
3.4 Modelo econométrico MCO	46
3.5 Resultados y hallazgos	49
3.6 R-cuadrado y Ajuste del Modelo	50
3.7 Fronteras estocásticas	50
3.8 Recomendaciones de política	52
<b>4.CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>61</b>



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. <i>Evolución De Cobertura De Distritos de riego</i></b>	<b>31</b>
<b>Figura 2. <i>Proporción De hectárea Con Potencial De Irrigación</i></b>	<b>32</b>
<b>Figura 3. <i>Empleo De la Agricultura</i></b>	<b>33</b>
<b>Figura 4. <i>Distribución De Unidades productora por tamaño (Hectáreas)</i></b>	<b>34</b>
<b>Figura 5. <i>Tenencia De La Tierra</i></b>	<b>35</b>
<b>Figura 6. <i>Autoconsumo</i></b>	<b>36</b>
<b>Figura 7. <i>Construcción</i></b>	<b>37</b>
<b>Figura 8. <i>Riego</i></b>	<b>38</b>
<b>Figura 9 <i>Maquinaria</i></b>	<b>39</b>
<b>Figura 10 <i>Asistencia Técnica</i></b>	<b>40</b>
<b>Figura 11 <i>Solicitud De Crédito</i></b>	<b>41</b>
<b>Figuras 12. <i>Aprobación De Crédito</i></b>	<b>42</b>
<b>Figura 13 <i>Trabajadores Permanentes Por Sexo</i></b>	<b>43</b>
<b>Figura 14 <i>Trabajadores Permanentes Por Pertenencia</i></b>	<b>43</b>
<b>Figura 15 <i>Dispersión de cantidad de riego y dispersión</i></b>	<b>49</b>
<b>Figura 16 <i>Evolución De La cobertura De Distritos De Riego En Colombia</i></b>	<b>52</b>
<b>Figura 17. <i>Proporción de hectárea con potencial irrigación</i></b>	<b>53</b>

## RESUMEN

La eficiencia técnica del sector agrícola ha sido objeto de extensos estudios desde varias perspectivas. Este trabajo comienza revisando teorías y literatura sobre el tema, ofreciendo un panorama histórico del desarrollo agrícola en Colombia desde la época colonial hasta hoy. Los datos para este trabajo son del tercer censo nacional agropecuario 2014 diseñado por el DANE con vigencia de 20 años. Posteriormente, se usa una regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios para estimar las funciones de producción agrícola (Cobb-Douglas) en los municipios colombianos y un modelo de Fronteras Estocásticas para estimar la eficiencia técnica promedio del sector, encontrando que esta es del 58%, lo que refleja elevados niveles de ineficiencia y oportunidades desaprovechadas para aumentar la productividad. Los hallazgos empíricos indican que el riego y la adecuación de tierras son los factores de capital más cruciales para la producción agrícola, mostrando significancia estadística de al menos el 5%. Por ello, se sugiere implementar políticas para expandir la irrigación, especialmente en la región de la Orinoquía.

Palabras clave: Tierra, agricultura, Eficiencia Técnica, Sistemas de Riego, Bienes Públicos

## INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de Colombia lo posiciona como el segundo país con mayor biodiversidad mundial, el tercero en términos de recursos hídricos y cuarto en tierras disponibles para agricultura en Latinoamérica. De su superficie continental, el 35%, o 40.075.960 hectáreas, es apta para actividades agrícolas, ganaderas, forestales, de acuicultura y pesca, según la UPRA o Unidad de Planeación Agropecuaria (2018). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y el Desarrollo (2018) proyecta que la producción alimentaria mundial deberá incrementarse en un 70% para 2050. Dado esto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y el Desarrollo (FAO) ve a Colombia con la capacidad de ser un importante proveedor alimentario global. Sin embargo, sólo el 20% de estas tierras, o 7.601.567 hectáreas, están siendo cultivadas (UPRA, 2018).

En 2015, se lanzó “Colombia siembra” (DANE, 2018), un programa vigente hasta 2018, que promueve el cultivo de ciertos productos mediante incentivos y subsidios. López (2016) menciona que este programa facilitó la adquisición de maquinaria para el desarrollo agrícola. Esto propició que ciertos productos satisficieran la demanda interna y otros se convirtieran en exportables. En los años subsecuentes, empresas como Olam International, Fedepapa, Augura y Clavecol emergieron y se consolidaron en el panorama agrícola colombiano. A pesar de estas iniciativas y del hecho de que Colombia exporta cerca de 560,000 toneladas de café anualmente, que representa alrededor del 85% de su producción (Banco de la República, 2019), el sector primario solo contribuyó con el 12,9% del PIB en 2020.

Estas cifras destacan la importancia del sector agrícola en la economía colombiana. No obstante, existen obstáculos significativos para que Colombia alcance el potencial agrícola que la FAO visualiza. Estos retos se pueden clasificar en problemas agrarios y de distribución de tierras, y en desafíos relacionados con bienes públicos y herramientas de capitalización. Es evidente que el sector agrícola tiene un papel crucial en la economía de Colombia (Ocampo, 2014).

A pesar de su relevancia, todavía enfrenta múltiples desafíos en áreas sociales, económicas y políticas. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis profundo para identificar las variables que afectan su competitividad y contribución al PIB, proporcionando así información valiosa para la creación de políticas y estrategias efectivas.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación tiene como objetivo contribuir al entendimiento del papel de los bienes de capital en la producción agrícola en Colombia y proporcionar una base sólida para la toma de decisiones que promueva el desarrollo sostenible del sector. A medida que avancemos en esta tesis, se explorarán en detalle los diferentes bienes de capital y se ofrecerán conclusiones y recomendaciones que puedan fomentar mejorar significativamente la agricultura colombiana.

*¿Cuál es el bien de capital con mayor impacto en la producción agrícola en Colombia?*

## **HIPÓTESIS**

Los distritos de riego son el bien de capital con mayor impacto en la producción agrícola en Colombia.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Encontrar cuál es el mejor bien de capital para mejorar la eficiencia técnica de la agricultura en Colombia.

### **Objetivos específicos**

- Entender cómo los bienes de capital han afectado la producción agrícola a lo largo de la historia de Colombia.
- Caracterizar los bienes de capital más importantes que impactan el rendimiento agrícola.
- Realizar un análisis econométrico sobre los factores productivos en la agricultura colombiana, con especial énfasis en los de capital para estimar el efecto en la producción de cada uno de ellos y encontrar el más relevante.

## MARCO REFERENCIAL

### Marco teórico

La política agrícola en Colombia se caracterizó por un énfasis en los subsidios de precios como reacción estatal a las presiones políticas de gremios y asociaciones de productores. Esto, sumado a otras problemáticas como los conflictos de tierras y condiciones internacionales adversas, incentivó una ineficiente asignación de recursos en el sector y un desaprovechamiento del potencial, que, según la FAO, podría convertir a Colombia en una de las cinco despensas para el mundo por su ubicación y disponibilidad de recursos (FAO, 2016). Para contribuir a resolver esa deficiencia de política, así como empezar a saldar la deuda histórica con el campo colombiano, surgió la Misión para la Transformación del Campo liderada por el economista José Antonio Ocampo, en colaboración con el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Esta Misión tuvo dentro de sus tres pilares:

*“La necesidad de promover un desarrollo rural competitivo y ambientalmente sostenible basado, ante todo, en la provisión adecuada de servicios y bienes públicos que faciliten el desarrollo de actividades tanto agropecuarias como no agropecuarias”* (DNP, 2016).

Así, se configura con la Misión para la Transformación del Campo, una nueva y consensuada visión de capitalización, bienes públicos e impulso a la productividad, en contraposición a la de subsidios cortoplacistas. Esta es la teoría sobre la que se sustenta la presente investigación: la política industrial moderna defendida en ese documento y con exponentes como Dani Rodrik (2023) o Ha-Joon Chang (2023), desde la que se defiende una intervención del Estado en la Economía a través de la provisión de bienes públicos y la generación de capacidades productivas con miras al desarrollo sostenido y de largo plazo.

Las variables seleccionadas posteriormente se estimaron en un modelo de regresión lineal de Mínimos Cuadrados Ordinarios con una función de producción Cobb-Douglas y un modelo estocástico de producción.

Bajo el supuesto de que la relación funcional entre los insumos mencionados y el nivel de producción obedece a un modelo de Cobb-Douglas, en su forma estocástica, se expresa como:

$$Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} e^{u_i}$$

donde:

Y = producción

X<sub>2</sub> = insumo trabajo

X<sub>3</sub> = insumo capital

u = término de perturbación estocástico

e = base del logaritmo natural

De la ecuación anterior se evidencia que la relación entre la producción y los dos insumos no son lineales. En este sentido, se procedió a transformar el modelo mediante la función logaritmo.

$$\begin{aligned} \ln y_i &= \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i \\ &= \beta_0 + \beta_2 \ln FBKF_{2i} + \beta_3 \ln PEA_{3i} + u_i \end{aligned}$$

Se decidió emplear este enfoque práctico debido a su alta utilización entre los especialistas en economía agrícola (Mundlak, 2001). Esto se debe a la facilidad de interpretar los resultados de los parámetros calculados, ya que una transformación simple usando logaritmos convierte la función en una forma lineal. Además, se respalda por numerosos estudios previos que han explorado el uso de la función de producción en el ámbito agrícola (Biddle, 2011).

En el mismo sentido, se utilizaron herramientas econométricas dentro del programa STATA para llevar a cabo el análisis, la interpretación y la exposición del modelo propuesto. Los parámetros fueron estimados mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Dado que la investigación se enmarca en un estudio de corte transversal, se realizó una evaluación de la validez del modelo a través de diferentes pruebas econométricas, tales como la verificación de la normalidad, la multicolinealidad, la heterocedasticidad y la autocorrelación, así como la consideración de la presencia de economías de escala teniendo en cuenta el modelo estocástico de producción.

Un proceso estocástico es una familia de variables aleatorias  $\{X_\theta\}$ , donde el parámetro  $\theta$  se extrae de un conjunto de índices  $\Theta$ . Por ejemplo, digamos que el conjunto de índices es «tiempo». Para un proceso continuo, las variables aleatorias se denotan por  $\{X_t\}$ , y para un



proceso discreto se denotan por  $\{X_n\}$ . “Tiempo” es uno de los conjuntos de índices más comunes; otro son los vectores, representados por  $\{X_{u,v}\}$ , donde  $u,v$  es la posición. (Breuer, 2014).

## **Marco conceptual**

**Agricultura:** Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE,2023) de Colombia, la agricultura se refiere al conjunto de actividades relacionadas con el cultivo de la tierra, la producción de cultivos, la cría de animales y la obtención de productos de origen vegetal y animal para el consumo humano y otros usos. Esta actividad incluye la siembra, el cultivo, la cosecha, la ganadería, la pesca, la avicultura, la apicultura, entre otras prácticas asociadas a la producción de alimentos y materias primas.

**Eficiencia técnica:** Medida de eficiencia con la que se utilizan los recursos en la producción de bienes o servicios para generar ingresos. Este concepto se aplica en diversos contextos, ya sea a nivel individual, empresarial o macroeconómico.

**Sistemas de riego:** Hasta la última actualización en enero de 2022, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia el uso de sistema de riego se refiere a la infraestructura, métodos y técnicas utilizadas para suministrar agua de manera controlada a los cultivos agrícolas. Su objetivo principal es proporcionar la cantidad adecuada de agua en el momento correcto para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos y maximizar su rendimiento donde también caracterizan:

- Rendimiento de Goteo: Suministra agua directamente a la zona de la raíz de las plantas a través de tuberías con pequeños orificios o goteros, minimizando las pérdidas por evaporación y maximizando la eficiencia hídrica.
- Riego por gravedad: Utiliza la fuerza de la gravedad para distribuir el agua a través de canales y zanjias hacia los campos cultivados.
- Riego por aspersión: Rocía el agua sobre los cultivos en forma de gotas finas, simulando la lluvia. Este método puede ser mediante aspersores fijos, móviles o sistemas de pivote central.
- Riego subterráneo: Consiste en la distribución de agua por debajo de la superficie del suelo a través de tuberías enterradas, permitiendo una absorción directa por las raíces de las plantas.

**Asistencia técnica:** Hasta la última actualización en enero de 2022, el Departamento Nacional de Planeación (DNP,2022) de Colombia define la asistencia técnica como un conjunto de servicios, acciones y actividades orientadas a brindar apoyo y conocimientos especializados a personas, comunidades, empresas o instituciones en áreas específicas para mejorar sus procesos productivos, capacidades técnicas o gestión.

**Frontera de Eficiencia:** En enero de 2022, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia utiliza el concepto de "frontera de posibilidades de producción" en el análisis económico. La frontera de posibilidades de producción representa una representación gráfica que muestra las distintas combinaciones de producción de dos bienes o servicios que una economía puede alcanzar dados sus recursos y tecnología disponibles.

**Productividad:** La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define la productividad en términos generales como la relación entre la producción obtenida (bienes, productos agrícolas, etc.) y los recursos utilizados para obtener esa producción. En el contexto agrícola, la FAO se enfoca en la productividad agrícola, que es la relación entre la producción agrícola (cereales, frutas, carne, leche, entre otros) y los insumos agrícolas utilizados, como tierra, agua, semillas, fertilizantes, maquinaria, mano de obra, entre otros.

**Bienes de capital:** El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia define los bienes de capital como aquellos activos utilizados en el proceso productivo de bienes y servicios, que no se destinan directamente al consumo final, sino que se emplean para generar otros bienes o para facilitar la producción de estos.

**Nivel socioeconómico:** El Departamento Nacional de Planeación (DNP) de Colombia considera el nivel socioeconómico como una medida que evalúa las condiciones económicas y sociales de las personas, familias o comunidades en el país. Este nivel se basa en múltiples factores, como ingresos, educación, empleo, vivienda, acceso a servicios básicos, entre otros indicadores.

**Procesos tecnológicos:** Hasta la última actualización en enero de 2022, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia utilizaba el término "procesos tecnológicos" para referirse a las actividades relacionadas con la implementación, uso y desarrollo de tecnología en diferentes sectores de la economía.

