

Promover una transición hacia un apoyo sostenible a la agricultura en Colombia: seguimiento de los gastos públicos en inversiones verdes y sus impactos

Universidad de los Andes, Facultad de Economía
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Resumen ejecutivo

Este informe analítico reúne dos pilares complementarios para comprender la transición de Colombia hacia un apoyo agrícola más verde. En primer lugar, el estudio empleó el sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) de financiamiento climático, desarrollado por el Departamento Nacional de Planeación de Colombia, para rastrear el gasto público verde en el sector agropecuario entre 2011 y 2023. Al hacerlo, se llegó a la conclusión de que la inversión pública verde sigue siendo marginal, aumentando solo del 1,81% al 2,37% del total de la inversión pública agrícola. Yendo más allá, se encontró que la asignación territorial no estaba alineada con las necesidades relacionadas. En este sentido, se enfatiza la necesidad de coordinar las asignaciones de financiamiento público en sus etapas finales para el sector agrícola con el fin de cumplir los ambiciosos compromisos iniciales en materia de clima y naturaleza.

En segundo lugar, el informe presenta una evaluación de impacto para comprobar si cambiar el apoyo público hacia intervenciones más ecológicas corre el riesgo de reducir los rendimientos o la producción. Para ello, implementa una evaluación de impacto a nivel municipal que clasifica los contratos públicos como 'verdes' o 'tradicionales', comparando el valor de los rendimientos agrícolas entre áreas receptoras y no receptoras. Al hacerlo, el estudio concluye que no hay evidencia que indique que el apoyo verde rinda por debajo del tradicional, ni siquiera a corto plazo. A largo plazo, los apoyos verdes superan aquellos apoyos de naturaleza no verde en la mayoría de las especificaciones. Yendo más allá, su análisis agregado revela que las ganancias de productividad son más claras para las inversiones en materiales verdes. En general, los datos no respaldan la preocupación de que la 'ecologización' del apoyo agrícola debilite la productividad y, por tanto, la seguridad alimentaria en este contexto,

proporcionando la evidencia necesaria para acelerar y ampliar la transición de una manera que se ajuste a las necesidades territoriales.

En este contexto, este estudio propone las siguientes opciones de política:

1. Construir una estrategia a largo plazo que vaya más allá de administraciones específicas, estableciendo objetivos explícitos y con plazos definidos para superar con creces la actual cuota del ~2% del gasto agrícola verde.
2. Adoptar criterios de focalización transparentes, como la presión de deforestación, el riesgo de erosión, el estrés hídrico, el riesgo climático y la inversión verde por hectárea agrícola, dentro de los criterios estándar de aprobación de proyectos, con el fin de asignar los flujos financieros y monitorear su impacto.
3. Diseñar nuevas políticas fiscales y perfeccionar las ya existentes, como subvenciones a insumos y créditos rurales, para apoyar a los productores en el corto plazo en el caso donde los beneficios económicos de la agricultura sostenible no pueden cubrir los costes de la transición.
4. Implementar campañas de concienciación pública a gran escala para garantizar que los productores sean conscientes de los beneficios a largo plazo de la agricultura sostenible.
5. Proporcionar orientación de arriba hacia abajo (top-down), así como desarrollo de capacidades, para asegurar que la contratación pública apoye los servicios de extensión informados en agroecología.
6. Implementar salvaguardas y herramientas de seguimiento para garantizar una transición sostenible en los territorios agrícolas existentes y priorizar proyectos de bajo riesgo de expansión de la frontera agrícola cuando sea necesario.

Sección 1: Análisis de la financiación para la naturaleza con el fin de apoyar sistemas alimentarios sostenibles, inclusivos y resilientes

1.1. Introducción

El mundo está atravesando una triple crisis planetaria, caracterizada por el cambio climático, la pérdida de naturaleza y biodiversidad, y la contaminación. Dado el papel que desempeña la financiación en la elevación e implementación de las ambiciones, el Acuerdo de París busca "hacer que los flujos financieros sean coherentes con un camino hacia bajas emisiones de gases de efecto invernadero y un desarrollo resiliente frente al cambio climático." Además, el Marco Global de Biodiversidad Kunming-Montreal pretende "alinear los flujos financieros con el Marco Global de Biodiversidad Kunming-Montreal y la Visión 2050 para la Biodiversidad." Para ello, los países no solo tendrán que movilizar flujos 'positivos' de una manera nueva y adicional, sino también redirigir formas 'negativas' de financiación con el potencial de contrarrestar o incluso revertir los beneficios medioambientales obtenidos.

En este contexto, Colombia ha adoptado compromisos nacionales ambiciosos de alto nivel. A través de sus NDCs/CNDs (Contribuciones Nacionalmente Determinadas), el país se ha comprometido a una reducción del 51% de emisiones para 2030, y a través de sus Estrategias de Desarrollo de Bajas Emisiones a Largo Plazo, se ha comprometido con la neutralidad de carbono para 2050. Paralelamente, sus Estrategias Nacionales de Biodiversidad y Planes de Acción establecen como meta lograr la conservación y gestión del 34% de las áreas terrestres, de aguas interiores y marinas-costeras para 2030. Estos compromisos refuerzan la importancia de comprender si la inversión pública está evolucionando de manera coherente con los objetivos medioambientales del país.

Esto es especialmente relevante para el sector agrícola. Según la tercera Contribución Nacionalmente Determinada de Colombia bajo el Acuerdo de París (CND 3.0), las emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2021 estuvieron lideradas por el Uso del Suelo, el Cambio de Uso del Suelo y la Silvicultura (USCUSS), seguidos por la energía y la agricultura, que representan el 34%, 33% y 21%, respectivamente. Por tanto, a través de sus contribuciones directas e indirectas a USCUSS, la agricultura es uno de los principales contribuyentes y necesita un mayor refinamiento para lograr una

mayor sostenibilidad, garantizando al mismo tiempo resultados productivos suficientes.¹

En este contexto, tras consultas con el gobierno, se identificaron dos necesidades analíticas a nivel de implementación en el sector agrícola. En primer lugar, es imprescindible entender si existen suficientes flujos financieros públicos 'positivos' para la agricultura verde, especialmente de una manera que se ajuste a las necesidades medioambientales del país. En segundo lugar, dado que las preocupaciones sobre los compromisos económicos suelen influir en la discusión sobre una posible transición, es importante evaluar cómo estas inversiones verdes afectan a la productividad agrícola en comparación con las formas tradicionales de apoyo. En conjunto, estas preguntas permiten esclarecer el lugar de la inversión pública verde dentro del amplio marco fiscal del sector agrícola, así como los fundamentos para ampliar, sostener o replantear su papel.

Para contribuir a esta agenda, este documento da dos pasos analíticos relevantes para la política. En primer lugar, documenta la trayectoria de la inversión pública verde en el sector agrícola colombiano a lo largo del tiempo y su distribución en los distintos territorios. En segundo lugar, examina la relación entre estas inversiones verdes y los resultados agrícolas, centrándose en la superficie cultivada, la producción y los rendimientos. En lugar de intentar proporcionar una clasificación exhaustiva de todos los instrumentos de apoyo agrícola, el documento se centra en estos dos márgenes empíricos para aportar evidencia sobre la posible expansión de la inversión pública verde y sobre los posibles impactos sociales y económicos de una aceleración de la transición hacia un apoyo sostenible a la agricultura.

1.2. Marco institucional

Para empezar, este documento analizará el marco fiscal para la agricultura verde en Colombia. A través del análisis, se encontró que Colombia ha avanzado en el establecimiento de un marco institucional orientado a alinear sus sistemas agroalimentarios con los principios de sostenibilidad incorporados en sus compromisos de mayor agregación (internacional/nacional). Para ello, el país ha

¹ Los análisis de deforestación nacional muestran que la pérdida de bosques en Colombia se ha asociado con una combinación evolutiva de factores a través de regiones y periodos, incluyendo la expansión de la frontera agrícola, la ganadería y expansión extensiva de pastos, la apropiación y dinámica de la tenencia de la tierra, la expansión agroindustrial en algunos territorios, cultivos ilícitos, la minería y debilidades en la gobernanza territorial (González et al., 2018).

establecido un sistema de dos niveles que operacionaliza sus ambiciones de más alta agregación (internacionales/nacionales) y las traduce a nivel de implementación.

En cuanto a lo primero, esto se materializa a través de tres niveles de instituciones. En primer lugar, los mandatos legislativos establecen el marco vinculante que compromete al país a cumplir sus compromisos internacionales. En particular, las más relevantes son la Ley 1931 de 2018 sobre Política General de Cambio Climático y la Ley 2169 de 2021 sobre Acción Climática. En segundo lugar, la orientación de la política nacional establece la dirección estratégica para alcanzar estos compromisos. Esto incluye CONPES 3700 de 2011 sobre directrices de coordinación de políticas climáticas (DNP, 2011), CONPES 3934 de 2018 sobre Política de Crecimiento Verde, CONPES 4058 de 2021 sobre mitigación y adaptación al cambio climático, y CONPES 4088 de 2022 sobre Desarrollo bajo en carbono. En tercer lugar, dichas directrices políticas de alto nivel se ejecutan a través de los instrumentos de planificación del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), que incluyen el Plan Nacional de Adaptación (PNACC, 2012; 2016), planes sectoriales de mitigación y planes climáticos subnacionales.

En cuanto a este último, un conjunto de instrumentos políticos adicionales refuerza la transición hacia la sostenibilidad en el sector agrícola. Por ejemplo, CONPES 4021 de 2020, que es la Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión Forestal Sostenible, prioriza la contención o reducción de la pérdida forestal y la consolidación de sistemas agroambientales sostenibles, catalizando la reconversión agroforestal. CONPES 4050 de 2021, o Política de Áreas Protegidas, y el Plan de Acción para la Biodiversidad 2030 de Colombia, integran la biodiversidad en el desarrollo agrícola, fomentando la diversificación ecológica a escala agrícola y paisajística. La Resolución 331 de 2024, que es la Política Pública de Agroecología, establece una vía normativa para la transición agroecológica, reduciendo la dependencia de insumos externos, fortaleciendo la resiliencia climática y generando co-beneficios sociales en los territorios rurales. El CONPES 3886 de 2017 sobre Pagos por Servicios Ambientales (PSA) incentiva la conservación de ecosistemas estratégicos, ofreciendo un puente para reorientar parte de las subvenciones agrícolas tradicionales hacia esquemas basados en el rendimiento y alineados con la sostenibilidad. El recuadro 1 expone la gran mayoría de las políticas, sus objetivos y su alineación con la transformación de los sistemas agroalimentarios sostenibles.

Ambos niveles de política, el de mayor agregación (internacional/nacional) y el de implementación, funcionan como políticas rectoras (*umbrella policies*) que albergan

un portafolio de políticas fiscales orientadas a alcanzar sus objetivos. Estas incluyen tanto políticas de ingresos como de gasto. En cuanto a este último, Colombia se apoya en dos instrumentos complementarios que permiten seguir los flujos de inversión.