**Unidad de producción Agrícola:** El DANE utiliza la categoría de Unidad de Producción Agrícola para recopilar datos estadísticos sobre la producción agropecuaria en Colombia. Esto incluye información sobre la cantidad de unidades existentes, su tamaño, los cultivos o actividades que desarrollan, los insumos utilizados, la producción obtenida y otros aspectos relevantes para comprender la realidad del sector agropecuario en el país (DANE, 2022) .

### **Marco legal**

Ley 1731 de 2014 Por medio de la cual se adoptan medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y se dictan otras disposiciones relacionadas con el financiamiento de la corporación colombiana de investigación agropecuaria (CORPOICA). **Artículo 2°. Microfinanzas Rurales.** Con el fin de fomentar el acceso al crédito en el sector rural, y con cargo a los recursos disponibles, créase el Fondo de Microfinanzas Rurales como un fondo sin personería jurídica, administrado por el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO), como un patrimonio separado del de su administrador, con el objeto de financiar, apoyar y desarrollar las microfinanzas rurales en el país.

Ley 6007 de 2000 Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. **Artículo 1°. OBJETO.** La presente ley tiene por objeto, garantizar la asistencia Técnica Directa Rural Agropecuaria, Medio ambiental, asuntos de aguas y pesquera, al ordenar la prestación de los servicios de asistencia técnica directa rural por parte de los entes municipales, racionalizar y coordinar las actividades correspondientes con miras a asegurar la ampliación progresiva de la cobertura, calidad y pertinencia del servicio de asistencia técnica, así como el seguimiento, orientación y acompañamiento en la prestación del servicio por parte de las entidades del orden departamental y nacional, en condiciones que permitan la libre escogencia por los beneficiarios de dichos servicios. Con la prestación de la asistencia técnica directa rural se crean las condiciones necesarias para aumentar la competitividad y la rentabilidad de la producción, en un contexto de desarrollo regional y en el marco de la internacionalización de la economía, a la par que se garantiza el acceso equitativo a los servicios estatales y a los beneficios de la ciencia y la tecnología a todos los productores rurales.

Ley 811 de 2003 Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones. Artículo 101. Creación de las organizaciones de cadena. Las organizaciones de cadena constituidas a nivel nacional, a nivel de una zona o región productora, por producto o grupos de productos, por voluntad de un acuerdo establecido y formalizado entre los empresarios, gremios y organizaciones más representativas tanto de la producción agrícola, pecuaria, forestal, acuícola, pesquera, como de la transformación, la comercialización, la distribución, y de los proveedores de servicios e insumos y con la participación del Gobierno Nacional y/o los gobiernos locales y regionales, serán inscritas como organizaciones de cadena por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, siempre y cuando hayan establecido entre los integrantes de la organización, acuerdos, como mínimo, en los siguientes aspectos:

1. Mejora de la productividad y competitividad.
2. Desarrollo del mercado de bienes y factores de la cadena.
3. Disminución de los costos de transacción entre los distintos agentes de la cadena.
4. Desarrollo de alianzas estratégicas de diferente tipo.
5. Mejora de la información entre los agentes de la cadena.

# **1.EVOLUCIÓN DE LA AGRICULTURA EN COLOMBIA: DESDE LA COLONIA HASTA LA ACTUALIDAD**

## **1.1 De la conquista a la Independencia**

En el siglo XVI, los conquistadores españoles y cronistas, como Gonzalo Fernández de Oviedo, documentaron la riqueza y el potencial agrícola de las tierras colombianas, destacando la capacidad de cultivo durante todo el año y la diversidad de flora en distintos pisos térmicos. A partir de 1721, los virreyes españoles informaban sobre las oportunidades de cultivar y exportar productos como cacao, tabaco y algodón, y debatían sobre los desafíos del transporte para las exportaciones e importaciones, dadas las rutas y restricciones comerciales. Con la declinación de la población indígena, surgieron las primeras haciendas y se inició la concentración de la propiedad de la tierra, un tema que persistirá incluso después de la independencia de España en 1819, manifestándose en diversas instancias y conflictos a lo largo de los siguientes dos siglos (Caballero, et. al., 2022).

El siglo XVIII vio un desarrollo ampliado de la agricultura y ganadería, y hacia su segunda mitad, un crecimiento en la demanda de alimentos y expansión agrícola. Francisco Silvestre, en 1789, exploró las posibilidades de producción en diversas regiones y recomendó medidas para mejorar el transporte y el comercio, así como la entrega de títulos de propiedad de tierras a indígenas. La Expedición Botánica emprendida fue un esfuerzo científico pionero en explorar las plantas nativas y el potencial económico de productos tropicales, también asociado al pensamiento de los "ilustrados", criollos que, vinculando la agricultura con la economía en su conjunto, abogaron por un modelo económico con mayor libertad en la producción y el comercio, influenciando las discusiones pre y post independencia en el siglo XIX (Caballero, et. al., 2022).

## **1.2 El siglo XIX**

Tras la disolución de la Gran Colombia y la formación de la Nueva Granada, la discusión agrícola en el siglo XIX se centró en temas como la propiedad y asignación de tierras baldías y la concentración de propiedades en comunidades religiosas, lo que llevó a medidas como la "desamortización de los bienes de manos muertas" y la expulsión de los jesuitas en 1850. La asignación de tierras baldías también fue crucial debido a su vinculación con la deuda externa y las estrategias fiscales, incluyendo incentivar la inmigración para explotar tierras colombianas. La promoción de exportaciones, en especial del tabaco, también fue esencial,

lidiando con los retos del monopolio estatal sobre su venta, y las decisiones fiscales asociadas hasta su eliminación a mediados de siglo, aprovechando una coyuntura internacional favorable. (Caballero, et. al., 2022).

Junguito, apasionado por la agricultura y experto en asuntos fiscales, dividió el siglo XIX en tres períodos, cada uno enfocado en diferentes aspectos de la política agrícola, siempre tocando la asignación de tierras baldías y su uso para impulsar la producción agrícola, mientras evitaba la concentración de tierras. La Comisión Corográfica en 1850, liderada por Agustín Codazzi, destacó por el levantamiento de las riquezas naturales y la confirmación de vastas extensiones de tierras baldías, que fueron inclusive utilizadas para gestionar deudas externas (Caballero, et. al., 2022).

Mientras que, para José Antonio Ocampo, Colombia no se convirtió en un país con un considerable éxito económico desde el siglo XIX por la débil inserción a la economía internacional. El país tenía dos opciones: enfocarse en el mercado interno (pero había una estructura agraria de islas de producción autosuficiente y problemas de geografía) o en el externo. Acertadamente, escogió el externo. Pero ese trabajo no tuvo los mejores resultados por factores externos, asociados a crisis de las grandes metrópolis y por factores internos, relacionados con la dinámica empresarial de producción-especulación que consistía en aprovechar los choques positivos y negativos de los precios de bienes como tabaco y quina, en vez de desarrollar producción para el largo plazo. Fenómeno que solo se vino a romper hasta el auge del café (Ocampo, 2013).

En la segunda mitad del siglo XIX, la colonización del suroccidente del país por los antioqueños permitió convertir extensas tierras en zonas cultivables, destacando la producción de diversos alimentos y especialmente café, estableciendo una sociedad de pequeños propietarios y transformando la producción de café en el principal producto de exportación de Colombia en el siglo XX, dictando su destino económico hasta 1990. La colonización y el impacto del café en Colombia son temas fundamentales en este contexto histórico y económico (Caballero, et. al., 2022).

### **1.3 Primera mitad del siglo XX**

En las primeras décadas del siglo XX, la expansión de la producción de café en Colombia, que había comenzado a finales del siglo XIX, se vio afectada por la guerra de los Mil Días (1899-1902), pero se recuperó notablemente en los años subsiguientes, pasando de 500.000 sacos en

1905 a tres millones en 1930. Este crecimiento en la industria cafetera influyó de manera significativa en la economía del país, que experimentó sus tasas de crecimiento más altas entre 1910 y 1930. Durante este período, también se iniciaron exportaciones de banano y petróleo, y creció la demanda de alimentos y productos manufacturados, principalmente en Medellín (Kalmanovitz, 2003).

Se generó una presión para que los productores de café se agruparan y se formaran entidades estatales para fomentar el cultivo y la exportación de café. Como resultado, surgieron varias organizaciones e instituciones, como la Sociedad de Agricultores de Colombia (1906), el Ministerio de Agricultura (1914), el Banco Agrícola Hipotecario (1924), la Federación Nacional de Cafeteros (1927) y la Caja de Crédito Agrario (1931) (Kalmanovitz, 2003).

La expansión económica elevó la demanda de tierras por parte de empresarios y campesinos, valorizando las propiedades rurales. Se produjeron tensiones respecto a la propiedad de tierras baldías y haciendas cafeteras, y el gobierno implementó nuevas políticas de baldíos y una ley de reforma agraria en 1936, aunque las tensiones entre campesinos y terratenientes persistieron en las décadas siguientes. La política agrícola y la ocupación de tierras se convirtieron en elementos centrales de la estrategia de desarrollo del país en la década de 1950, con debates sobre la necesidad de aumentar la producción agrícola y llevar a cabo una reforma rural integral, especialmente después del acuerdo de paz de 2016 (Kalmanovitz, 2006).

La producción de café continuó siendo crucial para el sector agropecuario tras la crisis mundial de 1930, más que replicándose en las tres décadas siguientes y llegando a cerca de siete millones de sacos en 1960. El café representaba un 17% de la producción agrícola en 1950, que a su vez constituyó entre el 30% y 35% del PIB en esa época. Colombia logró importantes acuerdos comerciales y formó pactos para asegurar precios mínimos de exportación de café. Posteriormente, tras un informe del Banco Mundial en 1949, el énfasis del debate agropecuario se desplazó hacia la elevación de la productividad para impulsar la producción agrícola, con recomendaciones para mejorar la utilización de la tierra y penalizar su uso ineficiente, y sugerencias para incrementar el crédito, la mecanización y el uso de fertilizantes, así como para proveer bienes públicos para el sector (Caballero, et. al. , 2022).

#### ***1.4.1 Evolución de la economía y cambios en la estructura económica***

Desde 1946 hasta 1957, durante la segunda República conservadora de Colombia, iniciada con Ospina Pérez y terminada con la caída de Rojas Pinilla, se estableció un modelo de desarrollo

económico que fue fundamental durante la mayor parte del siglo XX. Durante este período, el gobierno implementó medidas proteccionistas, como el aumento de aranceles sobre las importaciones y el control de cambios, para fomentar la compra de materias primas nacionales y subvencionar a ciertos sectores. Además, el Banco de la República adoptó un papel de fomento desde 1951, asignando crédito directamente al sector privado, y se presentó un activismo industrial público, ejemplificado por el establecimiento de la siderurgia Paz del Río en 1952 (Kalmanovitz, 2006).

La economía colombiana, impulsada por el café y una fase temprana de desarrollo acelerado, logró un crecimiento destacable, aunque las medidas proteccionistas eventualmente generan ineficiencias. La tasa de cambio fija y las posteriores devaluaciones alteraron los incentivos económicos, mientras que el país experimentaba una intensa urbanización y diversificación del trabajo, expandiendo sus ciudades y transformándose de una economía agrícola a una más urbana y desarrollada (Kalmanovitz, 2006).

En medio de este proceso, sin embargo, emergieron problemas fiscales y de eficiencia que, junto con fluctuaciones en los precios del café y otros factores sociopolíticos, eventualmente llevaron a crisis y transformaciones económicas, incluyendo la caída del gobierno en 1957. Este desarrollo económico, si bien significativo, se enfrentó a desafíos y contradicciones que serían analizadas y discutidas por los analistas económicos y políticos en los años venideros (Kalmanovitz, 2006).

#### ***1.4.2 La visión sobre la agricultura en los Planes de Desarrollo***

Durante la Gran Depresión de los años 30 y la Segunda Guerra Mundial, las dudas sobre la eficacia de los mercados y la necesidad de intervenciones estatales dieron lugar a un consenso sobre la importancia de la planificación pública en la economía. En Colombia, esta situación llevó a la implementación de políticas de protección y fomento crediticio para sectores como la agricultura y la industria, así como la nacionalización y creación de diversas entidades. En la posguerra, con los países en desarrollo buscando acelerar su crecimiento económico, se exploraron diversas estrategias y enfoques, como el fomento de la migración rural-urbana y el impulso a la agricultura de exportación. A mediados del siglo XX, el debate sobre el sector agrícola colombiano y propuestas como la de la misión del BIRF dirigida por Lauchlin Currie se centraron en cuestiones de uso de la tierra y productividad. Posteriormente, diferentes gobiernos presentaron sus propios planes de desarrollo, enfrentando variados retos, desde



problemas de desempleo urbano hasta tensiones sociales y movimientos guerrilleros. La administración Pastrana Borrero (1970-1974) adoptó enfoques orientados al crecimiento a través de la construcción y exportaciones, buscando también incrementar la productividad agrícola y mejorar la distribución del ingreso, aunque su implementación enfrentó diversos obstáculos y críticas. (Kalmanovitz, 2006).

La administración de López Michelsen (1974-1978) en Colombia introdujo un enfoque de mercado en su plan de desarrollo, diferenciándose de anteriores gobiernos e intentando mejorar la vida de los menos favorecidos y estabilizar la economía. A través de su plan "Para cerrar la brecha", buscó elevar el nivel de vida de las poblaciones más pobres y desfavorecidas, además de estabilizar la economía y eliminar subsidios no selectivos. Este plan también propuso fortalecer el mercado financiero y lograr un crecimiento orientado hacia el exterior mediante reformas financieras y fiscales y liberalización del comercio exterior. En el ámbito agrario, se priorizó la productividad, a través del programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI) y el estímulo a la agricultura comercial sobre la reforma agraria y se implementaron políticas para impulsar el uso y producción de tierras anteriormente subutilizadas. (Kalmanovitz, 2006).

A lo largo de estas administraciones, Colombia experimentó diversas estrategias de desarrollo, oscilando entre la liberalización económica y ciertos grados de intervencionismo, siempre buscando equilibrar el crecimiento, la estabilidad económica y la equidad social en contextos tanto nacionales como internacionales desafiantes. (Kalmanovitz, 2006).