La primera es la Taxonomía Verde Colombiana (TVC, 2022). Este sistema de clasificación utiliza criterios de elegibilidad y un estándar de 'no causar daño significativo' para categorizar si ciertas actividades económicas pueden considerarse sostenibles. En este sentido, está diseñado para ser interoperable con referencias internacionales como la taxonomía de la UE.

El segundo es el sistema de Monitorización, Reporte y Verificación (MRV) dentro de SISCLIMA, que clasifica los flujos de inversión reportados por entidades gubernamentales como favorables a la mitigación, adaptación o ambas. Estas clasificaciones se basan en la metodología del Departamento de Planificación Nacional (DNP). Para empezar, un algoritmo realiza la preclasificación de proyectos registrados en sistemas financieros públicos, escaneando² palabras clave de acción climática en títulos, objetivos y archivos de proyectos. Posteriormente, un árbol de decisión mapea cada acción detectada en la taxonomía climática del SISCLIMA y asigna una etiqueta principal, que es mitigación, adaptación o ambas. Triangulado mediante revisión de expertos, esto se complementa con una guía metodológica actualizada publicada en 2025, que estandariza una lista de 272 acciones climáticas indicativas en diez sectores. Finalmente, el MRV define un criterio de exclusión. Las actividades con posibles impactos ambientales o sociales negativos solo se clasifican como financiación climática cuando incluyen medidas adecuadas de gestión de riesgos ambientales y sociales alineadas con estándares nacionales e internacionales (DNP, 2025).

Recuadro 1: Matriz de políticas públicas sostenibles para el sector climático y agrícola

| Nombre de la política | Objetivos principales | Medidas de producción sostenible | Menciones en SbN | Instrumentos financieros vinculados | Observaciones |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------|
|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------|

² SIIF para el presupuesto nacional; CUIPO para presupuestos territoriales; y Gesproy para proyectos financiados con regalías.

| | | | | | |
|---|---|---|----|--|--|
| Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida (2023) | Promover una transición sostenible y productiva, organizar el territorio en torno al agua y promover la justicia medioambiental | Promoción de la agroecología, la bioeconomía, la restauración ecológica y el uso eficiente del agua | Sí | Subvenciones productivas, líneas de crédito verde, incentivos agroecológicos | Proporciona un marco de alto nivel para alinear los instrumentos de financiación con la sostenibilidad y promoción de la SbN |
| Política Nacional sobre el Cambio Climático (2017) | Reducción de la vulnerabilidad al cambio climático y promoción de la adaptación sectorial | Adaptación agrícola, reducción de emisiones, restauración del paisaje | Sí | Fondo de Adaptación, Incentivos para el Clima | Marco Base de Acción Climática Multisectorial con Énfasis en Resiliencia |
| Plan de Acción para la Biodiversidad de Colombia - 2030 (2021) | Conservando, restaurando y utilizando de manera sostenible la biodiversidad | Restauración ecológica, gestión integrada de paisajes productivos | Sí | Pagos por servicios ambientales, fondos para biodiversidad | Incluye objetivos compatibles con enfoques SbN y territoriales |
| CONPES 3934 de 2018 - Política de Crecimiento Verde (2018) | Promover el crecimiento económico bajo en carbono y el uso eficiente de los recursos | Promoción de la bioeconomía, la eficiencia energética y la agricultura sostenible | Sí | Créditos verdes, incentivos para la eficiencia en el uso de los recursos | Marco intersectorial para avanzar hacia modelos sostenibles |

| | | | | | |
|---|--|--|----|--|--|
| Resolución 331 de 2024 - Política Pública sobre Agroecología (2024) | Promoción de la transición agroecológica en los sistemas productivos | Incentivos para prácticas agroecológicas, asistencia técnica diferenciada | Sí | Subvenciones agroecológicas, líneas especiales de crédito rural | Política explícita que promueva los principios de la SbN y la sostenibilidad rural |
| CONPES 3886 de 2017 - Programa Nacional de Pagos por Servicios Medioambientales (2017) | Reconocer y compensar la conservación voluntaria de ecosistemas estratégicos | Pagos por servicios ambientales, conservación comunitaria | Sí | PSA, incentivos para la conservación | Esquema financiero directamente alineado con el SbN |
| CONPES 4021 de 2020 - Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los Bosques (2020) | Detener la deforestación y promover un uso sostenible de los bosques | Apoyo a modelos de producción forestal sostenible y gobernanza territorial | Sí | Incentivos forestales, PSE (Pagos por Servicios Ecosistémicos), recursos del Fondo Colombia Sostenible | Articula acciones productivas y de conservación a nivel territorial |
| Decreto 690 de 2021 - Gestión sostenible de la flora silvestre y productos forestales no madereros (2021) | Regular el uso sostenible de la flora silvestre y de los productos forestales no madereros | Certificaciones, planes de gestión, comercio responsable | Sí | Permisos condicionales, incentivos para la conservación | Clave para las comunidades rurales que dependen de estos recursos |

| | | | | | |
|--|--|---|----|--|--|
| CONPES 4050 de 2021 - Política para la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) (2021) | Consolidar la gestión integrada de áreas protegidas y ecosistemas estratégicos | Enfoque de conservación compatible con la producción sostenible | Sí | PSE, cooperación internacional, recursos territoriales | Vínculo directo entre conservación, producción y bienestar |
| Resolución 126 de 2022 - Política de Ganadería Sostenible 2022-2050 (2022) | Promoción de la conversión hacia una ganadería ambientalmente sostenible | Promoción del silvopastoreo, restauración de pastos, eficiencia hídrica | Sí | Subvenciones, asistencia técnica, líneas verdes | Proporciona instrumentos claros para la transformación del subsector |
| Resolución 355 de 2021 - Plan integral de gestión del cambio climático del sector agrícola (2021) | Establecer la estrategia de adaptación y mitigación para el sector agrícola | Gestión del agua, agroecología, restauración productiva | Sí | Planes y proyectos territoriales elegibles para la cooperación | Integrar acciones prácticas con un enfoque climático para el sector |
| CONPES 3918 de 2018 - Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (2018) | Establecer directrices para el cumplimiento de la Agenda 2030 en Colombia | Producción sostenible, uso racional de la tierra, reducción de la pobreza rural | Sí | Integración con los presupuestos públicos y cooperación | Marco Integral para la Alineación Estratégica Nacional |
| Ley 1876 de 2017 - Sistema Nacional de Innovación | Organizar y fortalecer la investigación, extensión | Extensión agrícola, innovación territorial, transferencia | No | Recursos para la investigación y | Base operativa para la integración de prácticas |

| | | | | | |
|--|---|--|---------|--|--|
| Agrícola (SNIA) (2017) | y formación agrícola | a de tecnología | | asistencia técnica | sostenibles en el terreno |
| Política Nacional de Restauración Ecológica (2022) | Guiando y escalando los procesos de restauración ecológica a nivel nacional | Restauración de suelos, ecosistemas productivos, corredores biológicos | Sí | Proyectos con recursos del Fondo Medioambiental, PSE | Articulado con incentivos agrícolas sostenibles |
| Estrategia Nacional de Financiación del Clima (EFIC) | Identificar fuentes y mecanismos para financiar la acción climática | Subvenciones climáticas, inversión pública verde, adaptación en sectores rurales | Parcial | Créditos verdes, cooperación internacional | Marco de acción financiera verde que pueda integrar incentivos rurales |

1.3. Flujos de inversión relacionados

Por ello, utilizamos los datos oficiales del MRV de 2011 a 2023 como base empírica para analizar la inversión pública “verde” de origen doméstico en el sector agrícola. Esta elección se realizó por tres motivos. Primero, el MRV puede filtrarse para abarcar exclusivamente las finanzas públicas de origen doméstico. En segundo lugar, el MRV ofrece un subconjunto de inversiones que se clasifican como de naturaleza agrícola. En tercer lugar, estos subconjuntos de proyectos están mapeados en función de objetivos medioambientales, como la mitigación, adaptación, conservación de ecosistemas y biodiversidad, gestión del agua y el suelo, economía circular, y prevención y control de la contaminación.

Para evaluar si el MRV puede servir como un proxy adecuado para la inversión 'verde', proporcionamos un mapeo didáctico de la correspondencia entre las actividades y objetivos del MRV y TVC en la figura siguiente, en lugar de una concordancia uno a uno de términos. Esta alineación está respaldada por dos medidas adicionales de

triangulación basadas en palabras clave. La primera, realizada y validada por el Ministerio de Finanzas, relaciona las actividades clasificadas como MRV con acciones elegibles para TVC, confirmando una fuerte alineación para el sector agrícola. Como se muestra en la Tabla 1 del Apéndice A1, las entradas de MRV sin una correspondencia directa para TVC son principalmente proyectos que apoyan la producción cooperativa o comunitaria para la resiliencia, mientras que el resto cuenta con un corresponsal directo. El segundo es el ejercicio inverso. Tomamos la lista completa de actividades agrícolas elegibles para TVC y verificamos si cada una también está contemplada en la lista de acciones MRV. El resultado, detallado en el Apéndice A1 Tabla 2, es que ninguna de las actividades listadas en TVC está ausente de MRV. Estos hallazgos refuerzan la alineación entre ambos sistemas.

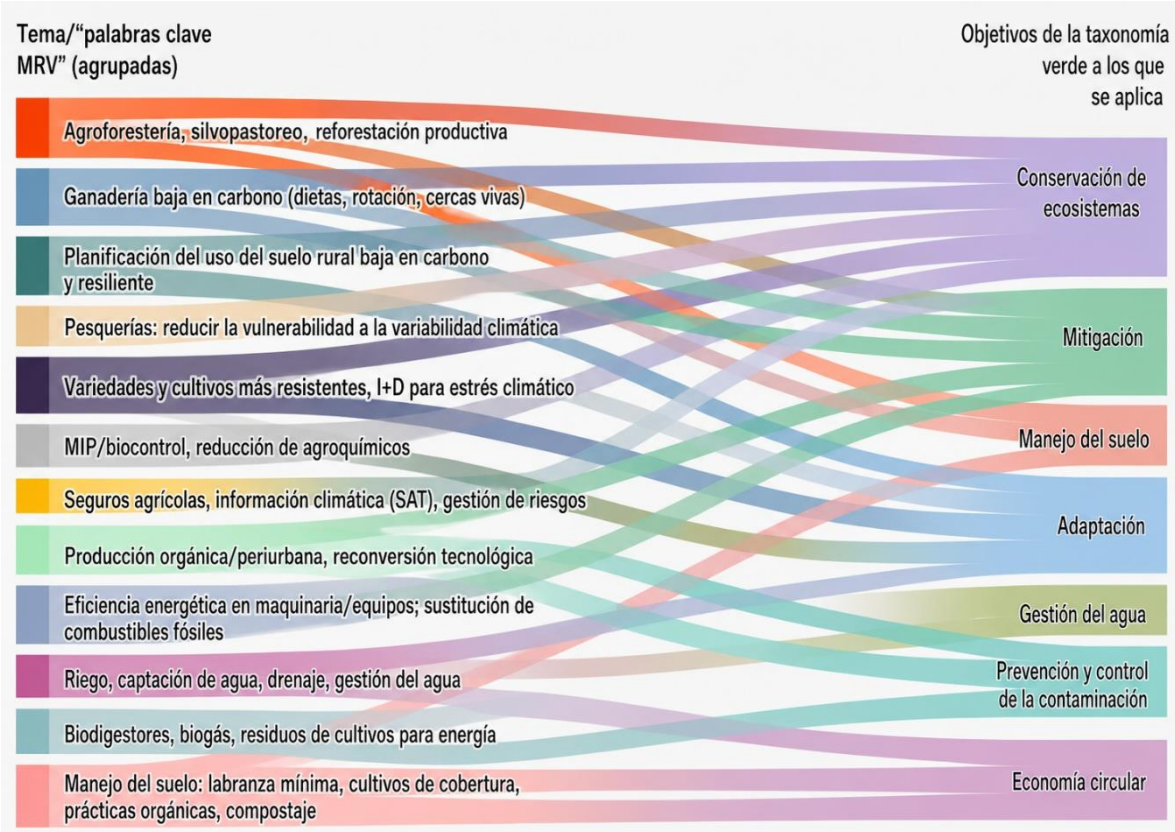


Figura 1.0. Correspondencia entre la metodología MRV (DNP) y los objetivos de la Taxonomía Verde de Colombia (TVC).³