#### ***1.4.3 evolución de la política comercial y cambiaria***

A lo largo del siglo XX, Latinoamérica experimentó un cambio significativo en su perspectiva política y económica, especialmente en la evolución de la política comercial y cambiaria. Este proceso, palpable desde la reestructuración en 1930, permitió que el Estado adquiriera más herramientas de política económica y ejerciera un mayor control sobre las tasas de cambio tras abandonar el patrón oro. A mediados de siglo, los gobiernos de la región tomaron la responsabilidad de fomentar el desarrollo económico, aunque con variados grados de compromiso y percepciones sobre la temporalidad de dicho proceso. (Kalmanovitz, 2006).

En el caso específico de Colombia, se adoptó un modelo de sustitución de importaciones con notable protección e intervenciones estatales, lo que se distinguió por no socavar el excedente generado por las exportaciones para acelerar la industrialización, como ocurrió en otros países latinoamericanos. Aunque la política de importaciones fue principalmente restrictiva en la

década de los cincuenta, experimentó varios cambios y ajustes durante los años subsiguientes, oscilando entre momentos de liberalización y episodios de proteccionismo. (Kalmanovitz, 2006).

Entre 1950 y 1989, Colombia experimentó episodios de liberalización comercial, muchos de los cuales fueron revertidos total o parcialmente. Aunque se realizaron esfuerzos para liberar las importaciones en varios momentos, la necesidad de controlar las divisas y estabilizar la economía nacional a menudo llevó a reforzar las restricciones nuevamente. En los años noventa, bajo la administración Gaviria, se intentó acelerar la liberalización comercial a través de varias estrategias, aunque aún existen debates sobre los efectos de la protección en las exportaciones y la valorización de las monedas nacionales en el contexto colombiano. La devaluación y la inflación han sido temas consistentes, impactando tanto a exportadores como a la economía en general. (Kalmanovitz, 2006).

#### ***1.4.4 Agricultura y protección***

En el periodo de 1950 a 1975, el modelo corporativo conservador impulsó el desarrollo de la agricultura mediante políticas proteccionistas que incrementaron artificialmente la renta del suelo y las utilidades de los empresarios agrícolas. Sin embargo, este enfoque también llevó a una asignación ineficiente de recursos y, en algunos casos, limitó la competencia y favoreció intereses particulares (Kalmanovitz, 2003).

La apertura comercial en los años noventa introdujo mayor competencia y cambió la asignación de recursos en la agricultura. A pesar de las críticas y preocupaciones, algunos sectores se beneficiaron, como ilustra el ejemplo del cambio de cultivo de trigo a papa y flores en los altiplanos, gracias a la liberación de las importaciones de trigo. Los cultivos de flores emergieron como una alternativa rentable, y la importación de trigo subsidiado no comprometió la seguridad alimentaria del país, a la vez que permitió abaratar la dieta de los colombianos (Kalmanovitz, 2003).

Las críticas a la apertura comercial de los noventa, que vinculan la caída del arancel promedio con el desempeño de la producción agrícola, suelen obviar otros factores concurrentes, como las variaciones climáticas y la caída de los precios internacionales de productos agrícolas. Si bien la protección a la agricultura no se redujo de manera uniforme y abrupta, y la apertura comercial no fue completamente revertida en administraciones posteriores, la economía política de la protección agrícola cambió de foco, desplazándose de políticas domésticas hacia

políticas de comercio exterior y negociación de protección en nuevos escenarios de integración (Kalmanovitz, 2003).

En síntesis, el cambio hacia una política de apertura y competencia en la agricultura colombiana, aunque enfrentó críticas y desafíos, también permitió la reasignación de recursos hacia usos más eficientes y la exploración de nuevas oportunidades comerciales en el sector, demandando una adaptación y calibración constante de las políticas económicas y comerciales en el país (Kalmanovitz, 2003).

El sector agrícola ha mostrado un patrón evolutivo similar al de la economía en general en términos de volatilidad de la producción y precios al productor, pero ha sido tradicionalmente más volátil que el agregado. La estructura exportadora de Colombia ha experimentado cambios sustanciales desde 1970, diversificándose en productos y contribuyendo a una cierta estabilidad y reducción de la exposición a choques externos durante gran parte del periodo mencionado (Kalmanovitz, 2003).

En resumen, a lo largo del período de 1950 a 2000, Colombia experimentó un crecimiento significativo, pero no estuvo exento de desafíos en cuanto a la volatilidad económica y desaceleraciones periódicas. La distribución de los beneficios del crecimiento y la calidad de este han sido temáticas centrales al considerar la evolución económica y su impacto en la población. La diversificación de exportaciones y una menor volatilidad frente a otros países latinoamericanos resaltan como aspectos positivos, aunque la gestión de la inflación y la estabilidad de diversos sectores, como el agrícola, han presentado sus propios retos (Kalmanovitz, 2003).

### **1.5 Las dos primeras décadas del siglo XXI**

La evolución del sector agrícola en Colombia durante el siglo XXI ha sido marcada por desafíos y resultados dispares. A pesar de cierta recuperación tras la crisis económica de finales del siglo XX, el desempeño de la agricultura ha sido considerado como mediocre, incluso en un contexto internacional favorable en términos de precios de productos y crecimiento global, según señala Caballero (2022). A diferencia de Colombia, otros países latinoamericanos como Brasil, Chile y Perú experimentaron un considerable crecimiento en su producción y exportaciones agropecuarias. En este sentido, durante las dos primeras décadas del siglo, se llevaron a cabo diferentes estudios y diagnósticos acerca del estado de la agricultura colombiana (Caballero, et. al., 2022).

En medio de diálogos de paz con las FARC en 2013, la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC) encargó un estudio a Fedesarrollo sobre cuatro áreas estratégicas para el avance agrícola y rural, que concluyó con varias recomendaciones políticas. Un año después, Fedesarrollo publicó un documento que resaltaba la decreciente participación de la agricultura en el PIB nacional, entre otros aspectos negativos para el desarrollo agropecuario (Caballero, et. al., 2022).

La OCDE, en 2015, y la Misión para la Transformación del Campo, en 2015, también realizaron análisis sobre la situación agrícola en Colombia, destacando problemas como los bajos niveles de productividad y las dificultades relacionadas con la infraestructura y el acceso a la tierra, así como problemáticas sociales y ambientales en áreas rurales (Caballero, et. al., 2022).

Junguito participó asimismo en otros estudios, incluido uno en 2017 que ofrecía recomendaciones para la ejecución efectiva de la parte rural del Acuerdo de Paz, y otro en 2019 que concluyó con la necesidad de una política de tierras adecuada y sugería la implementación de un impuesto a la tierra para garantizar derechos de propiedad y un uso más efectivo de la misma. En resumen, tras revisar cerca de quinientos años de historia agrícola, la cuestión del acceso y uso óptimo de la tierra permanece como una preocupación central para el bienestar económico y social de la población colombiana, especialmente la residente en áreas rurales (Caballero, et. al., 2022).

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO

### 2.1. Productividad en el sector agrícola

La eficiencia técnica, entendida como el máximo de producción con los recursos disponibles de una economía (Ludeña, 2021), en el sector agrícola es crucial para comprender las discrepancias salariales entre naciones. Al mejorar la eficiencia agrícola, se liberan trabajadores para roles de mayor valor añadido, impulsando el crecimiento económico. Por eso se estima desde un modelo de Fronteras Estocásticas. Al analizar la agricultura globalmente, encontramos tres puntos claves:

Hay una relación inversa entre el ingreso per cápita y la cantidad de trabajadores en agricultura. Por ejemplo, mientras en países de ingresos bajos y medios el 32% de la fuerza laboral se encuentra en la agricultura, en países más ricos este porcentaje desciende al 3%. Tomando a EE.UU. y Colombia como referencia, en EE.UU. solo el 1,6% de la fuerza laboral está en agricultura, mientras que en Colombia es del 16% (Perfetti, et. al, 2013).

Existe una correlación inversa entre trabajadores agrícolas por hectárea y el nivel de ingreso per cápita. Países más pobres tienen tres veces más trabajadores por hectárea que los más ricos (Perfetti, et. al, 2013).

La productividad agrícola está positivamente relacionada con el PIB per cápita. Por ejemplo, un trabajador agrícola en países ricos es cinco veces más productivo que uno en países de ingresos bajos o medios. Comparando EE.UU. y Colombia, un trabajador estadounidense es doce veces más productivo (Perfetti, et. al, 2013).

Diferentes elementos pueden justificar la desigualdad de productividad agrícola entre naciones desarrolladas y en vías de desarrollo. Estos van desde factores institucionales que afectan toda la economía, hasta condiciones específicas de cada país en la agricultura, como el clima o la tecnología disponible. Asimetrías de información y políticas distorsionadas también pueden generar ineficiencias en los mercados agrícolas (Perfetti, 2013).

Analizando específicamente a Colombia, se observa que factores geográficos, conflictos armados y cuestiones legales en la tenencia de tierras, entre otros, influyen en su productividad agrícola en comparación con EE.UU. Un estudio basado en un modelo de Adamopoulos y Restuccia indica que ciertos factores explican parte de las diferencias agrícolas entre ambos países, pero aún hay diferencias significativas por investigar (Perfetti, et. al, 2013).

En resumen, la productividad agrícola es una dimensión esencial para entender las economías nacionales. Variables generales y específicas de cada país juegan un papel, y aún hay muchos aspectos por descubrir sobre la discrepancia de productividad agrícola entre países (Perfetti, et. al, 2013).

## **2.2 Caracterización del sector agrícola en Colombia**

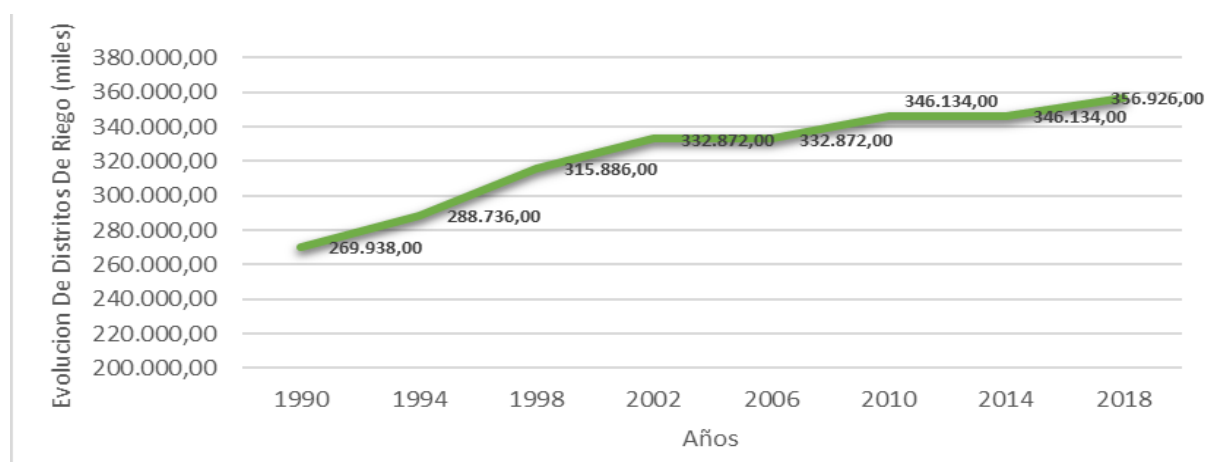
El siguiente análisis utiliza datos de las Unidades Productoras Agropecuarias (UPA) obtenidos del tercer Censo Nacional Agropecuario (3.er CNA). Se han dejado fuera del estudio las UPA situadas en zonas indígenas, áreas con propiedad colectiva y zonas donde las transacciones de tierra tienen limitaciones legales. Además, se descartan las UPA que tienen menos de 0,01 ha y aquellas que superan la media más tres desviaciones estándar. Estas limitaciones se establecen para evitar que valores atípicos distorsionen los resultados. (DANE, 2014).

Según los datos del CNA, el 39% de las unidades productoras en Colombia tienen menos de una hectárea y el 65% no superan las cuatro hectáreas. El 66% de estas fincas cuenta con un solo trabajador fijo. Las fincas más pequeñas, de menos de una hectárea, tienen un promedio de 1,65 trabajadores permanentes, mientras que las de más de 801 hectáreas cuentan con un promedio de 11 trabajadores. Es notable que en las fincas más pequeñas, la mayoría de los trabajadores son miembros de la familia del productor. A medida que las fincas son más grandes, el número de trabajadores externos aumenta. Esta información indica la relevancia de la agricultura familiar en Colombia, donde las fincas son generalmente pequeñas y se basan en el trabajo de la familia para su producción. En este contexto, se considera al hogar como la principal entidad encargada de las decisiones productivas (DANE, 2014).

Posteriormente, se investigan diversos elementos que pueden impactar las decisiones de estos hogares y su productividad. Primero, se busca identificar factores que afecten a ciertos productores y que puedan llevar a una producción inferior a la potencial. Luego, se mide la influencia de diferentes factores en la diferencia de productividad agrícola entre Colombia y Estados Unidos (Hamman, et.al, 2019). El sector agrícola en Colombia ha venido creciendo en valor económico a lo largo de todo el siglo.