Además, para asegurar que el MRV no esté capturando flujos financieros que carecen

³ Las etiquetas de la izquierda agrupan las palabras clave/acciones utilizadas por la metodología MRV de financiamiento climático del DNP (Guía metodológica para clasificar y medir el financiamiento asociado con acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en Colombia, 2016) para preclasificar proyectos en los sectores agrícola, pesquero y pecuario. Las categorías de la derecha

de co-beneficios ambientales claros o que sean incluso perjudiciales, realizamos una revisión sistemática de todos los proyectos clasificados bajo la categoría de adaptación del MRV, tal como se muestra en el Anexo A3. Utilizando un filtro de palabras clave refinado, solo conservamos aquellos cuyos títulos señalan explícitamente alineación con resultados positivos para la naturaleza. Aquellos sin descriptores claros fueron marcados como 'indeterminados'. El resultado es que una cuota baja del 4% y el 11% del volumen total de inversión en MRV entran en este subconjunto, dependiendo del año.⁴

1.4. Inversión Verde en Agricultura

a. Análisis holístico

i. Tendencias cuantitativas

Esta sección muestra el resultado del análisis descriptivo. Como se muestra en la Figura 1.1, las inversiones agrícolas totales alcanzaron su máximo durante el periodo 2014–2017. Este pico coincide con la implementación del punto 1 del Acuerdo de Paz sobre la Reforma Rural Integral, que implicó nuevos compromisos para reactivar la inversión pública en las zonas rurales. En cambio, tras aumentar entre 2011–2013 y 2014–2017, las inversiones verdes en agricultura se estancan e incluso caen durante el periodo 2018–2021. Esto refleja en parte la reorientación del gasto hacia medidas de emergencia durante la crisis de la COVID-19, cuando parte del presupuesto agrícola se redirigió a programas de seguridad alimentaria a corto plazo sin una etiqueta verde clara. La tendencia se invierte en el periodo 2022–2023, cuando la inversión verde se recupera y supera sus niveles anteriores. En términos absolutos, el

corresponden a los objetivos medioambientales definidos por la Taxonomía Verde de Colombia: mitigación, adaptación, conservación de ecosistemas y biodiversidad, gestión del agua, gestión del suelo, economía circular y prevención y control de la contaminación. Los flujos muestran correspondencias entre las actividades de MRV y los objetivos de TVC. Esta cifra es ilustrativa y no representa cantidades financieras; muestra solo alineamientos semánticos y temáticos.

⁴ Porcentaje indeterminado (4–11%). 'Indeterminado' se refiere a proyectos etiquetados como adaptación de MRV cuyos títulos carecen de palabras clave explícitas positivas para la naturaleza (cota superior = 11% del volumen total de MRV). El límite inferior (4%) se obtiene cuando reclasificamos como verdes aquellos proyectos cuyos títulos hacen referencia explícita a la seguridad alimentaria en comunidades étnicas, con el argumento de que (i) los modelos locales de producción-consumo pueden reducir las huellas relacionadas con el transporte, y (ii) estas intervenciones suelen apoyar prácticas agroecológicas tradicionales en territorios étnicos, que se asocian con menores presiones ambientales. Este ajuste es solo basado en el título (véase el Apéndice 2 para las normas de revisión). Como estos proyectos siguen cumpliendo los criterios algorítmicos y de inclusión de expertos de MRV y ninguno viola la regla de exclusión, los mantenemos en el análisis agregado mientras informamos de forma transparente de la incertidumbre asociada.

monto de la inversión “verde” aumento significativamente, pasando de aproximadamente 92.000 millones de COP en el periodo 2011–2013 a 200.000 millones de COP en 2022–2023, expresados en precios constantes de 2015. Así, la inversión verde en agricultura muestra una trayectoria ascendente sostenida en comparación con la inversión total en declive del propio sector.⁵

Sin embargo, en términos relativos, la proporción de inversión verde agrícola dentro de la inversión total agrícola aumentó del 1,81% al 2,37% durante el mismo periodo, como se muestra en la Figura 1.2. Así, a pesar de tales mejoras, la proporción de gastos agrícolas considerados como sostenibles sigue siendo muy pequeña. Aunque esto puede atribuirse a que parte de las intervenciones con efectos directos sobre los sistemas agroalimentarios se están registrando en otros sectores, esto confirma que el peso relativo de la agricultura sostenible sigue siendo limitado.

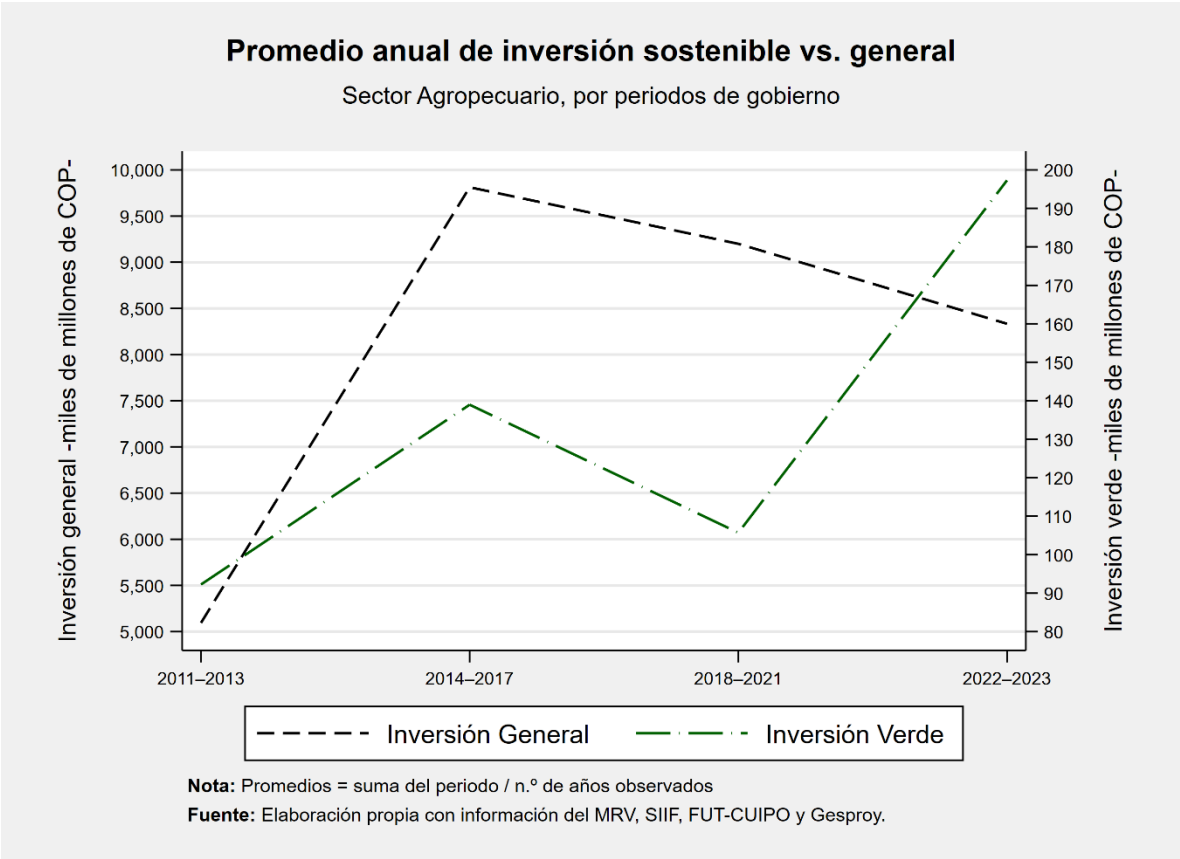


Figura 1.1 Trayectoria de la inversión verde en el sector agrícola y relación

⁵ Cuantificamos el gasto agrícola total agregando todos los proyectos vinculados al sector agrícola en SIIF Nación (presupuesto nacional), SISFUT/CUIPO (presupuestos territoriales) y GESPROY (proyectos financiados por regalías) para 2011–2023. No se incluyeron los gastos operativos (solo gastos de inversión).

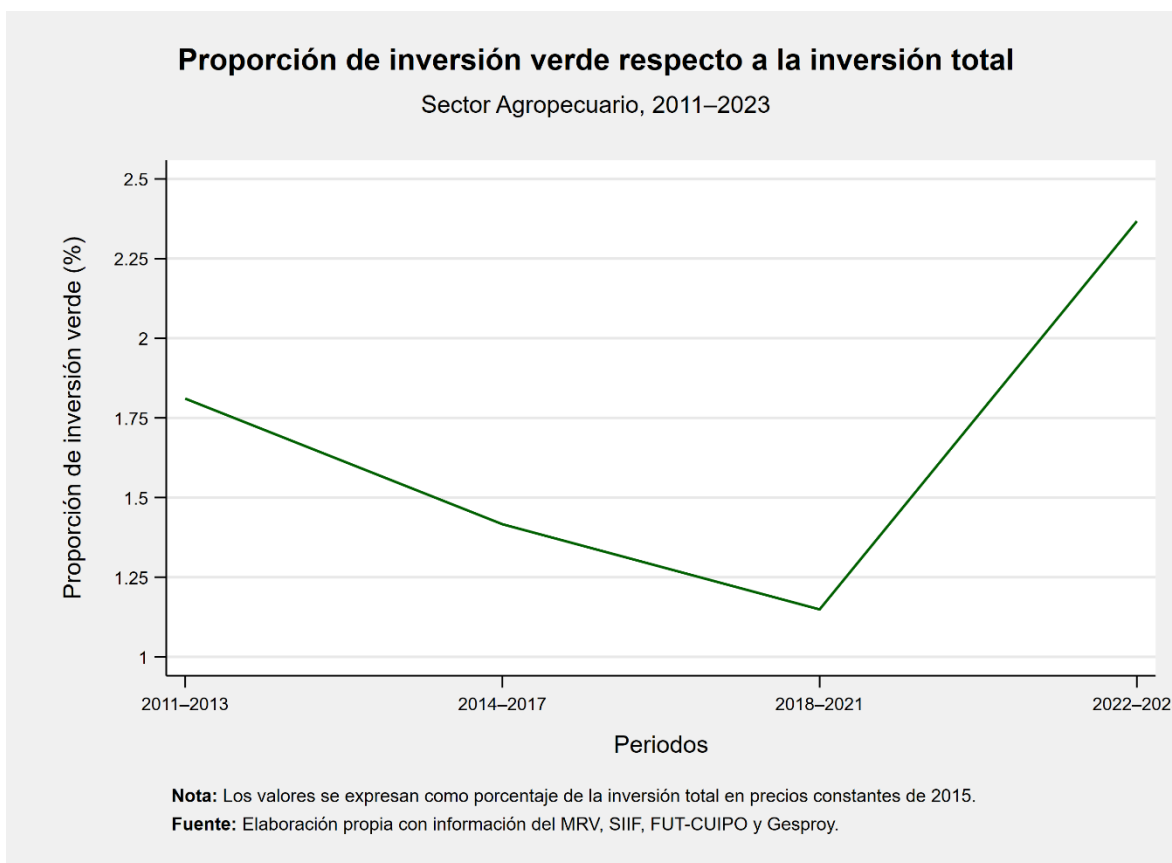


Figura 1.2 Participación de la inversión verde en la inversión total en el sector