**Figura 1.**

*Evolución De Cobertura De Distritos de riego*

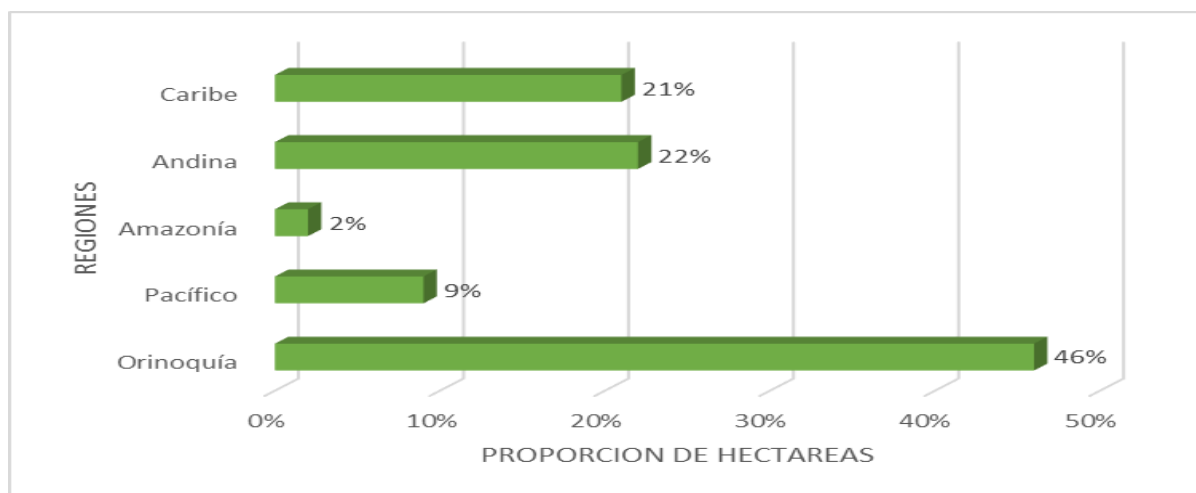


**Nota.** Se puede ver la evolución de cobertura de riego (%) a través de los años desde de 1990 hasta 2018. Se ve un aumento creciente y positivo. Tomado de: DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

Sin embargo y como ha sucedido en casi la totalidad de las economías del mundo desarrollado y en desarrollo, debido al fenómeno conocido como cambio estructural, por el cual predomina el sector secundario o industrial sobre el agrícola y después los servicios se convierten en el motor económico, la agricultura sostenidamente pierde participación en el producto de Colombia desde por lo menos la mitad del siglo pasado. Un fenómeno que se ha acentuado en las últimas décadas y desde la apertura de los noventa.

**Figura 2**

*Proporción De hectárea Con Potencial De Irrigación*



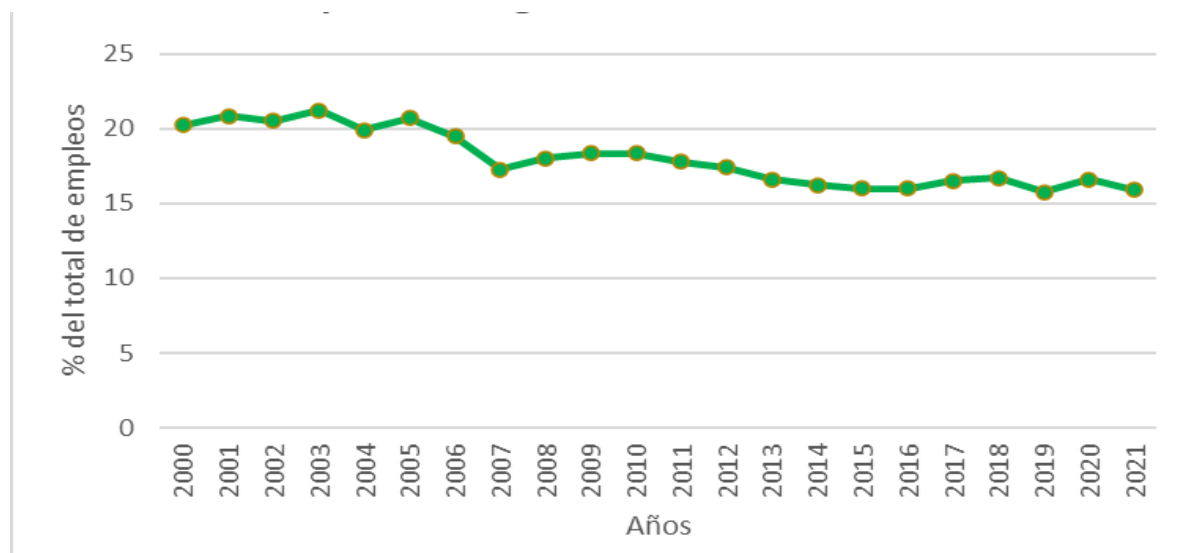
**Nota.** Se evidencia la distribución de la extensión de hectáreas con potencial de irrigación (%) en las distintas regiones de Colombia. La región que destaca con mayor extensión de hectáreas es la Orinoquía, alcanzando un porcentaje del 48%. Este hecho representa una ventaja significativa con respecto a las demás regiones del país. Le sigue la región Andina con un 22% seguida por la región del Caribe con un 21,5% seguida por la región pacífica con un 9% terminado con la región Amazonia con un 2%. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

En ese mismo sentido, la proporción del empleo total generado por la agricultura sigue cayendo, aunque con menor velocidad que lo hace la participación del PIB. Reflejando la estructura productiva históricamente intensiva en trabajo de este sector.



**Figura 3.**

*Empleo De la Agricultura*



**Nota.** El impacto del crecimiento del empleo agrícola (%) en Colombia desde el año 2000 hasta el 2021. Es evidente que a lo largo de estos años ha habido un descenso en el empleo agrícola, ya que en el año 2000 estaba situado en un 20%, mientras que en el 2021 ha disminuido hasta alcanzar un 15%. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

### 2.3 Uso y cobertura del suelo

En el área rural, el 56,7% es bosque natural y el 38,6% tiene uso agropecuario. Otro 2,2% se usa para fines no agropecuarios y el 2,5% para otros propósitos. De la parte agropecuaria, que abarca 43,0 millones de hectáreas, el 80,0% es para pastos y rastrojos, el 19,7% para agricultura, y el 0,3% contiene infraestructura agropecuaria. En los 8,5 millones de hectáreas de tierras agrícolas, el 83,9% se dedica a cultivos, el 13,6% está en descanso y el 2,5% en barbecho. En los departamentos de Amazonas, Guainía, Caquetá y Vaupés, se encuentra el 45,1% del área rural con bosque natural. Del total del área rural con uso agropecuario, el 80,0% son pastos y rastrojos, el 19,7% tierras agrícolas, y el 0,3% infraestructura agropecuaria (DANE, 2014).

### 2.4 Caracterización de las Unidades de Producción Agropecuaria

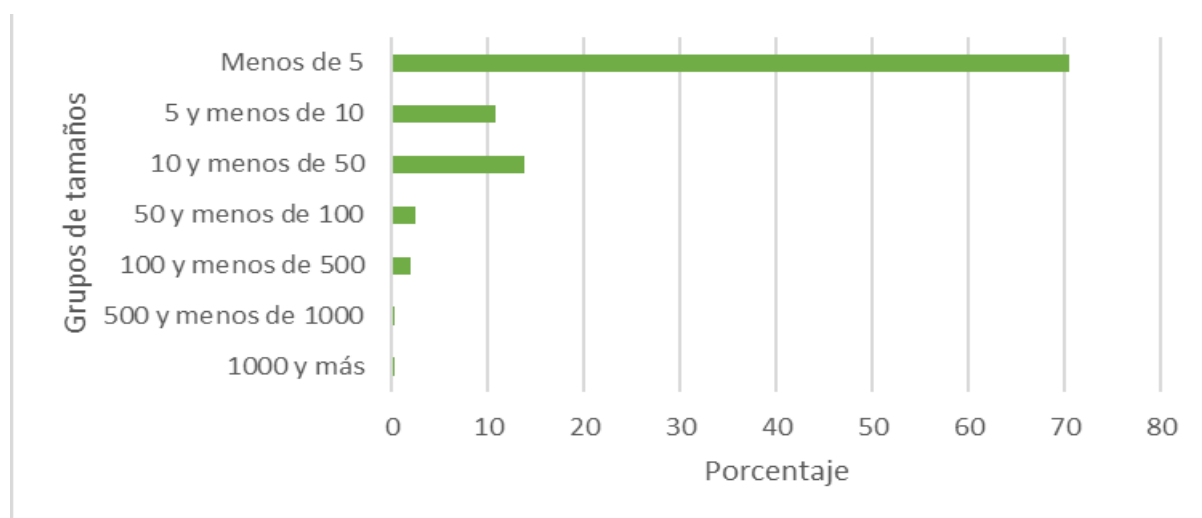
En un país, existen 2.913.163 unidades de producción en áreas rurales dispersas. De estas, el 81,4% son Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) y el 18,6% Unidades de Producción No Agropecuaria (UPNA). Se observa una concentración de unidades en departamentos como

Boyacá, Cundinamarca, Antioquia y Nariño, que representan el 44,3% de las unidades, pero solo el 12,5% del área. En contraste, departamentos como Vaupés y Guainía tienen solo el 0,4% de las unidades, pero abarcan el 11,2% del área. (DANE, 2014).

Respecto al uso de la tierra, las UPA ocupan el 97,8% del área rural y las UPNA el 2,2%. La mayoría de las UPA son pequeñas (menos de 5 hectáreas), pero las grandes (1.000 hectáreas o más) ocupan la mayor parte del área rural. En cuanto al uso del suelo, el 34,5% de las UPA se dedica a la agricultura, el 56,6% a la ganadería y un 8,9% tiene cobertura en bosques naturales. La distribución del uso del suelo varía según el departamento. (DNP, 2016).

**Figura 4.**

*Distribución De Unidades productora por tamaño (Hectáreas)*



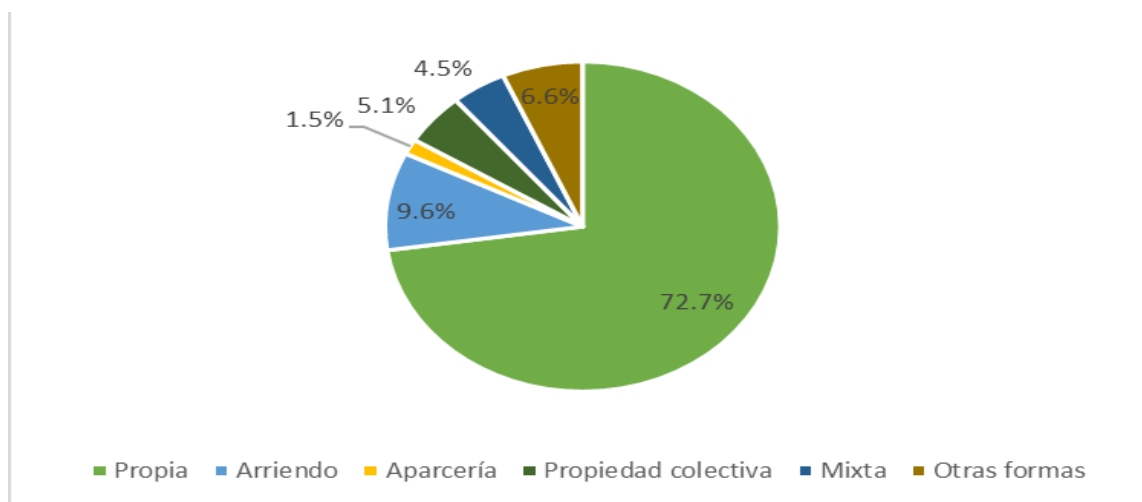
**Nota.** La distribución productiva por hectárea, muestra que menos del 5% de las tierras tienen 70 hectáreas, mientras que entre 5 y menos de 10 hectáreas representan el 11%. Además, las tierras comprendidas entre 10 y menos de 50 hectáreas constituyen el 13%, y aquellas entre 50 y menos de 100 hectáreas representan el 4% por hectárea. Las tierras de 100 y menos de 500 hectáreas muestran un 3%, mientras que las de 1000 hectáreas o más presentan un 0,98%. Sin embargo, se observa que las tierras de 1000 hectáreas o más representan un 0,94% de las hectáreas totales, lo que evidencia una marcada desigualdad en la distribución de la tierra, ya que no existe una distribución equitativa por hectárea. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

Por último, en lo que respecta a la tenencia, el 72,7% de las UPA son propiedades privadas y un 9,6% están en arriendo. Existen diferencias significativas en el régimen de tenencia entre

departamentos, con algunos mostrando una alta proporción de propiedad colectiva. (DNP, 2016).

**Figura 5**

*Tenencia De La Tierra*



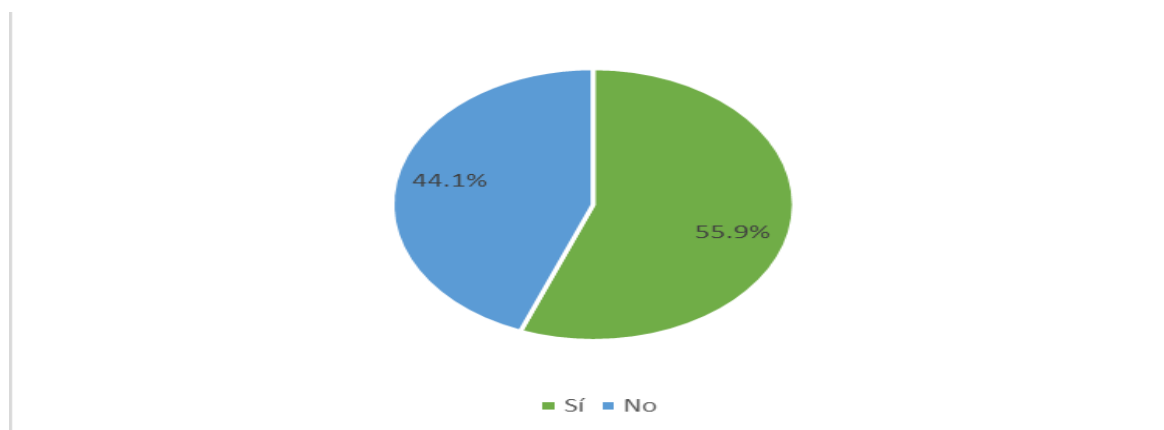
**Nota.** Destaca que un considerable porcentaje de agricultores, representando el 72,7%, poseen sus propias tierras. Esta cifra es significativa debido a que les brinda independencia y control sobre sus actividades agrícolas, así como estabilidad y seguridad en sus operaciones. Por otro lado, se observa que el 9,6% de los agricultores tienen tierras en arriendo, lo que puede aumentar sus costos y generar cierta incertidumbre en la continuidad de la actividad agrícola. Además, un 6,6% hace referencia a tierras obtenidas de otras formas, posiblemente relacionadas con ocupaciones o invasiones de terrenos. Es relevante destacar que el 5,1% de las tierras son de propiedad colectiva, seguido por un 4,5% de tierras con un uso mixto y un 1,5% bajo el sistema de aparcería, en el cual dos personas acuerdan producir algo en el terreno. Estos datos demuestran una variedad de formas de tenencia de la tierra entre los agricultores, lo que puede tener implicaciones diversas en la gestión y productividad agrícola. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

## 2.5 Autoconsumo y factores asociados con la producción en las UPA

En el ámbito rural, el 55,9% de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) reportan tener al menos un lote destinado al autoconsumo. Esta práctica es especialmente común en departamentos como Nariño, Cauca, Antioquia, Cundinamarca y Boyacá, que juntos representan el 46,5% de las UPA con lotes para autoconsumo. Destacan departamentos como Vaupés, Chocó y Guainía, donde la mayoría de las UPA tienen lotes para autoconsumo.

## Figura 6

### Autoconsumo



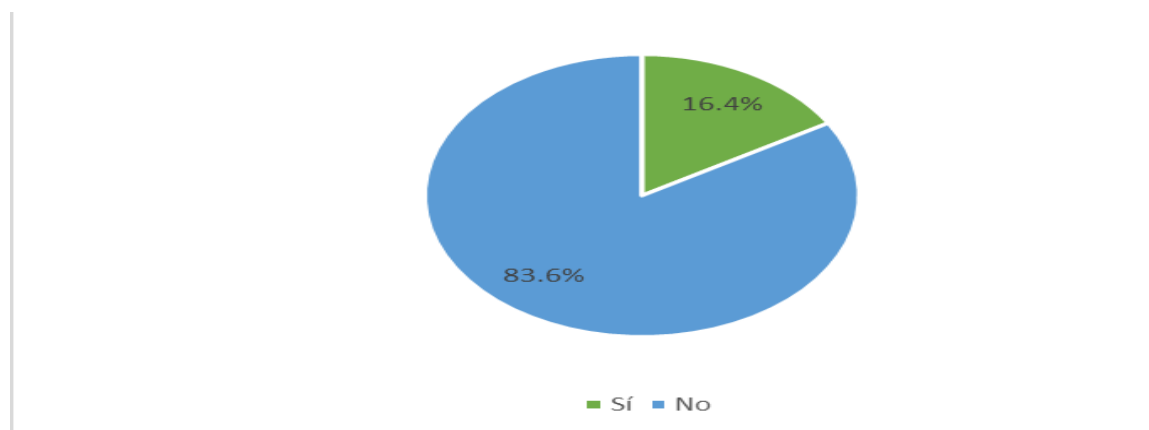
**Nota.** Se evidencia un notable porcentaje de autoconsumo, alcanzando el 55,9% en contraste con la anterior referencia del 44,1%. Este hallazgo indica que la mayoría de los agricultores destinan sus productos principalmente al consumo propio en lugar de comercializarlos. Esta práctica puede atribuirse a la estrategia de reducción de costos, permitiéndoles evitar la adquisición de productos en el mercado. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

En cuanto a infraestructuras, el 16,4% de las UPA poseen construcciones dedicadas a actividades agropecuarias. Las regiones de Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Huila y Santander concentran el 37,1% de estas construcciones. Sin embargo, departamentos como el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Vaupés, Guainía, Bogotá D.C., Amazonas y Vichada registran menos del 0,5% en este aspecto.

La Guajira y Arauca son los departamentos con el mayor porcentaje de UPA con construcciones, mientras que el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina tiene apenas un 1,2% de UPA con este tipo de infraestructura.

## Figura 7

### Construcción

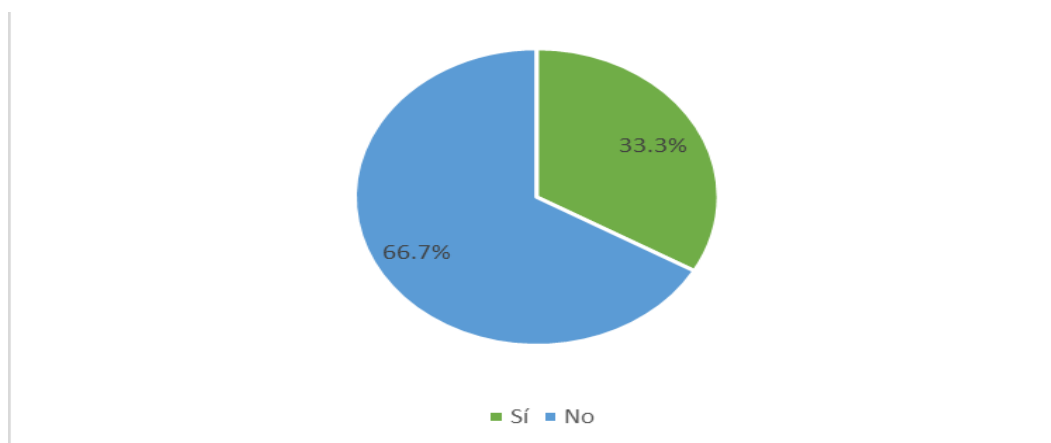


**Nota.** Se destaca que, a nivel nacional, el 83,6% de los sujetos o entidades involucradas no llevan a cabo construcciones, mientras que un 16,6% sí lo hacen. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

En un tercio (33,3%) de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) con cultivos en áreas rurales, los productores utilizan algún tipo de riego para sus actividades agropecuarias. Este uso de riego es especialmente notable en departamentos como Nariño, Tolima, Cauca, Santander y Cundinamarca, que juntos comprenden el 41,9% de las UPA con cultivos que emplean riego. Por otro lado, regiones como el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Guainía, Vaupés y Bogotá D.C. tienen una participación menor al 0,3% en el uso de riego.

**Figura 8**

*Riego*



**Nota.** Se evidencia que el 66,7% de la muestra analizada no dispone de sistemas de riego, lo que constituye una problemática considerablemente significativa. Por otro lado, se destaca que el 33,3% restante sí cuenta con sistemas de riego en sus prácticas agrícolas. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

En cuanto a los tipos de sistemas de riego empleados, el más común es el de aspersión, utilizado en el 54,6% de las UPA con cultivos que recurren al riego, seguido por el sistema de bombeo, presente en el 53,8%. (DANE, 2014).

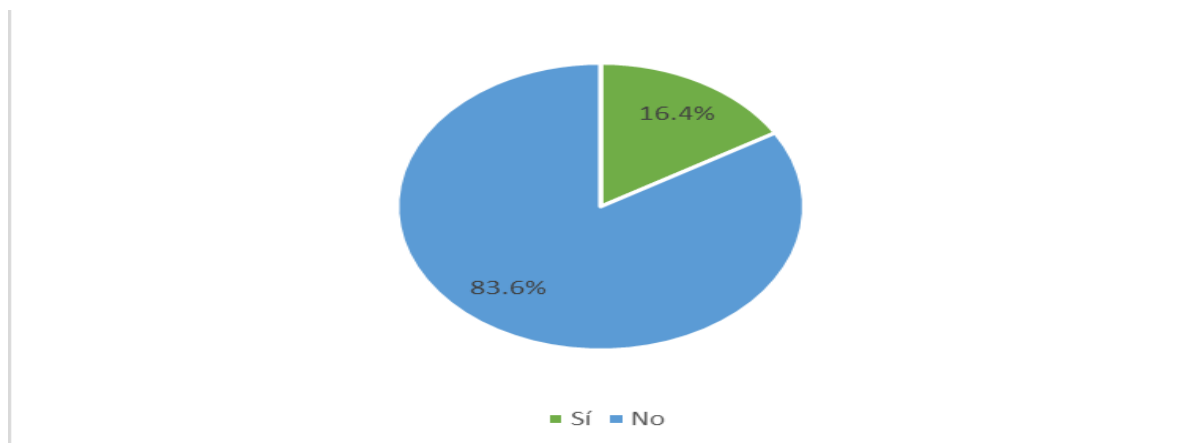
## **2.6 Maquinaria y Asistencia Técnica en Áreas Rurales**

### **2.6.1 Maquinaria Agropecuaria**

Un 16,4% de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) en áreas rurales tienen maquinaria agropecuaria. Antioquia lidera con el 10,9% de UPA con maquinaria, seguido de Tolima y Santander con 8% cada uno, Guaviare (60,4%) y Arauca (60,2%) tienen el mayor porcentaje de UPA con maquinaria., El uso se divide entre maquinaria para cultivos (68,6%) y pecuaria (34,8%). (DANE, 2014).

## Figura 9

### Maquinaria



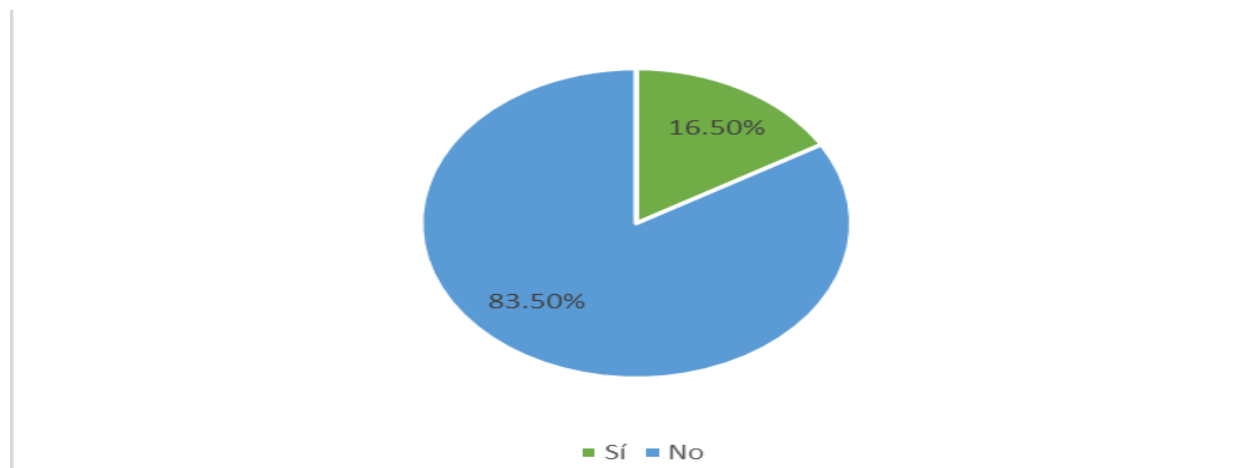
**Nota.** Se destaca que una proporción significativa de agricultores, específicamente el 83,6%, carece de maquinaria agrícola. Esta situación es preocupante, ya que implica que una gran parte de las actividades agrícolas se realizan manualmente. Esta condición supone una inversión considerable de tiempo y una demanda elevada de fuerza laboral. Por otro lado, se observa que un 16,4% de los agricultores sí dispone de maquinaria. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

### 2.7 Asistencia Técnica

El 16,5% de las UPA recibieron asistencia técnica en 2013. Antioquia, Huila, Cauca y Tolima representan el 46,1% de UPA con asistencia. La mayoría reciben asistencia en buenas prácticas agrícolas (87,2%) y comercialización (43,8%). (DANE, 2014).

## Figura 10

### Asistencia Técnica



**Nota.** Es notable que el 85,50% de los sujetos estudiados no dispone de asistencia técnica. Esta carencia representa un desafío significativo, ya que está vinculada a una menor productividad en las cosechas. Además, la falta de asesoramiento técnico puede aumentar la vulnerabilidad frente a problemas como la identificación, prevención y manejo de enfermedades de los cultivos, plagas o dificultades relacionadas con la calidad del suelo. Es importante destacar que solo un 16,50% de los participantes cuenta con asistencia técnica, lo cual evidencia una proporción muy baja en términos de acceso a este tipo de apoyo técnico y agronómico. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

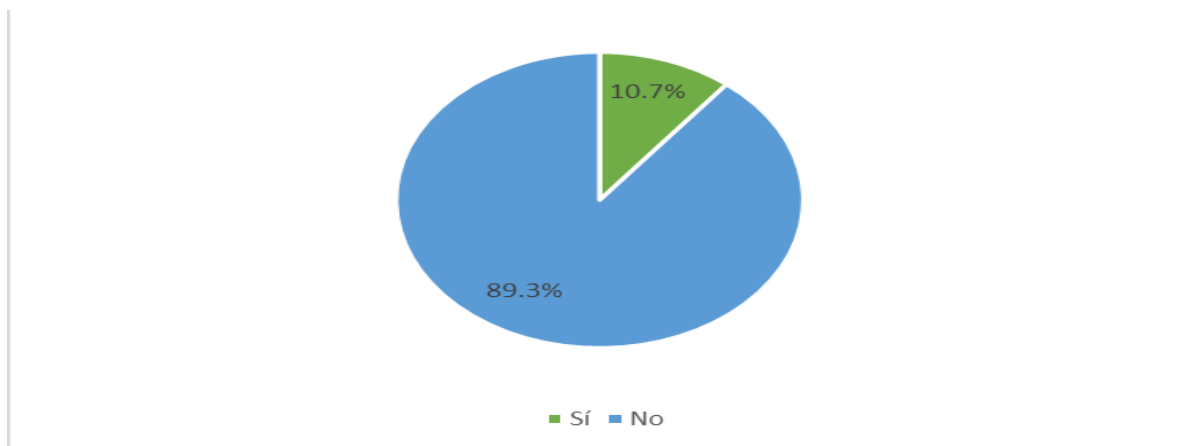
## 2.8 Financiamiento

El 10,7% de las UPA solicitaron crédito en 2013; el 88,4% lo obtuvo. Nariño, Boyacá, Huila, Cauca y Santander tienen el 51,2% de créditos solicitados el uso principal de los créditos es para compra de insumos (50,2%), pago de mano de obra (21,3%) y compra de animales (20,8%). (DANE, 2014).