ii. Tendencias cualitativas

De 2010 a 2014, Colombia estableció la base institucional necesaria para incorporar poco a poco las consideraciones de sostenibilidad. La agenda se enmarcó principalmente como adaptación y seguridad alimentaria, apoyada por esfuerzos tempranos de coordinación y planificación como la Red Interinstitucional sobre Cambio Climático y Seguridad Alimentaria (RICCLISA), CONPES 3700 (2011) sobre coordinación de políticas climáticas y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC, 2012). Sin embargo, las tasas de ejecución presupuestaria indican que la mayor parte del gasto etiquetado como 'verde' o relacionado con el clima pasó por instituciones medioambientales y de gestión de riesgos, especialmente en respuesta a la emergencia de La Niña 2010–2011 e instrumentos relacionados como el Fondo de Adaptación en el marco de la Ley 1523 de 2012. En agricultura, los proyectos se centraron en distritos de riego y drenaje, asistencia técnica básica y pequeños proyectos piloto sobre agricultura sostenible, coherentes con una narrativa

de adaptación centrada en la reducción de vulnerabilidad más que en una transformación productiva explícita de bajo carbono o orientada a la biodiversidad.

En este periodo temprano, surgen patrones de financiación basados en proyectos y concentrados territorialmente. Los proyectos a nivel departamental financiados a través del Sistema General de Regalías (SGR) de Colombia, especialmente en Caquetá, Casanare y Risaralda, representaron aproximadamente el 18% de la inversión agrícola verde. Otro componente significativo comprende intervenciones orientadas a la tecnología para el sector agrícola y la inversión del MADR en silvicultura y reforestación. En consonancia con el corpus de títulos de proyectos, el enfoque predominante es la resiliencia a través de proyectos de apoyo a la gestión del agua, la reducción de riesgos y la seguridad alimentaria; mientras que prácticas ecosistémicas *de facto*, como la conservación de cuencas hidrográficas, la agroforestería y los arreglos silvopastoriles en suelos degradados, así como cultivos más tolerantes, aparecen antes de ser nombradas explícitamente como SbN. La respuesta post-La Niña también refuerza una línea social y territorial, incluyendo huertos y unidades de autoconsumo para las poblaciones afectadas, vinculando la respuesta climática con la reducción de la pobreza y el desarrollo rural orientado territorialmente, especialmente en la Amazonia, Orinoquía y zonas postconflicto.

De 2014 a 2018, Colombia experimentó el auge de la agenda climática y la transición hacia el 'crecimiento verde'. Esto podría explicar parcialmente el pico de inversión presentado anteriormente en la Figura 1.1. Tras la ratificación del Acuerdo de París en Colombia mediante la Ley 1844 de 2017, la Ley 1931 de 2018 estableció la integración de consideraciones sobre el cambio climático en todos los sectores. Como primer marco legislativo sobre cambio climático, lo hizo estableciendo lineamientos y obligaciones para todos los sectores, incluido el agropecuario. Paralelamente, la Misión de Crecimiento Verde (2015–2018) y su incorporación al Plan Nacional de Desarrollo 2014–2018 proporcionaron un espacio político más claro para la producción sostenible y los objetivos de adaptación en el sector agrícola. Durante este periodo, las prioridades iniciales se centraron en la agricultura climáticamente inteligente y la ganadería sostenible, respaldadas por el impulso técnico y financiero de la cooperación internacional. Los proyectos con mayor inversión fueron a nivel nacional gestionados por MADS, donde el 50% están orientados a la mitigación y adaptación de manera integral. Los proyectos incluyen, de nuevo, el desarrollo del sector forestal, soluciones tecnológicas y la mitigación del riesgo en la producción agrícola nacional.

De 2018 a 2022, Colombia consolidó la arquitectura institucional climática mientras enfrentaba restricciones macro y fiscales debido a la pandemia. En cuanto a normativas, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018–2022 incorpora el Pacto de Sostenibilidad, que promueve *producir conservando y conservar produciendo*. En 2020, Colombia actualizó su CNDs con mayor ambición, y así adoptó en 2021 el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agrícola (PIGCC-Agro). En financiación, la emisión de bonos verdes soberanos y la Taxonomía Verde (2022) destacan como instrumentos de señalización para dirigir capital público y privado hacia actividades elegibles en el sector AFOLU. Esta fase también se asocia con una reorganización de la narrativa hacia la agricultura inteligente para el clima (CSA, por sus siglas en inglés) y el desarrollo rural bajo en carbono, donde la mitigación se convierte en un co-objetivo junto con la adaptación.

Paralelamente, se iniciaron las bases institucionales para aumentar la financiación de la conservación. Por ejemplo, la Ley 870 de 2017 estableció Pagos por Servicios Ambientales, la iniciativa Visión Amazonía, que se lanzó en 2016 dentro de la estrategia REDD+ de Colombia, movilizó alrededor de 100 millones de dólares hasta 2021. Lanzado en 2019, el Programa Integrado de Paisajes Sostenibles en la Orinoquía (OSILP) del Fondo BioCarbono, movilizó una subvención de 20 millones de dólares para promover la planificación baja en carbono en cadenas de cacao y ganadería. En consonancia con las señales de discurso en los títulos de los proyectos, este periodo también hace más visible la extensión y la asistencia técnica a pequeños productores. Al hacerlo, replanteó la biodiversidad como base para una nueva economía rural.

Territorialmente, una parte significativa de los grandes proyectos se organizó nuevamente a través de SGR a nivel departamental, con concentración en cadenas productivas específicas como cacao, ganadería y piscicultura, y promoción agroforestal, a menudo con inversiones en el rango de 12 a 20 mil millones de COP. Esto refuerza un punto analítico clave. Es decir, el sistema puede movilizar un gasto verde considerable, pero frecuentemente a través de ciclos basados en proyectos y portafolios concentrados, en lugar de un escalamiento estable y territorialmente sistemático.

Finalmente, de 2022 a 2023, Colombia promovió una nueva visión ecológica basada en las expectativas de recuperación. El PND 2022–2026 (*Colombia World Power of Life*) sitúa la sostenibilidad ambiental y social en el centro de la política pública y asigna a la agricultura un papel más destacado a través de la transición agroecológica, la ganadería y la agricultura regenerativas, el fortalecimiento de las economías

campesinas y la 'conservación con producción', incluyendo la prevención de la deforestación, la restauración de tierras degradadas y el control de la expansión fronteriza. En consonancia con el corpus del título del proyecto, este cambio va acompañado de una reformulación agroecológica en la que la acción climática en la agricultura se concibe como la promoción de la transformación del modelo productivo y la reparación socio ecológica. Formalizada en la Política Pública de Agroecología, la transición agroecológica sitúa en el centro el conocimiento local, los policultivos, la gestión ecológica del suelo y los sistemas agroforestales diversificados. Esto puede confirmarse a medida que las referencias a pequeños y medianos productores, inclusión, marketing y extensión se vuelven más prominentes en la forma en que los proyectos definen a beneficiarios y territorios. En términos de cartera, el énfasis se desplaza de las obras hacia prácticas y arreglos paisajísticos como buenas prácticas, diversidad de cultivos y agroforestería, sin abandonar completamente la etiqueta baja en carbono, que se asoció cada vez más con prácticas regenerativas y energía limpia en el entorno rural.

En términos de desarrollo institucional, se actualizó la Estrategia Nacional de Financiación del Clima, o CONPES 4088. Al hacerlo, proporcionó apoyo en la financiación del cumplimiento de los CNDs de Colombia. Además, CONPES 4081 habilitó un crédito para el proyecto de iniciativas climáticamente inteligentes para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad en sistemas de producción agrícola priorizados.

Durante este periodo, la inversión verde anual promedio en agricultura alcanza alrededor de 200.000 millones de COP, en comparación con unos 90.000 millones de COP en el periodo 2011-2013, lo que supone el nivel más alto de la serie. Parte de este pico está asociado a la llegada y preparación de grandes operaciones de cooperación internacional para el sector, que, aunque aún no se reflejan como recursos externos desembolsados en las cifras del MRV, han movilizad o inversiones públicas adicionales y compromisos de cofinanciación del presupuesto nacional. Un ejemplo ilustrativo es el programa de agricultura sostenible estructurado con GCF/CAF, que moviliza alrededor de 100 millones de dólares en subvenciones y créditos, convirtiéndolo en una de las mayores operaciones orientadas a la adaptación aprobadas para el sector. Finalmente, la composición sectorial sigue evolucionando, con la cadena cafetera entrando entre las áreas de proyectos con mayor inversión a través de la cartera SGR.