## Figura 11

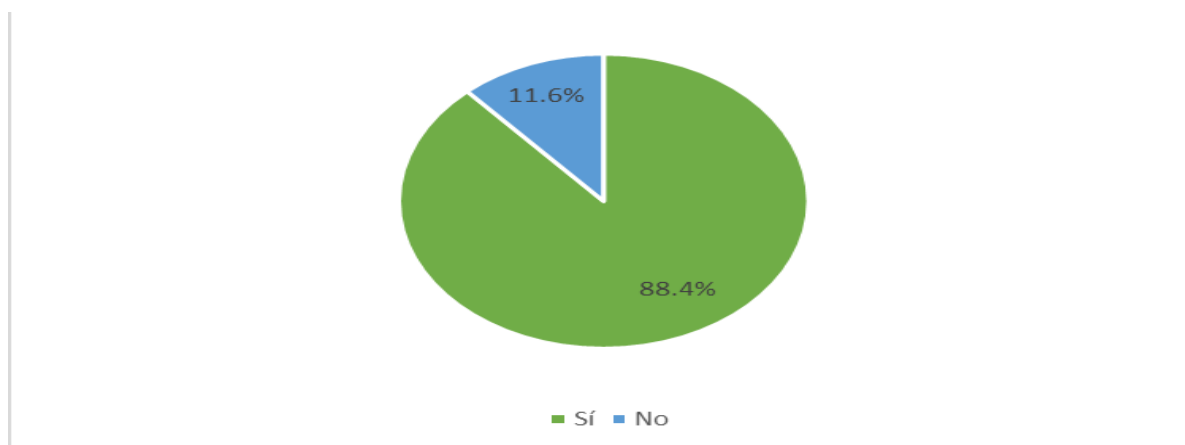
### Solicitud De Crédito



**Nota.** Se muestra la solicitud de crédito, revelando que solamente el 89.3% de los agricultores optan por solicitarlo. Esta cifra sugiere una posible falta de acceso a información sobre los beneficios y oportunidades que el crédito puede ofrecer en el ámbito agrícola. Además, solo un 10,7% de los agricultores efectivamente solicitan créditos, indicando una proporción reducida de personas que acceden a esta forma de financiamiento. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

## Figuras 12.

### Aprobación De Crédito



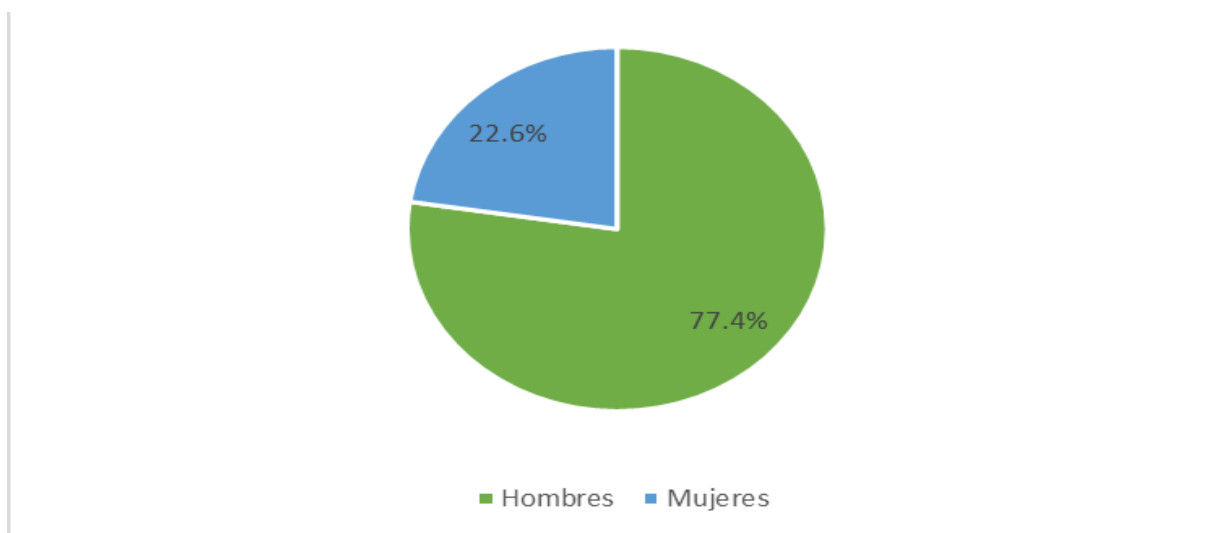
**Nota:** Resaltando un 88,4% de aprobación. Por otro lado, se registra un 11,6% donde se concede la aprobación del crédito. En conclusión, se puede inferir que los agricultores tienen un acceso relativamente sencillo a la obtención de créditos, sin embargo, la baja solicitud puede atribuirse a la falta de información sobre los beneficios del crédito o al temor a no poder cumplir con las obligaciones financieras correspondientes. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

## 2.9 Mano de Obra

Hay 4,5 millones de trabajadores permanentes en las UPA, con 77,4% hombres y 22,6% mujeres. Se registraron 6,5 millones de jornales adicionales. Nariño, Boyacá y Cundinamarca tienen mayor proporción de trabajadores permanentes. Vaupés, Amazonas y Guainía tienen las mayores proporciones de mujeres trabajadoras permanentes. El 45,9% de los trabajadores permanentes son miembros del hogar del productor, con 28,9% mujeres. El 88,5% de los trabajadores permanentes laboran en UPA de menos de 50 ha. (DANE, 2014).

**Figura 13**

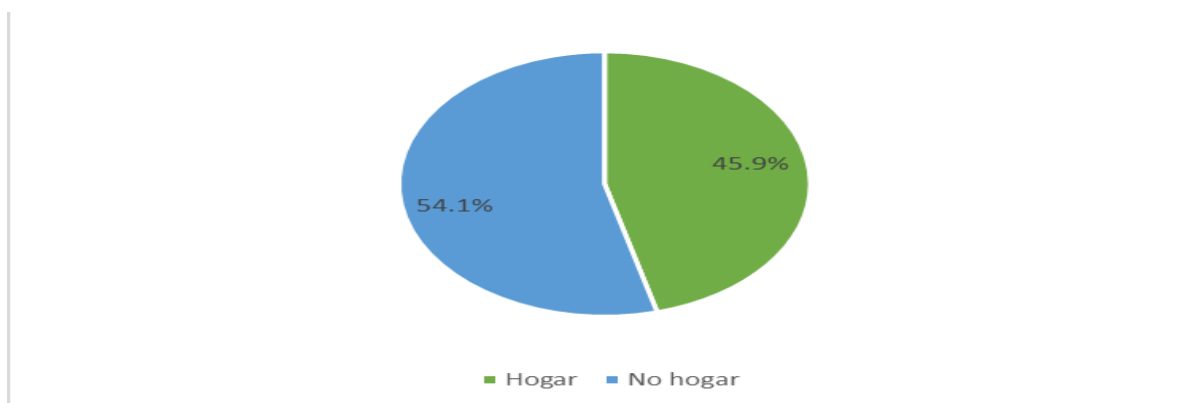
*Trabajadores Permanentes Por Sexo*



**Nota:** Se observa que los hombres lideran el trabajo agrícola con un 77.4 % con respecto a las mujeres con un 22.6 %. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

**Figura 14**

*Trabajadores Permanentes Por Pertenencia*



**Nota :** Los trabajadores agricultores permanente por pertenencia . Podemos observar que el 54.1% de esa población cuenta con hogar propio, es decir más de la mitad con respecto a lo que cuentan con hogar propio con un 45.9%. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

### 3.RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO Y LA ADECUACIÓN DE TIERRAS

#### 3.1 Aspectos metodológicos

Origen y Forma Funcional: la función de producción Cobb-Douglas, nombrada así por Charles Cobb y Paul Douglas, es una forma funcional específica utilizada en modelos económicos para representar la relación entre los inputs (como el capital y el trabajo) y el output (producción) de una economía o empresa (Cobb, C. Douglas, P., 1928).

$$Y_i = F(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

Características: la función tiene la forma  $Y=AK^\alpha L^\beta$ , donde Y es el total de producción, K es el capital, L es el trabajo, A es un factor de eficiencia total, y  $\alpha$  y  $\beta$  son los coeficientes de producción que representan las elasticidades del capital y el trabajo, respectivamente (Felipe, J., & Adams, F. G., 2005).

Para realizar la forma funcional sería:

$$Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} e^{u_i}$$

Con el objetivos de transformar las variables en forma logarítmica (modelo log-log)

$$\begin{aligned} \ln y_i &= \ln \beta_1 + \ln \beta_2 K + \beta_3 \ln l + u_i \\ &= \beta_0 + \beta_2 \ln FBKF_{2I} + \beta_3 \ln PEA_{3i} + u_i \end{aligned}$$

Retornos a Escala: una característica clave de la función Cobb-Douglas es su capacidad para modelar diferentes tipos de retornos a escala. Si  $\alpha+\beta=1$ , la función muestra rendimientos constantes a escala; si la suma es mayor que 1, indica rendimientos crecientes a escala, y si es menor que 1, rendimientos decrecientes a escala (Prajneshu, 2008).

Aplicación en Análisis Económico: Esta función se utiliza para analizar cómo diferentes inputs contribuyen a la producción y para entender cómo se distribuye el ingreso entre el capital y el trabajo. También es útil en el análisis del crecimiento económico y la eficiencia productiva.

### 3.2 Interacción entre MCO y Cobb-Douglas

En la práctica, los Mínimos Cuadrados Ordinarios se usan a menudo para estimar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la función de producción Cobb-Douglas. Esto permite cuantificar cómo los cambios en los factores de capital y trabajo afectan la producción y, por lo tanto, interpretar las relaciones económicas subyacentes de manera más efectiva (Smirnov, R., & Wang, K., 2019).

**Introducción:** Los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) representan una técnica esencial en la econometría y análisis estadístico, particularmente en la estimación de modelos de regresión lineal. Esta metodología se enfoca en la optimización de la estimación de parámetros a través de la minimización de las sumas de los cuadrados de los residuos, es decir, las diferencias entre los valores observados y los valores estimados por el modelo lineal (Gujarati & Porter, 2009).

La resolución de esta minimización implica el cálculo de derivadas parciales y la solución de un sistema de ecuaciones lineales.

**Interpretación de los Coeficientes en MCO:** En MCO, los coeficientes  $\beta$  representan la relación estimada entre cada variable independiente y la variable dependiente, manteniendo constantes todas las demás variables. Es decir, cada coeficiente indica el cambio esperado en la variable dependiente por una unidad de cambio en la variable independiente correspondiente. Esta interpretación es directa en modelos lineales, pero requiere cuidado en modelos con interacciones o transformaciones no lineales (Gujarati & Porter, 2009).

**Supuestos Fundamentales de MCO:** Para la validez de MCO, es crucial que se cumplan ciertos supuestos:

1. **Linealidad:** El modelo debe ser lineal en los parámetros.
2. **Independencia:** Los términos de error deben ser independientes entre sí, lo que implica ausencia de autocorrelación.
3. **Homocedasticidad:** Los términos de error deben tener varianzas constantes, es decir, no deben presentar heterocedasticidad.
4. **No Colinealidad Perfecta:** Las variables independientes no deben ser perfectamente colineales.
5. **Normalidad de los Errores:** Para la inferencia estadística (pruebas de hipótesis y construcción de intervalos de confianza), se asume idealmente que los términos de error

siguen una distribución normal, especialmente importante en muestras pequeñas (Stock & Watson, 2015).

**Problemas de Violación de Supuestos:** La violación de estos supuestos puede llevar a estimadores sesgados e inconsistentes. Por ejemplo, la autocorrelación de los términos de error puede ser indicativa de una especificación errónea del modelo o de la presencia de variables omitidas. La heterocedasticidad afecta la eficiencia de los estimadores, haciendo que las pruebas de hipótesis sean menos fiables. Las técnicas como la transformación de variables o la utilización de modelos de efectos fijos o aleatorios pueden ayudar a abordar estos problemas (Greene, 2012).

**Extensiones de MCO:** La metodología de MCO se ha extendido para abordar situaciones más complejas como modelos con variables dependientes limitadas, modelos de datos de panel, y técnicas de variables instrumentales para abordar la endogeneidad. Estas extensiones permiten la aplicación de MCO en un espectro más amplio de problemas económicos y sociales (Maddala & Lahiri, 2009).

### **3.3 Especificación de los modelos**

En esta sección se describen dos modelos particulares para el análisis. El primero, según lo mencionado, utiliza el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios y se fundamenta en la función de producción Cobb-Douglas. El segundo modelo se vale de la frontera estocástica de producción para evaluar la eficiencia del sector agrícola en Colombia. Este estudio contrasta una serie de variables, como los distintos tipos de riego (riego por gravedad, riego por goteo), la maquinaria, asistencia técnica, manejo fitosanitario manual, área sembrada por finca de cada municipio, trabajo per cápita, fertilizantes, maquinaria y crédito. El objetivo es verificar que bien de capital influye positivamente en el aumento de la eficiencia técnica. Por ende, es crucial comprobar que las series de tiempo satisfagan los supuestos respectivos de cada modelo.

### **3.4 Modelo econométrico MCO**

La siguiente ecuación representa el modelo estadístico utilizado para encontrar la importancia que tiene cada factor en la producción del sector agrícola en Colombia:

$$\log \text{ cantidad} = B_0 + B_1 \cdot \log \text{ Riego Gravedad} + B_2 \cdot \log \text{ Maquinaria} + B_3 \cdot \log \text{ Asistencia Técnica} + B_4 \cdot \log \text{ Trabajo per} + B_5 \cdot \log \text{ Riego Goteo} + B_6 \cdot \log \text{ Fito Manual} + B_7 \cdot \log$$

$$\text{area2} + B8*\log \text{ Fertilizante Químico} + B9*\text{Trabajo } \_per + B10*\text{FitoQuímico} + B11*\text{Fertilizante Enmienda} + ui.$$

**Tabla 1**

*Estadística Descriptiva de los datos*

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
lcantidad	1122	9.554	1.383	1.786	13.164
IRiego Gravedad	1068	3.65	1.616	0	7.823
IMaquinaria	1122	5.223	1.227	0	8.075
IASistencia Técnica	1116	5.041	1.389	0	8.495
ITrabajo per	1122	7.963	.874	2.773	10.739
IRiego Goteo	1085	4.043	1.555	0	7.758
IFito Manual	1120	5.73	1.143	.693	8.553
larea2	1122	39.07	2.661	26.644	49.812
IFertilizante Quimico	1110	5.664	1.413	0	8.866
Trabajo per	1122	4038.904	3782.708	16	46121
Fito Quimico	1122	568.332	667.105	0	6444
Fertilizante Enmienda	1122	55.28	94.696	0	745

**Nota:** En la tabla tuvimos en cuenta 11 variables de estudio para realizar la regresión del modelo econométrico las cuales son :

La cantidad: Variable a estudiar, cuál es la cantidad mayor y el impacto en cantidad que tienen cada una de las variables, las cuales son:

1. Cantidad = Y
2. Tipo de riego por gravedad
3. Asistencia Técnica
4. Trabajo per capital o por persona
5. Tipo de riego por goteo
6. Fito Manual: control de plagas de forma manual. Ejemplo: las malezas.
7. Área2 de las hectáreas.
8. Fertilizantes químicos para control de las plagas
9. Trabajo per cápita o por persona.
10. Fito químico: Control de plagas mediante componentes químicos.
11. Fertilizante Enmienda: Mejoras en los suelos.

Se destaca la significancia de ciertas variables en el estudio. En primer lugar, la variable 'trabajo per cápita' muestra 1122 observaciones, con una desviación estándar de 3782.708, un valor mínimo de 16 y un máximo de 46121. En segundo lugar, la variable 'Área2' cuenta también con 1122 observaciones, exhibiendo una desviación estándar de 2.661, un valor mínimo de 26.644 y un máximo de 49.812.

**Tabla 2***Regresiones de las variables*

VARIABLES	(1) cantidad	(2) cantidad	(3) cantidad
IRiego_Gravedad	0.208*** (0.0230)		6,282*** (1,028)
IMaquinaria	0.0890** (0.0404)		-1,977 (1,498)
IASistencia_Tecnica	0.120*** (0.0386)		1,827 (1,159)
ITrabajo_per	0.300*** (0.0957)		3,855 (4,668)
IRiego_Goteo	0.0762*** (0.0247)		617.0 (965.4)
IFito_Manual	-0.162*** (0.0392)		-4,554*** (1,272)
larea2	0.194*** (0.0155)		5,467*** (795.1)
IFertilizante_Quimico	0.149*** (0.0515)		3,878* (2,003)
Trabajo_per	3.52e-08 (1.42e-05)	5.618*** (1.015)	3.500*** (1.253)
Fito_Quimico	-0.000303*** (7.17e-05)	-17.79** (8.438)	-18.54*** (5.726)
Fertilizante_Enmienda	0.000864*** (0.000333)		74.94*** (28.75)
Riego_Gravedad		39.33*** (11.57)	
Maquinaria		19.50*** (5.911)	
Asistencia_Tecnica		4.892 (5.179)	
Riego_Goteo		31.13*** (9.551)	
Fito_Manual		-15.27*** (4.381)	
Fertilizante_Quimico		-1.189 (6.328)	
Constante	-2.295*** (0.668)	9,256*** (1,795)	-241,552*** (38,518)
Observaciones	1,047	1,122	1,047
R-cuadrado	0.516	0.264	0.319

Errores estándar robustos en paréntesis  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Nota:** Tercer Censo Nacional Agropecuario - 2014 -3er CNA - Colombia. (s.f.). Catálogo Central de Datos. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/513>

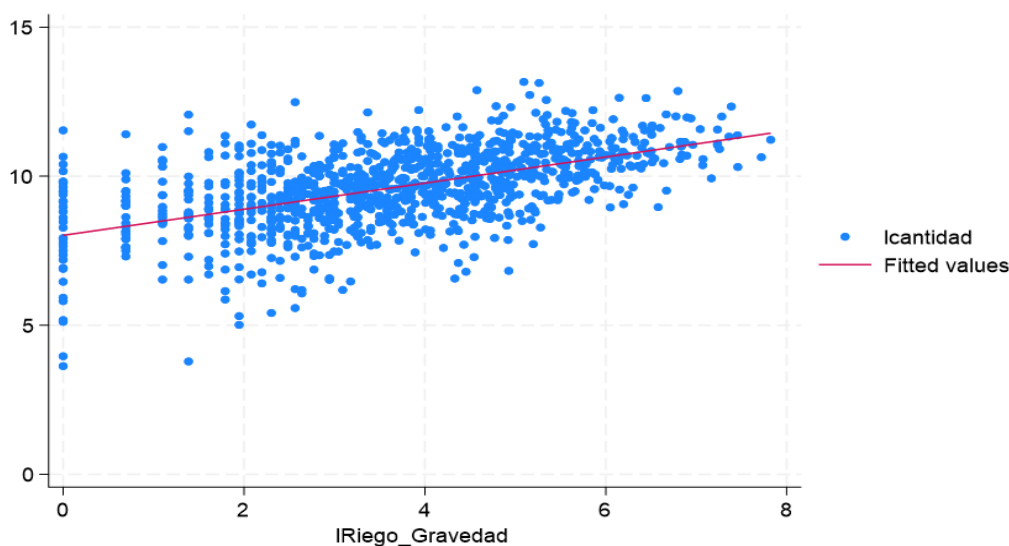


Realizamos tres modelos aplicando Mínimos Cuadrados Ordinarios y el escogido es el primero porque superó las pruebas de robustez como la correcta especificación de la forma funcional en Ramsey-RESET y arrojó el mayor valor del R cuadrado.

El modelo de regresión lineal presentado analiza el impacto de variables como Riego por Goteo, Asistencia Técnica, Crédito y Ltrabajo en el Rendimiento, con una muestra considerable de 291,500 observaciones. Este modelo ofrece un valioso entendimiento de cómo diversos factores pueden influir en el rendimiento, crucial en contextos como la agricultura o la gestión empresarial.

**Figura 15**

*Dispersión entre cantidad y riego por gravedad*



**Nota:** Además, preliminarmente y a través de un gráfico de dispersión, ya se observa una relación estadísticamente significativa y positiva entre la variable explicativa principal de este trabajo (Riego) y la producción.

### 3.5 Resultados y hallazgos

**IRiego\_Gravedad:** en promedio, una unidad adicional de riego por gravedad a nivel municipal, aumenta en 0,208% la cantidad total de producción agrícola, manteniendo lo demás constante.

**IMaquinaria:** Un aumento del 1% en la maquinaria a nivel municipal está asociado con un aumento del 0.0890% en la cantidad total de producción agrícola, manteniendo lo demás constante.

**IASistencia\_Tecnica:** Un aumento del 1% en la asistencia técnica a nivel municipal se asocia con un aumento del 0.120% en la cantidad total de producción agrícola, manteniendo lo demás constante.

**ITrabajo\_per:** Un aumento del 1% en el trabajo por... (la variable parece estar cortada, pero asumiendo que se refiere a trabajo por persona), se asocia con un cambio de  $3.52e-08$  en la producción agrícola, manteniendo lo demás constante.

**IFito\_Manual:** Un aumento del 1% en el fito manual se asocia con una disminución del 0.162% en la cantidad total de producción agrícola, manteniendo lo demás constante.

**Iarea2:** Un aumento del 1% en el cuadrado del área promedio de una UPA en el municipio, se asocia con un aumento del 0.194% en la cantidad total de producción agrícola, manteniendo lo demás constante.

**IFertilizante\_Quimico:** Un aumento del 1% en la cantidad de fertilizante químico utilizado está asociado con un aumento del 0.149% en la cantidad total de producción agrícola, manteniendo lo demás constante.

La constante (intercepto) de -2.295 indica el valor esperado de la variable dependiente cuando todas las variables independientes son cero.

### **3.6 R-cuadrado y Ajuste del Modelo**

El R-cuadrado de 0.516 implica que aproximadamente el 51.6% de la variabilidad en la cantidad total de producción agrícola es explicada por las variables independientes incluidas en el modelo. El modelo utiliza errores estándar robustos a heterocedasticidad porque presenta heterocedasticidad.

### **3.7 Fronteras estocásticas**

El modelo de fronteras estocásticas es una metodología econométrica utilizada para estimar la eficiencia técnica de unidades de producción, como empresas o sectores económicos. Este modelo asume que la diferencia entre la producción observada y la producción potencialmente

alcanzable no se debe únicamente a ineficiencias técnicas, sino también a factores aleatorios que pueden estar fuera del control de la empresa.

El modelo se construye a partir de la función de producción, que relaciona la cantidad de producción con los insumos utilizados y otros factores. La eficiencia técnica se mide como la relación entre la producción observada y la producción que sería posible obtener en el límite de la frontera de producción, bajo las mismas condiciones de insumos y tecnología. En la práctica, esto se realiza a través de un proceso de estimación econométrica que separa el error en dos componentes: uno que captura la ineficiencia técnica y otro que representa el error aleatorio.

Este enfoque difiere de los modelos de frontera determinística, donde se asume que cualquier desviación de la frontera es debido a ineficiencia. Al introducir un término estocástico, el modelo de fronteras estocásticas proporciona una medida más flexible y realista de eficiencia, permitiendo que el rendimiento de las unidades de producción sea afectado por la suerte, los choques externos y otras variables no controlables.

**Tabla 3**

*Estadística Descriptiva*

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
te cantidad	1047	.583	.121	.094	.859

**Nota :**En la tabla 3 , En promedio, el sector agrícola colombiano opera al 58.3% de su capacidad productiva potencial, dado el estado de la tecnología y los recursos disponibles. La desviación estándar de 0.121 indica variabilidad en la eficiencia técnica entre las distintas observaciones. El mínimo y máximo muestran que hay unidades con eficiencias tan bajas como el 9.4% y tan altas como el 85.9%, lo que sugiere una amplia dispersión en la eficiencia técnica dentro del sector El valor medio de eficiencia técnica de 58.3% es indicativo de que hay un amplio margen para mejorar la producción agrícola en Colombia.(DANE, 2014)

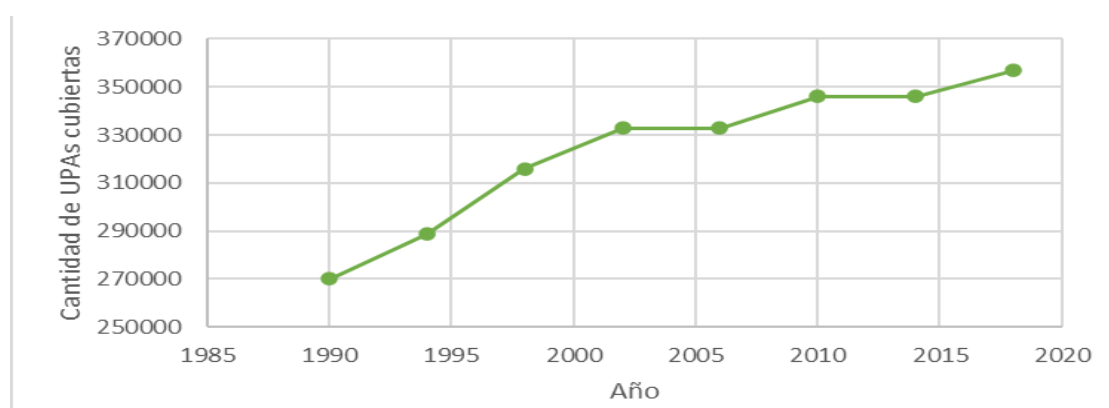
### 3.8 Recomendaciones de política

Dados los resultados del modelo econométrico, que confirman la hipótesis del trabajo, se sugiere mejorar la cobertura y uso de los distritos de riego en el sector agrícola colombiano.

Colombia tiene un gran potencial para la irrigación, pero actualmente se aprovecha poco. Existen desafíos operativos y de gestión en los distritos de riego públicos.

#### Figura 16

*Evolución De La cobertura De Distritos De Riego En Colombia*

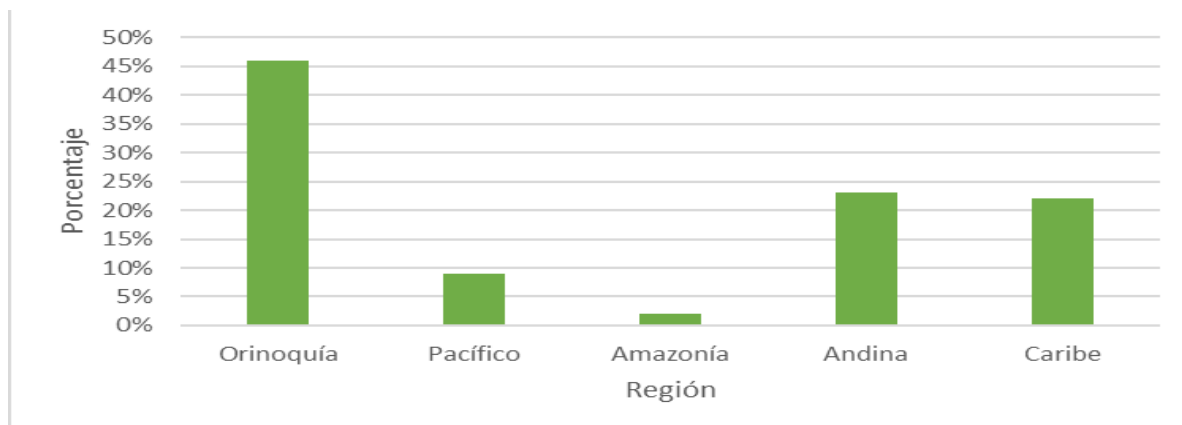


**Nota:** Departamento Nacional de Planeación (2018). Política de adecuación de tierras 2018-2038. Documento Conpes 3926.

El riego es esencial para mejorar la productividad agrícola, pero su uso en Colombia es limitado. La baja formalidad en el uso del agua y la limitada eficiencia de los instrumentos para incentivar su uso plantean desafíos. Además, el país presenta muy variados potenciales para aprovechar el riego, como se observa en la siguiente gráfica, en la que es especialmente notable la capacidad de la Orinoquía.

**Figura 17**

*Proporción de hectárea con potencial irrigación*



**Nota.** Se destaca que la región con el mayor porcentaje de área con potencial de irrigación es la Orinoquia, con un significativo 45%. Esta proporción se encuentra principalmente concentrada en los departamentos de Casanare, Meta, Vichada y Arauca. A continuación, le siguen en proporción la región Andina con un 23% y la región Caribe con un 21%. Por otro lado, la zona del Pacífico exhibe un 9%, mientras que la Amazonia muestra un modesto 2%, lo cual resulta notablemente bajo considerando la extensión geográfica significativa de estas dos regiones. Unidad de Planificación Agropecuaria (2018). Uso eficiente del suelo y adecuación de tierras.