Figura 1.3: Promedio anual de proyectos verdes y recursos verdes en el sector agrícola, por periodo gubernamental

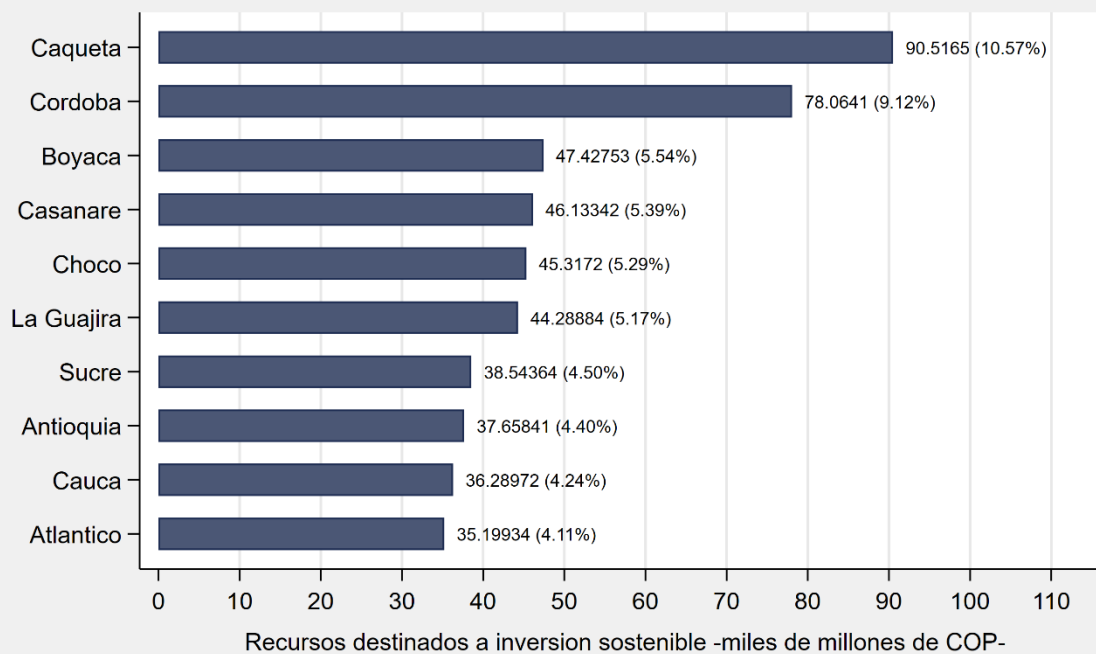
b. Análisis desagregado

i. Distribución regional

Esta sección analiza la distribución territorial de la inversión verde en el sector agrícola. El objetivo central es examinar hasta qué punto las inversiones verdes en agricultura se han concentrado geográficamente en regiones y cómo dicha cobertura se ha expandido con el tiempo. También evalúa el grado en que la asignación de fondos está relacionada con la importancia agrícola de los territorios y discute las implicaciones institucionales de los patrones observados. Este componente se centra exclusivamente en la inversión territorializada, es decir, aquellas canalizadas a través de entidades regionales o locales. Por lo tanto, se excluyen los proyectos de alcance nacional que no presenten detalles geográficos específicos.

Los 10 departamentos con mayor nivel de inversión en proyectos sostenibles

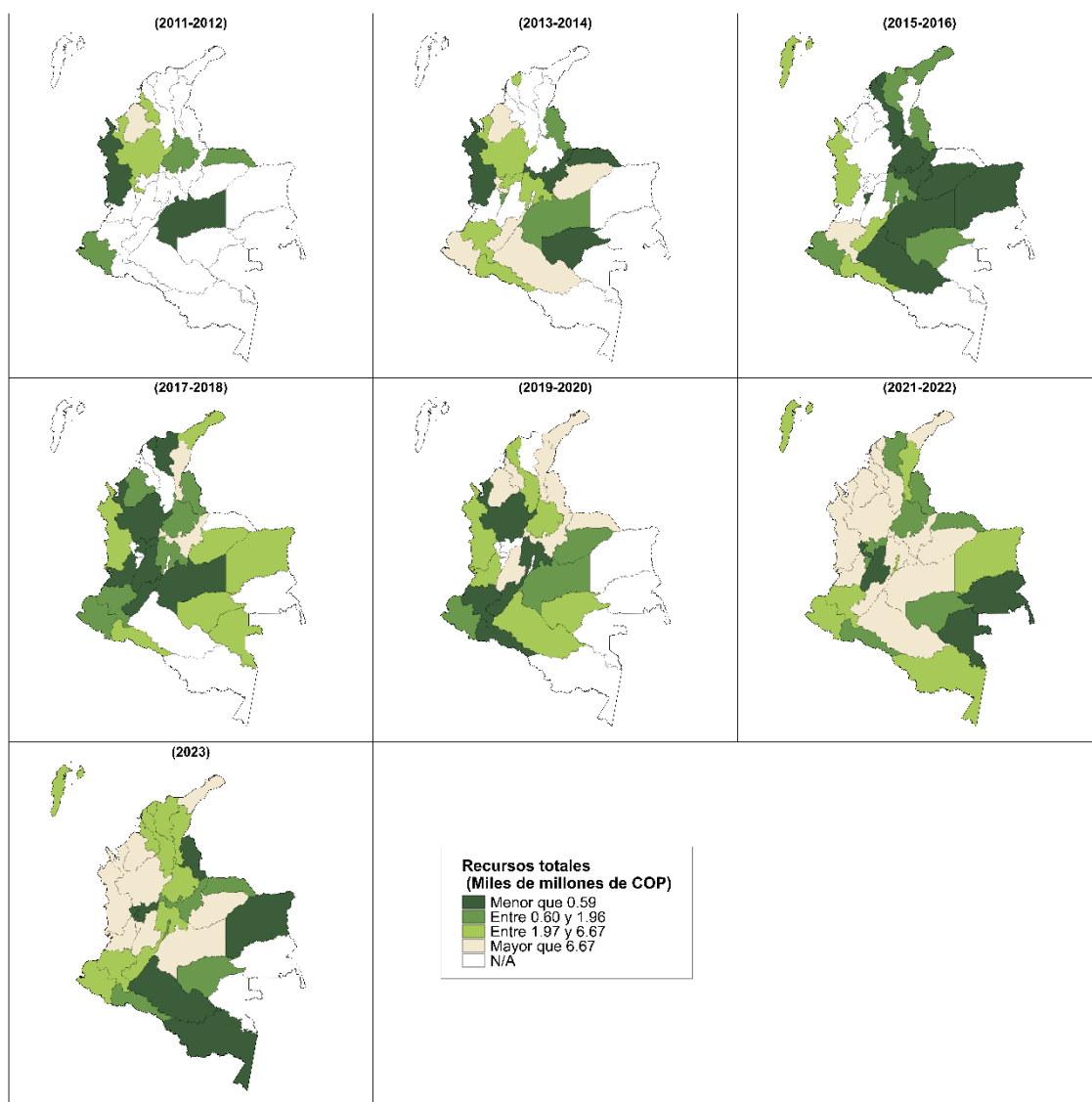
Sector Agropecuario, 2011–2023



Fuente: Elaboración del autor con información del MRV.

Figura 1.4: Estadísticas descriptivas de los recursos totales destinados a proyectos ambientalmente sostenibles por Departamento del Sector Agrícola - miles de millones de COP-

La distribución de los montos totales indica una concentración de la inversión agrícola verde en pocos departamentos. Como muestra la Figura 1.4, *Caquetá* encabeza la lista con aproximadamente 90.000 millones de pesos invertidos en proyectos agrícolas sostenibles entre 2011 y 2023, lo que representa aproximadamente el 10.6% del total nacional. En segundo lugar, está *Córdoba* con unos 78.000 millones, o el 9.1% del total. Les siguen de cerca varios departamentos periféricos: *Chocó* con unos 45 mil millones aproximadamente o el 5.3% del total estimado, *La Guajira* con 44 mil millones o el 5.2% del total, y *Casanare* con 46 mil millones o el 5.4% del total. Otros departamentos que destacan en cantidades absolutas son *Sucre* con aproximadamente 39 mil millones, *Antioquia* con 38 mil millones, y *Boyacá* con 47 mil millones, todos concentrados entre el 4% y el 6% de la financiación agrícola verde cada uno. En conjunto, los 10 principales departamentos representan aproximadamente el 58% de la inversión total en este sector. Es importante señalar que estos valores son absolutos, sin ponderación por la extensión o productividad agrícola de cada región.



Nota: Los valores están expresados en precios constantes de 2015.
Fuente: Sistema MRV de Financiamiento Climático, elaboración del autor.

Figura 1.19 *Inversión verde agrícola en pesos por área agrícola, por departamento*

Como ilustra la Figura 1.5, la expansión territorial de la inversión agrícola verde ha sido progresiva, pasando de un enfoque inicial en unos pocos departamentos a una cobertura cuasi-nacional al final del periodo. En los primeros años, los proyectos agrícolas verdes se concentraron en las zonas periféricas del país. De hecho, Chocó fue el único departamento con inversión reportada en 2011. En 2012 se añadieron otros 7 departamentos, incluyendo Arauca, Nariño, Sucre y Antioquia. Otros departamentos tradicionalmente agrícolas en el centro del país tardaron más en participar. Por ejemplo, Cundinamarca solo apareció con recursos verdes en 2013, Tolima y Valle del Cauca en 2017, y departamentos en el Amazonas, como Vaupés, en

2018. Para el periodo 2021–2022, todo el mapa nacional muestra cobertura departamental con más de 30 departamentos con inversión verde en el sector agrícola, culminando en 2022 con la inclusión de Amazonas.

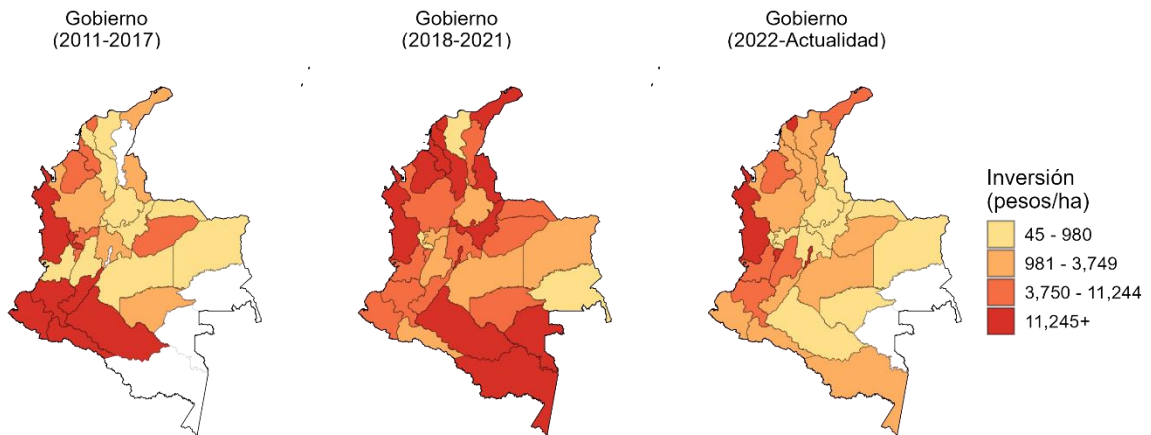


Figura 1.5: Inversión verde en el sector agrícola por departamento y periodo⁶

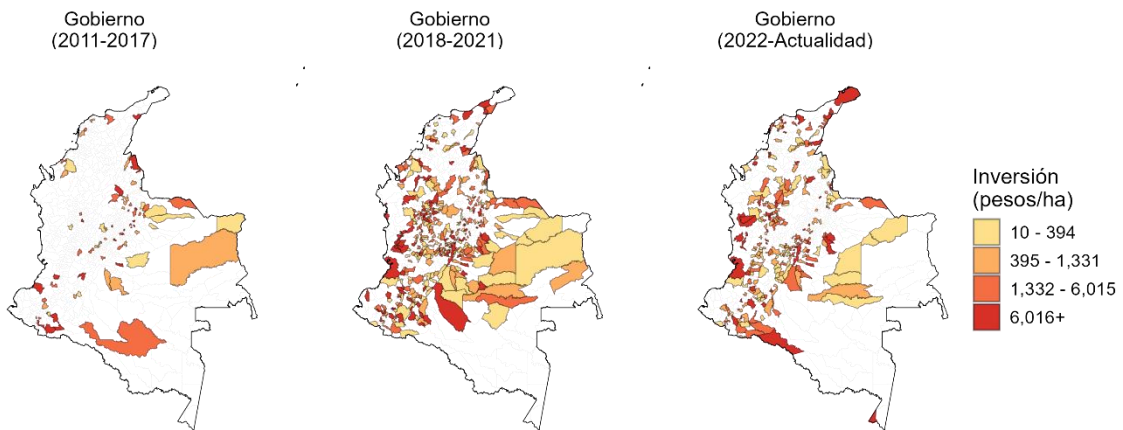


Figura 1.6. Inversión verde por municipio y por periodo

Yendo más allá, aunque en 2011 ningún municipio estaba incluido en la lista con inversión agrícola verde, la cobertura municipal ha crecido de forma constante desde

⁶ Estos mapas representan la inversión anual media de pesos por hectárea por periodo.

entonces. Se produjo un salto notable entre 2021⁷ y 2023, periodo en el que el número de municipios con proyectos de inversión verde pasó de 140 a 410. Como esta última cifra equivale a algo menos del 37% de los municipios del país, todavía existe una cobertura incompleta a nivel local, y muchos de estos municipios sin descubrir, caracterizados por sectores agrícolas tradicionales, aún no cuentan con una inversión suficiente en una transición verde.

No obstante, la concentración también es alta en ciertos municipios. Por ejemplo, los municipios de Albania y Dibulla en La Guajira representan más de 40.000 millones de COP en inversión agrícola verde durante este periodo. Asimismo, Montelíbano en Córdoba supera los 18.000 millones invertidos. Varios municipios amazónicos de Caquetá, como *San José del Fragua, Solano, Milán y San Vicente del Caguán*, concentran cada uno aproximadamente 12.000 millones de pesos en proyectos verdes orientados a la agricultura, principalmente relacionados con la categoría de desarrollo rural sostenible. Estos casos ilustran cómo, dentro de los principales departamentos, los recursos suelen centrarse en unos pocos municipios.

En general, se puede observar que los departamentos con altos niveles absolutos corresponden a zonas rurales en la periferia nacional donde ya se han ejecutado proyectos agroambientales a gran escala. Esto incluye Caquetá, Córdoba, Chocó y La Guajira. En cambio, aunque muchas regiones del interior tienen altos niveles de producción agrícola, a menudo tienen volúmenes de inversión verde más modestas.

⁷ El aumento en el número de municipios aquí analizados solo es válido dentro del intervalo de tiempo previamente definido. Esto se debe a que la base de datos CUIPO (Categoría Única de Información Presupuestaria Ordinaria), que es la fuente oficial de los registros de transferencias a los municipios, fue creada, o más concretamente, reformulada, en 2021 a partir de la antigua base de datos FUT (Formulario Territorial Único). Antes de este año, no existía una metodología estandarizada que permitiera el registro sistemático de inversiones ambientalmente sostenibles. Por lo tanto, no es apropiado establecer comparaciones entre los años 2021, 2022 y 2023 con los periodos anteriores a 2021.

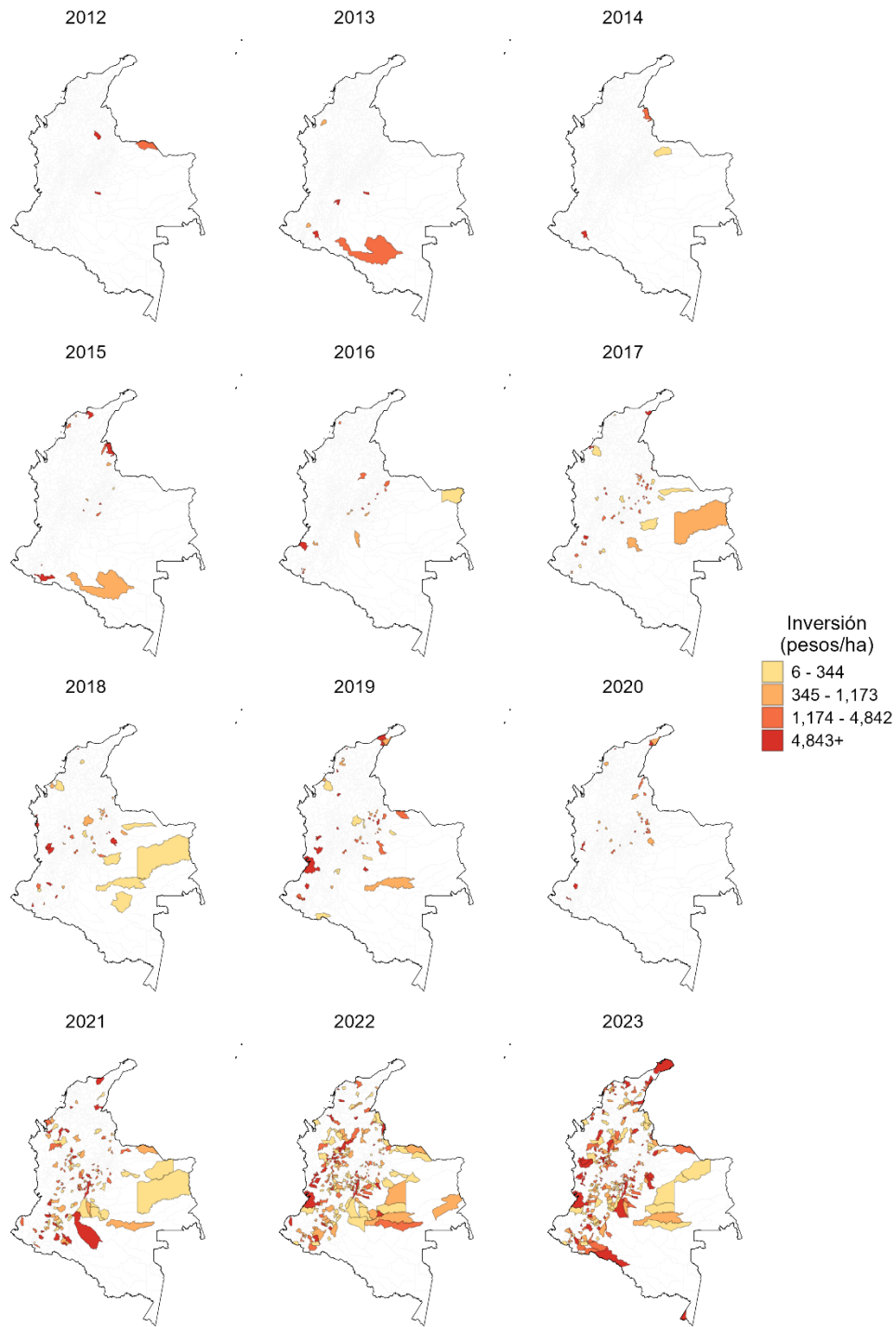


Figure 1.21 Inversión agrícola verde por municipios por periodo⁸

⁸ Estos mapas representan la inversión anual media de pesos por hectárea por periodo.

El análisis de la inversión por territorios sugiere una coherencia básica entre los tipos de proyectos y las limitaciones biofísicas y productivas de cada territorio. Por ejemplo, se brinda apoyo a la acuaponía y los huertos en La Guajira, mientras que la adaptación hídrica en Sucre responde al estrés hídrico. Más aún, la agroforestería en Chocó se asocia con paisajes húmedos y la necesidad de diversificación, mientras que el silvopastoreo en Córdoba y Caquetá aborda la degradación de pastizales y el estrés térmico, y el arroz R+D en Casanare aborda la sensibilidad climática de un cultivo central en esta región.

1.5. Evaluación de la asignación

Basándose en el análisis mencionado sobre la concentración espacial de la inversión pública en la agricultura, se proponen dos análisis complementarios para evaluar su alineación territorial con las áreas que requieren atención prioritaria. El primero es un coeficiente de relevancia que relaciona la participación departamental y/o municipal en la inversión agrícola verde con su participación en el área de uso agrícola nacional. El segundo contrasta con variables relacionadas con las condiciones ambientales, como, pero no limitándose a, la deforestación, el estrés hídrico y el riesgo climático.

El coeficiente de relevancia se define como $c = \frac{\% \text{ Inversión verde}}{\% \text{ Superficie Agrícola y ganadera}}$. Cabe resaltar que el denominador se mide como la cuota del departamento en el total nacional. Los valores $c < 1$ indican que, en relación con su proporción de tierra agrícola, los territorios reciben una participación menor de la inversión agrícola verde. Esto se trata como una señal de posible subasignación y, por tanto, sirve como punto de partida para la priorización territorial, que debe ajustarse a la luz de la estructura productiva, la intensidad y los criterios ambientales.

Como se puede ver en la Figura 1.7, este indicador revela déficits persistentes a nivel departamental. Esto se cumple en centros de producción del interior y el Caribe, como Tolima, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Norte de Santander, Bolívar y Magdalena. Lo mismo ocurre con territorios fronterizos como Vichada, Meta y Caquetá.

Además, esta tendencia persiste a nivel municipal. Como demuestra la [Figura 1.8](#), los déficits se concentran en municipios de corredores productivos en el interior y el Caribe, y en las fronteras agrícolas. Por ejemplo, algunos de los municipios con mayor déficit son La Macarena en Meta, Tarqui en Huila, Puerto Carreño en Vichada, Rio Blanco en Tolima y Tena en Cundinamarca.