Las APP son una opción para movilizar recursos hacia proyectos de riego y adecuación de tierras. Pero requieren políticas regulatorias sólidas y una buena asignación de riesgos.

Con base en todo lo anterior, se propone en específico: reordenar la institucionalidad sobre adecuación de tierras y fortalecer la Agencia de Desarrollo Rural; incluir componentes de adecuación de tierras y riego en el Programa de Alianzas Productivas; mejorar la gestión del recurso hídrico y fortalecer los mecanismos de reporte y control y priorizar el presupuesto gubernamental para actividades de adecuación de tierras. Pero sobre todo, se recomienda profundizar en estos estudios y en diseños público-privados más eficaces.

#### **4.CONCLUSIONES**

La investigación reveló una eficiencia técnica promedio del 58% en el sector agrícola colombiano, destacando un considerable nivel de ineficiencia. Se encontró que los factores más críticos para mejorar la productividad son el riego y la adecuación de tierras. Estos hallazgos tienen implicaciones directas en la política agrícola y en las prácticas de gestión de tierras en Colombia.

Los resultados sugieren que, a pesar de los avances y el potencial del sector agrícola colombiano, existen significativas oportunidades de mejora. La eficiencia técnica actual, afectada por limitaciones en infraestructura y tecnología, subraya la necesidad de estrategias enfocadas en la modernización y sostenibilidad del sector.

La hipótesis planteada se confirma en parte: los distritos de riego son un bien de capital fundamental en la producción agrícola de Colombia, pero otros factores también juegan un rol importante en la eficiencia técnica. Esto resalta la complejidad de los desafíos del sector y la necesidad de enfoques multifacéticos para abordarlos.

Esta tesis aporta una comprensión detallada de los factores que influyen en la eficiencia técnica del sector agrícola en Colombia, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones políticas y prácticas agrícolas más informadas y sostenibles.

Se recomienda investigar más a fondo la relación entre la eficiencia técnica y factores como el cambio climático, la innovación tecnológica y las dinámicas socioeconómicas. Además, sería beneficioso explorar el impacto de diferentes modelos de gestión de tierras y sistemas de irrigación en la productividad agrícola.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arango, Mariano. (mayo-agosto de 1987 y 1994). Esquema de políticas de reforma agraria en Colombia. (Publicado inicialmente en Lecturas de Economía, Universidad de Antioquia, No. 23 y luego en Min agricultura 80 años, transformaciones en la estructura agraria).
- Arango, Mariano. (mayo-agosto de 1987 y 1994). Esquema de políticas de reforma agraria en Colombia. (Publicado inicialmente en Lecturas de Economía, Universidad de Antioquia, No. 23 y luego en Min agricultura 80 años, transformaciones en la estructura agraria).
- Arango, Mariano. (septiembre-diciembre de 1986). Logros y perspectivas de la reforma agraria en Colombia. En Lecturas de Economía, CIE, Universidad de Antioquia, No.21.
- Banco de la Republica. (2019). Evolución de la balanza de pagos y posición de inversioninternacional. Enero-junio 2019. Recuperado de [https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/paginas/ibp\\_ene\\_jun\\_2019.pdf](https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/paginas/ibp_ene_jun_2019.pdf)
- Barraclough, Solón. (1965). ¿Qué es una reforma agraria? En Delgado, Oscar (compilador) Reformas Agrarias en América Latina. Procesos y perspectivas. México: Fondo de Cultura Económica.
- Benites, L. (2022, mayo 23). Modelo Estocástico / Proceso: Definición y Ejemplos. Statologos. <https://statologos.com/modelo-estocastico/>
- Bloch, Marc. (2006). Introducción a la historia. (Cuarta reimpresión). México: Fondo de Cultura Económica.
- Caballero, C. & Junguito, R. & Leibovich, J. & López, E. & Perfetti, J. (2022). Episodios de la historia de la agricultura en Colombia. Banco de la República de Colombia.
- Cancino, S. E., Escalante, G. O. C., & García, E. Q. (2021). Determinación de una función Cobb-Douglas en la producción de durazno en Colombia. Panorama Económico, 29(3), 160-171

- Carrol, Thomas F. (1965). La estructura agraria. En Reformas agrarias en América Latina, procesos y perspectivas. Edición preparada por Oscar Delgado. México: Fondo de Cultura Económica.
- Centro Nacional de Memoria Histórica (2013). La política de reforma agraria y tierras en Colombia. Esbozo de una memoria institucional. Imprenta Nacional de Colombia
- Chang, H. (2023). 4 industrial policy: Best practices for emerging economies. De Gruyter.
- Chiriboga, Manuel. (1991). Hacia una modernización democrática e incluyente de la agricultura de América Latina y El Caribe. Seminario Internacional sobre Apertura Económica y Economía Campesina. Bogotá.
- Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. American Economic Review, 8, 139-1965.
- Corral, José Luis; García Herrera, Carmen; Navarro, Germán. (2006). Taller de historia. El oficio que amamos. Ensayo. Barcelona: Edhasa.
- Cortés, S. & Perfetti, J. (2013). La agricultura y el desarrollo de los territorios rurales. En: Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia.
- R. D. E. C. P. L. A. G. (s/f). DE LA CALIDAD DEL PROCESO ESTADÍSTICO. Gov.co. Recuperado el 29 de noviembre de 2023, de <https://www.dane.gov.co/files/sen/normatividad/NTC-Proceso-Estadistico-PE-1000-2020.pdf>
- Delgado, Oscar (compilador). (1965). Reformas Agrarias en América Latina. Procesos y perspectivas. México: Fondo de Cultura Económica.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Resultados. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.



Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria 2018.

Departamento Nacional de Planeación (2016). Misión para la Transformación del Campo.

Díaz-Callejas, Apolinar. (2002). Colombia y la reforma agraria. Sus documentos fundamentales. Bogotá: Universidad de Cartagena.

Dorner, Peter. (1972). Reforma agraria y desarrollo económico. Madrid: Alianza Universidad.

Fajardo M, Darío. (1983). Haciendas, campesinos y políticas agrarias en Colombia, 1920-1980. Bogotá: Fundación Friedrich Naumann, Editorial Oveja Negra.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria 2018

Departamento Nacional de Planeación (2016). Misión para la Transformación del Campo.

Departamento Nacional de Planeación (2018). Política de adecuación de tierras 2018-2038. Documento Conpes 3926.

Díaz-Callejas, Apolinar. (2002). Colombia y la reforma agraria. Sus documentos fundamentales. Bogotá: Universidad de Cartagena.

Dorner, Peter. (1972). Reforma agraria y desarrollo económico. Madrid: Alianza Universidad.

Fajardo M, Darío. (1983). Haciendas, campesinos y políticas agrarias en Colombia, 1920-1980. Bogotá: Fundación Friedrich Naumann, Editorial Oveja Negra.

García, Antonio. (1967). Dinámica de las reformas agrarias en América Latina. Santiago de Chile: Icíar.

Greene, W. H. (2012). Econometric Analysis (7th ed.). Prentice Hall.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics (5th ed.). McGraw-Hill Irwin.

Hamann, F., F. Arias, J. Bejarano, M. Gáfaró, J. Méndez & A. Poveda. (2019). Productividad total de los factores y eficiencia en el uso de los recursos productivos en Colombia, Ensayos sobre Política Económica (ESPE), No. 89.

Hayashi, F. (2000). Econometrics. Princeton University Press.

Johnston, J., & DiNardo, J. (1997). Econometric Methods (4th ed.). McGraw-Hill.

Kalmanovitz Krauter, S., & López Enciso, E. A. (2003). La agricultura en Colombia entre 1950 y 2000. Revista Del Banco De La República, 76(912), 11–68. Recuperado a partir de <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/banrep/article/view/10178>

Kalmanovitz, Salomón; López, Enrique. (2006). La agricultura colombiana en el siglo XX. Bogotá: Banco de la República.

Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. A. K. (2000). Stochastic Frontier Analysis. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9781139174411

LeGrand, Catherine. (1988). Colonización y protesta campesina en Colombia, 1850-1950. Bogotá: Universidad Nacional.

Ley 160 de 1994. Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 41.479, de 5 de agosto de 1994. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20160%20de%201994.pdf>

[Ley 1731 de 2014. Por medio de la cual se adoptan medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y se dictan otras disposiciones relacionadas con el fortalecimiento](#)

[de la corporación colombiana de investigación agropecuaria \(corpoica\).  
https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%201731%20de%202014.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%201731%20de%202014.pdf)

Ley 811 de 2003. Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 45.236 de 2 de julio de 2003

Lipton, Michael. (2009). Land Reform in Developing Countries. Property rights and property wrongs. London and New York: Routledge Taylor and Francis Group.

López Cordovez, Luis. (1991). Lineamientos conceptuales para el desarrollo rural sostenible y equitativo. Santiago de Chile: IICA, GTZ.

Machado, C., Absalón. (1984). Un balance retrospectivo de la reforma agraria. En Economía Colombiana, No. 160-161.

Maddala, G. S., & Lahiri, K. (2009). Introduction to Econometrics (4th ed.). Wiley.

Mesa de Conversaciones entre el gobierno y las FARC. (2013). Primer informe conjunto de la Mesa de Conversaciones entre el gobierno de la república de Colombia y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia-Ejército del Pueblo, FARC-EP. La Habana.

Palacios, M. (2002). El café en Colombia (1850-1970): una historia económica, social y política - Tercera edición. Bogotá: Planeta, Ediciones Uniandes, El Colegio de México

Palacios, Marco. (2011). ¿De quién es la tierra? propiedad, politización y protesta campesina en la década de 1930. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, Universidad de los Andes.

Perfetti, M., Corral, D., Felipe, C., & Lombo, P. (s/f). Censo Nacional Agropecuario. Gov.co. Recuperado el 29 de noviembre de 2023, de

<https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-2-Productores-residentes/2-Boletin.pdf>

Ramos, Manuel. (2001). Reforma agraria: un repaso a la historia. En Colombia, tierra y paz. Experiencias para la reforma agraria. Alternativas para el siglo XXI. 1961-2001. Bogotá: Incora.

Rodrik, D. (2023). The new economics of industrial policy. National Bureau of Economic Research

Sato, R., & Ramachandran, R. V. (2014). Symmetry and Economic Invariance (2nd ed.). New York: Springer.

Schejtman, Alexander; Berdegué, Julio. (2004). Desarrollo rural territorial. En Debates y Temas Rurales No.

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2015). Introduction to Econometrics (3rd ed.). Pearson.

Unidad de Planificación Agropecuaria (2018). Uso eficiente del suelo y adecuación de tierras.

Wooldridge, J. M. (2015). Introductory Econometrics: A Modern Approach (6th ed.). South-Western Cengage Learning.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1.

### ROBUSTEZ DEL MODELO MULTICOLINEALIDAD

VARIABLES	VIF	1/VIF
lTrabajo per	6.147	.163
Trabajo per	4.764	.21
lFertilizante Quimico	4.375	.229
Fito Quimico	3.133	.319
lAsistencia Tecnica	2.851	.351
lMaquinaria	2.222	.45
lFito Manual	2.006	.498
larea2	1.655	.604
lRiego Gravedad	1.612	.62
lRiego Goteo	1.562	.64
Fertilizante Enmie~a	1.505	.665
Mean VIF	2.894	.

El Factor de Inflación de la Varianza (VIF) es una medida utilizada en la econometría para detectar la multicolinealidad entre las variables independientes en un modelo de regresión. La multicolinealidad se refiere a la situación en la que dos o más variables explicativas están altamente correlacionadas, lo cual puede distorsionar los resultados de la regresión y dificultar la interpretación de los coeficientes.

#### Resultados del Análisis VIF

Los valores VIF para "Asistencia técnica", "Riego goteo", y "Ltrabajo" son respectivamente 1.012, 1.009, y 1.005. Estos valores están muy cerca de 1, y sus inversos (1/VIF) son 0.988, 0.991, y 0.995, respectivamente.

Valores VIF: Generalmente, un VIF superior a 5 o 10 indica una preocupación seria por la multicolinealidad. En este caso, los valores VIF están significativamente por debajo de estos umbrales, lo que sugiere que la multicolinealidad no es un problema en este modelo.

1/VIF: Estos valores cercanos a 1 reafirman la baja multicolinealidad entre las variables independientes.

## **Interpretación Económica y Práctica**

**Confianza en los Coeficientes:** La baja multicolinealidad indicada por los valores VIF aumenta la confianza en la validez y estabilidad de los coeficientes del modelo. Esto significa que podemos estar más seguros de que los cambios en la variable dependiente (Rendimiento, en este contexto) son realmente atribuibles a cambios en las variables independientes y no a interdependencias confusas entre ellas.

**Solidez del Modelo:** En términos prácticos, un modelo con baja multicolinealidad es más robusto y confiable. Esto es especialmente valioso en campos como la economía agrícola o la gestión de recursos, donde las decisiones basadas en modelos pueden tener implicaciones significativas.

**Facilita la Interpretación:** Con bajos niveles de multicolinealidad, la interpretación de cada variable independiente en términos de su impacto en la variable dependiente se vuelve más clara y menos complicada por interacciones ocultas o correlaciones.

## ANEXO 2.

### PRUEBA DE RAMSEY

<b>Prueba de Ramsey RESET</b> <b>Ramsey RESET test for omitted variables</b> <b>Omitted: Powers of fitted values of Rendimiento</b> <b>H0: Model has no omitted variables</b>
F(3, 291493) = 2.99
Prob > F = 0.0296

### Anexo 3. Normalidad de errores

Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Adj	chi2(2)	Prob>chi2
resid	1,047	0.022	0.000	21.810	0.000	

Prob>chi2 = 0.0000: El p-valor asociado con el estadístico chi-cuadrado es menor que 0.0001, indicando que rechazaríamos la hipótesis nula de que los residuos se distribuyen normalmente en cualquier nivel convencional de significancia.

Pr(kurtosis) = 0.0000: Sugiere que la curtosis de los residuos es significativamente diferente de la curtosis de una distribución normal al nivel de confianza muy por encima del estándar del 5%.

Pr(skewness) = 0.0221: Indica que hay una baja probabilidad (2.21%) de que la asimetría de la distribución de los residuos sea igual a la de una distribución normal, lo cual es significativo al nivel común del 5%.