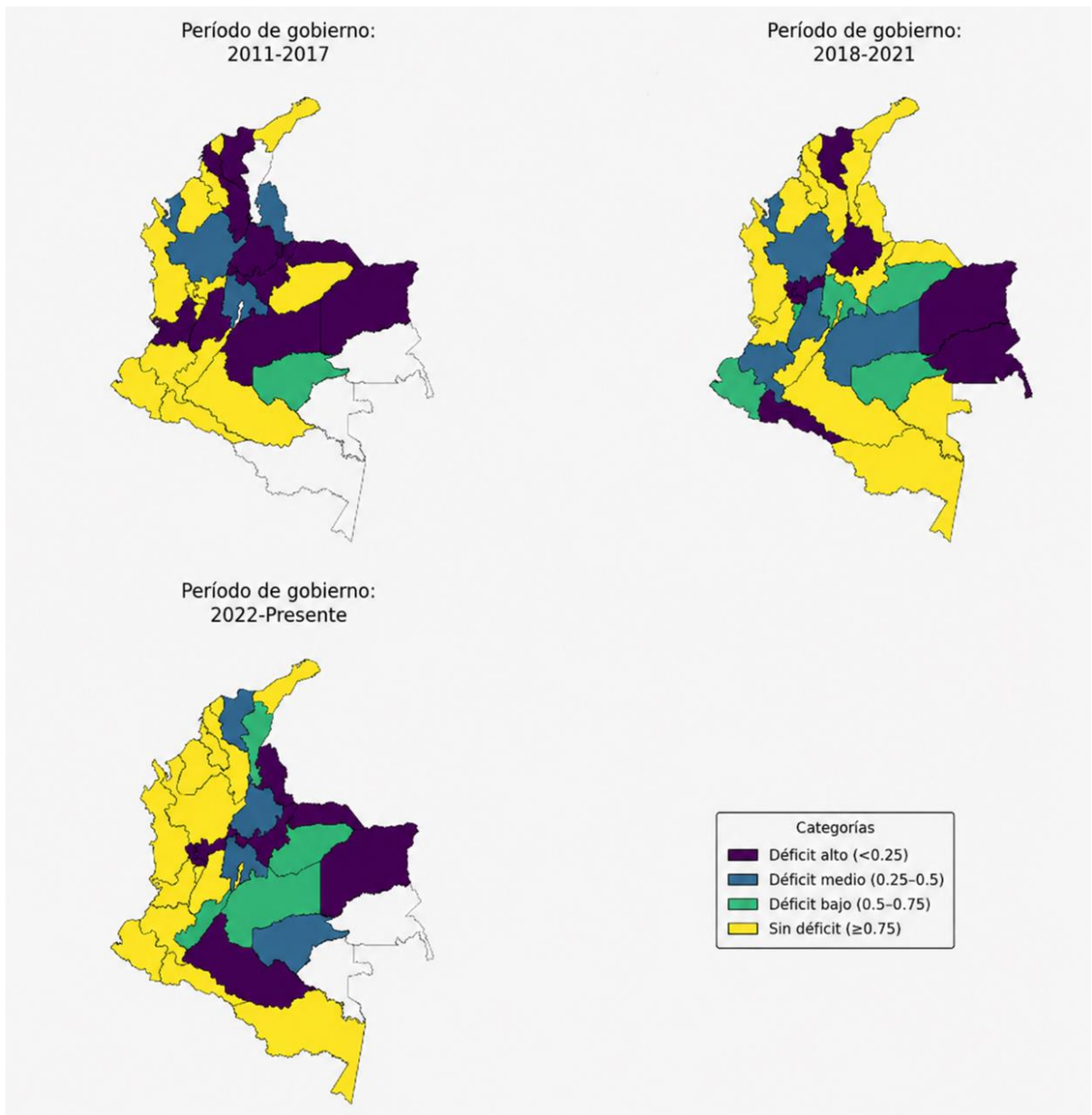


Figura 1.7 Coeficiente de relevancia por departamento.⁹

⁹ El coeficiente se construye a partir de la inversión total acumulada hasta 2023

Coeficiente de relevancia municipal

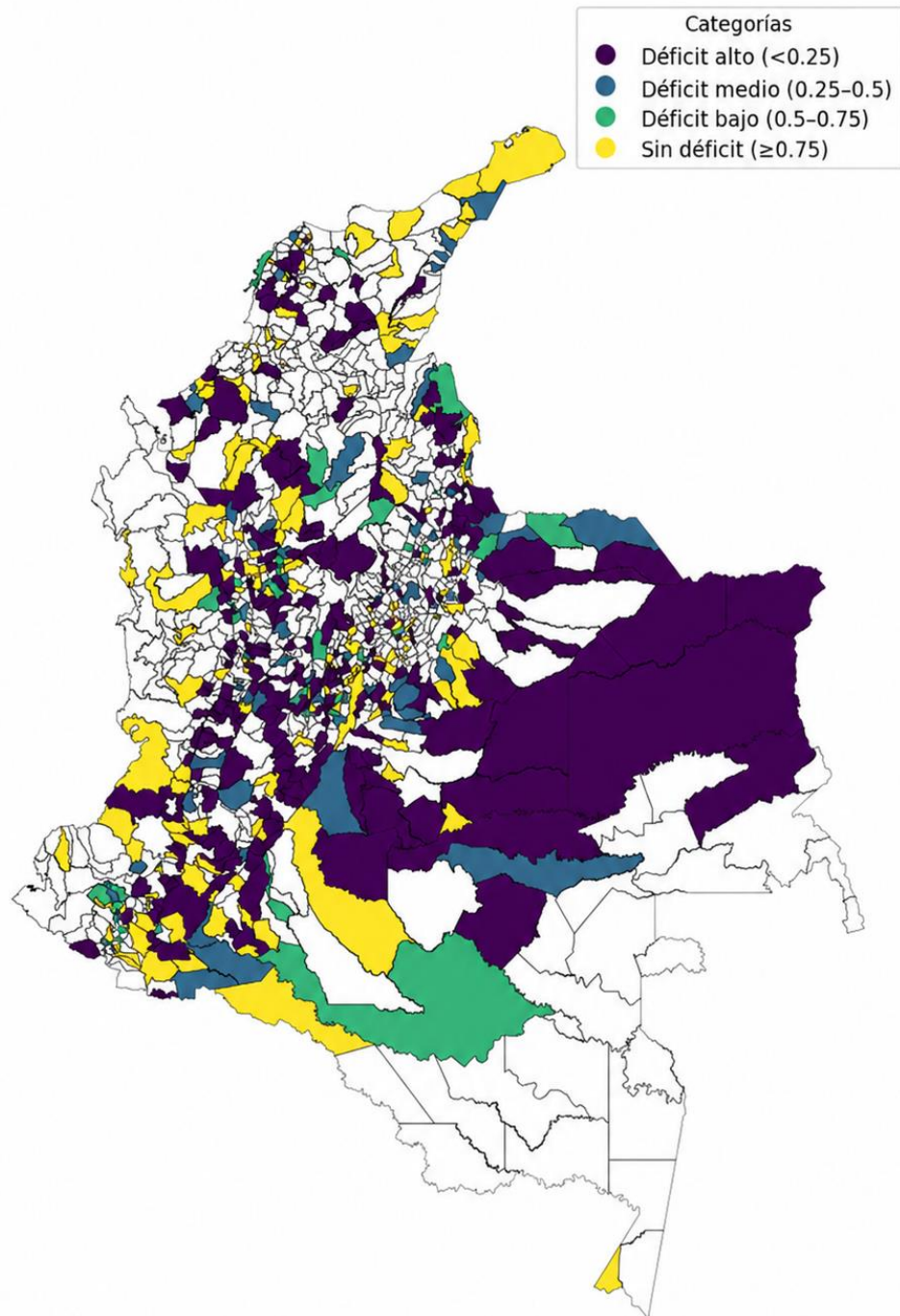


Figura 1.8 Coeficiente de relevancia por municipio.

Yendo más allá, para contrastar la inversión verde con las condiciones medioambientales, examinamos su relación con los indicadores municipales de presión ambiental. En principio, indicadores como las emisiones de AFOLU, la deforestación asociada a la expansión de la frontera agrícola, la erosión del suelo

atribuible a actividades agrícolas y otras métricas de impacto directo pueden ayudar a identificar dónde las SBNs están más justificadas.

Sin embargo, estas métricas de impacto directo no están disponibles de forma consistente a nivel municipal. Así, entre los proxys disponibles, nos basamos en la deforestación como señal de presión de frontera agrícola, erosión del suelo, estrés hídrico y riesgo climático. Aunque estas variables no son medidas de 'agricultura no sostenible' *per se*, reflejan presiones medioambientales multicausales en las que la agricultura puede ser un contribuyente.

Además, algunos indicadores son instantáneas, en lugar de paneles, y por tanto no están actualizados. Por ejemplo, el estrés hídrico sigue basándose en el Estudio Nacional del Agua (2014), y las métricas disponibles de degradación del suelo están fechadas.

Con estas salvedades, la siguiente subsección presenta cuatro mapas bivariados 5×5. Cada mapa cruza la inversión verde por hectárea con uno de los siguientes indicadores de impacto ambiental: (i) Deforestación, (ii) Erosión del suelo, (iii) Estrés hídrico y (iv) Riesgo climático. La interpretación es consistente entre mapas. Los tonos rojos destacan municipios con alta presión ambiental y baja inversión por hectárea, y por tanto representan posibles puntos críticos de necesidad. Los tonos azul-verde indican baja presión y alta inversión, lo que indica una posible sobreasignación. Los municipios sin sombra son aquellos donde MRV aún no identifica inversiones verdes. Como se trata de un ejercicio exploratorio que complementa el indicador presentado anteriormente, debe considerarse indicativo.

La Figura 1.9 presenta un mapa bivariado 5×5 que cruza la deforestación con la inversión verde por hectárea. El mapa muestra un cinturón rojo continuo a lo largo del piedemonte andino-amazónico, el sur del Meta, Guaviare, Caquetá y Putumayo, con municipios adicionales en rojo hacia la frontera nororiental, como los del Catatumbo y la zona de Arauca. Ejemplos de municipios en la zona de alta deforestación y baja inversión incluyen La Macarena, Puerto Rico, Vista Hermosa y Mapiripán en Meta, Valparaíso en Caquetá, Villagarzón y San Miguel en Putumayo, El Tarra, Sardinata y Hacarí en el Norte de Santander.

Este cinturón coincide con el arco de deforestación del noroeste del Amazonas reconocido por el monitoreo del IDEAM, que localiza consistentemente la mayor parte de la pérdida de bosques nacionales en los departamentos amazónicos mencionados

anteriormente. Los principales impulsores identificados por el IDEAM incluyen la limpieza de pastizales vinculada al acaparamiento de tierras, la ganadería extensiva insostenible, las vías no planificadas e ilegales, los cultivos ilícitos y otras actividades ilegales (IDEAM, 2018). En este contexto, estos grupos rojos deberían priorizarse para los paquetes SBN centrados en el control de fronteras y la restauración de paisajes.

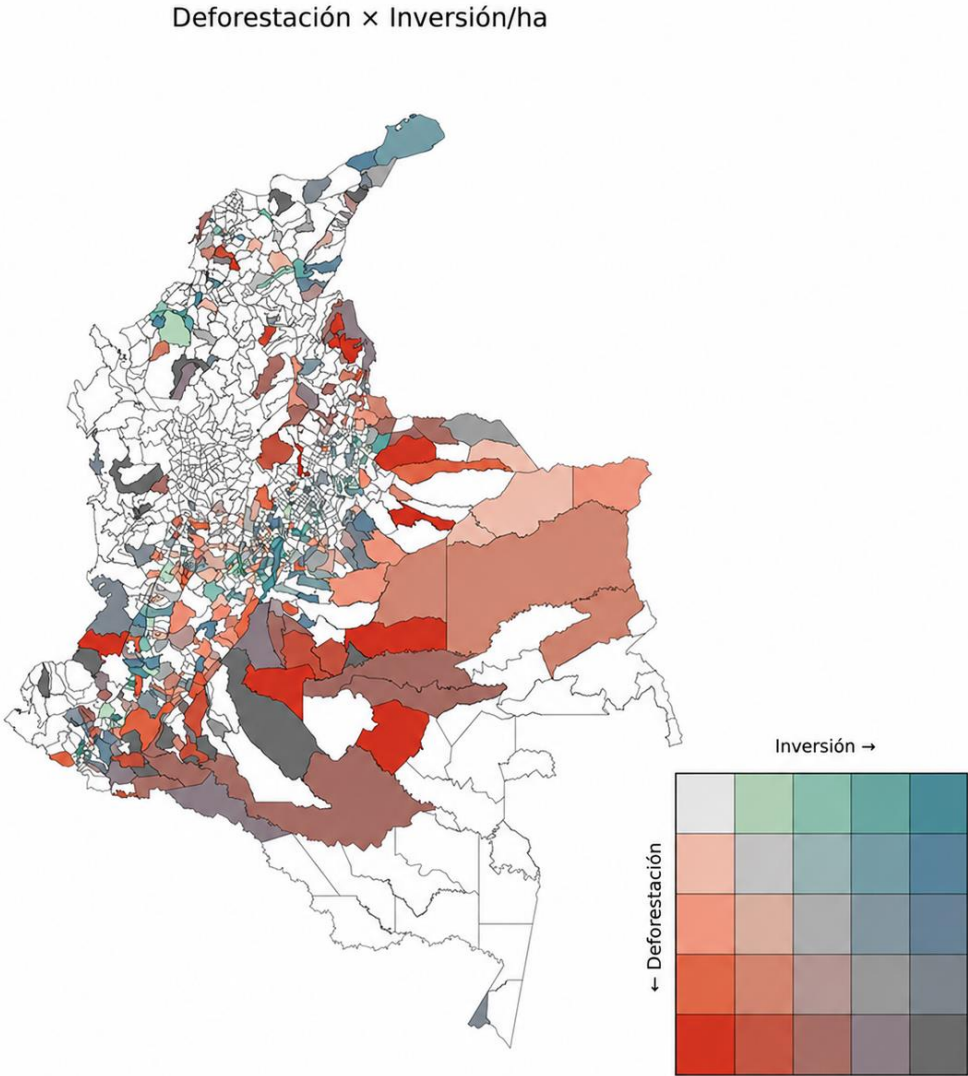


Figura 1.9 Correlación entre inversión verde y deforestación¹⁰

¹⁰ Cruces municipales 5×5 bivariados coroplético, deforestación e inversión agrícola verde por hectárea agrícola. El eje vertical es deforestación (bajo→alto); El eje horizontal es de inversión (bajo→alto). Ambas variables están ordenadas por quintiles. La paleta bivalente marca rojo = alta deforestación y baja inversión (máxima prioridad) y azul-verde = baja deforestación y alta inversión; los polígonos en blanco indican municipios sin inversión verde identificada por MRV. Indicador de deforestación. La capa base es el mapa anual de deforestación a 30×30 m (IDEAM), 2012–2023. Para cada año, los píxeles deforestados se sumaban dentro de polígonos municipales; Luego calculamos la media anual (2012–

La Figura 1.10 presenta un mapa bivariado 5×5 que cruza la erosión del suelo con inversión verde por hectárea. La capa de erosión proviene de la línea base nacional de erosión del suelo del IDEAM, que clasifica el tipo, la forma y la gravedad de la erosión. Según el IDEAM y la UDCA (2015), aproximadamente el 40% de los suelos de Colombia mostraron algún grado de erosión. La mayor parte de la erosión cartografiada se atribuye a prácticas de uso del suelo, deforestación para la expansión agrícola, cultivos en laderas sin conservación, pastoreo extensivo y una mala gestión del riego y drenaje en los distritos. En conjunto, el 92,9% de las tierras agrícolas y el 77,3% de las tierras de pastoreo presentaron erosión (IDEAM & UDCA, 2015).

Los grupos rojos se alinean con empinadas laderas andinas, incluyendo numerosos municipios a lo largo del corredor del Alto Magdalena en Tolima–Huila, los Andes centrales con municipios a lo largo de la franja cafetera y valles adyacentes, y el piedemonte andino oriental que se transforma en los Llanos. También es visible un cinturón sur a lo largo del piedemonte andino-amazónico, que incluye el sur del Meta, Guaviare, Caquetá y Putumayo. Dentro de estos clústeres, varios municipios como Cachipay, Mesitas del Colegio, La Vega y Guatavita en Cundinamarca, La Florida en Nariño, Natagaima en Tolima, Boyacá y el norte de Antioquia, merecen atención prioritaria.

2023) y la expresamos como el porcentaje de superficie municipal. El indicador continuo resultante se segmentó en quintiles para el mapeo (solo con fines de clasificación; sin implicar linealidad). Fuentes: IDEAM (monitoreo de deforestación 2012–2023); Datos de financiación climática MRV; Cálculos de los autores.

Erosión x Inversión/ha

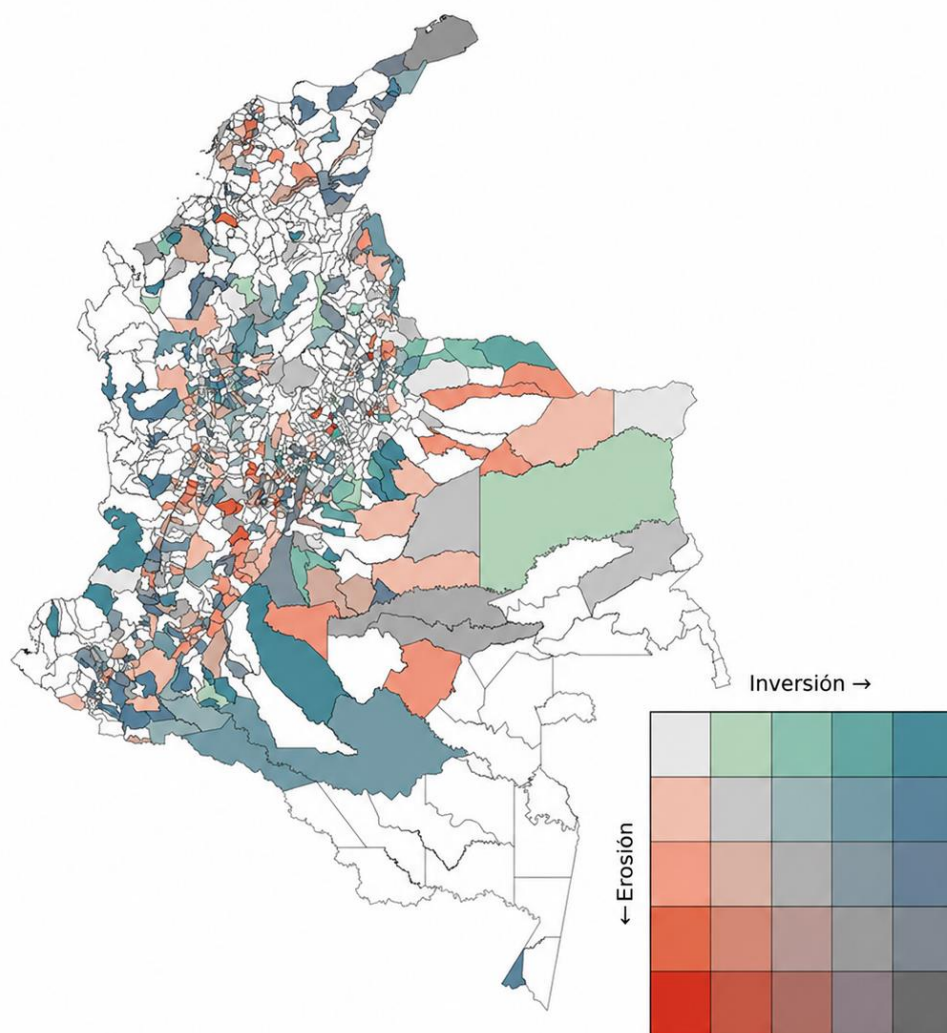


Figura 1.10 Correlación entre inversión verde y erosión¹¹

¹¹ Cruce municipal bivariados 5x5 coroplético, severidad de erosión del suelo e inversión agrícola verde por hectárea agrícola. El eje vertical es la erosión (bajo→alto); El eje horizontal es de inversión (bajo→alto). Ambas variables están ordenadas por quintiles. La paleta bivalente marca rojo = alta erosión y baja inversión (máxima prioridad) y azul-verde = baja erosión y alta inversión; los polígonos en blanco indican municipios sin inversión verde identificada por MRV. La capa de erosión es la línea base nacional del IDEAM para 2010–2011 (escala 1:100.000; ~42.000 polígonos, ~777 ha media por polígono) y no cubre el 100% del territorio. Para el indicador municipal, cada polígono se asignaba a un municipio mediante un centroide; Luego tomamos el valor de erosión por módulo (más frecuente) por municipio para representar el grado predominante. Finalmente, la escala original de cinco niveles de severidad (1 = la más grave ... 5 = sin evidencia) se recodificaron entre 1 y 5 con 5 = mayor erosión para interpretabilidad

La Figura 1.11 presenta un mapa bivariado 5×5 que cruza el estrés hídrico en el eje vertical con inversión verde por hectárea en el eje horizontal. Utilizamos el Índice de Presión Hídrica a los Ecosistemas (IPH) del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014). El IPH mide la presión del *agua verde* como la proporción entre la huella verde agrícola/de pastizal y el agua verde disponible en cada subcuenca (año 2012). Valores altos indican una intensa competencia por la humedad almacenada en lluvia entre la agricultura, la ganadería y los ecosistemas. Una limitación clave es que la IPH no recoge prácticas a nivel de granja. En cambio, infiere demanda por la cobertura y la extensión de cultivos y pastos. En otras palabras, una alta IPH refleja la presión estructural sobre el uso del suelo, no si ya existen buenas prácticas en marcha. Por ello, lo tratamos como un intermediario para los territorios objetivo.

El mapa revela un denso corredor rojo a lo largo de la columna vertebral andina central, con numerosos municipios en la Alta Magdalena como Tolima y Huila, así como la región del cinturón cafetero y las laderas andinas adyacentes que muestran alto estrés y baja inversión. Aparecen clústeres rojos adicionales en el piedemonte andino norte. Estos patrones son consistentes con los resultados del ENA 2014, que concentran un IPH alto en las cuencas andinas y caribeñas con uso intensivo del suelo agrícola y ganadero. Dentro de estos clústeres rojos, varios municipios se destacan por exhibir alto estrés hídrico y baja inversión por hectárea, entre ellos La Victoria y Obando en el Valle del Cauca, Salento y Génova, Santa Rosa de Cabal en Risaralda, y Bojacá en

en la clasificación bivariante (sin implicar linealidad). Fuentes: IDEAM, Base de Erosión del Suelo 2010–2011 (IDEAM–U.D.C.A., 2015); Datos de financiación climática MRV; Cálculos de los autores.

Cundinamarca.

Estrés hídrico × Inversión/ha

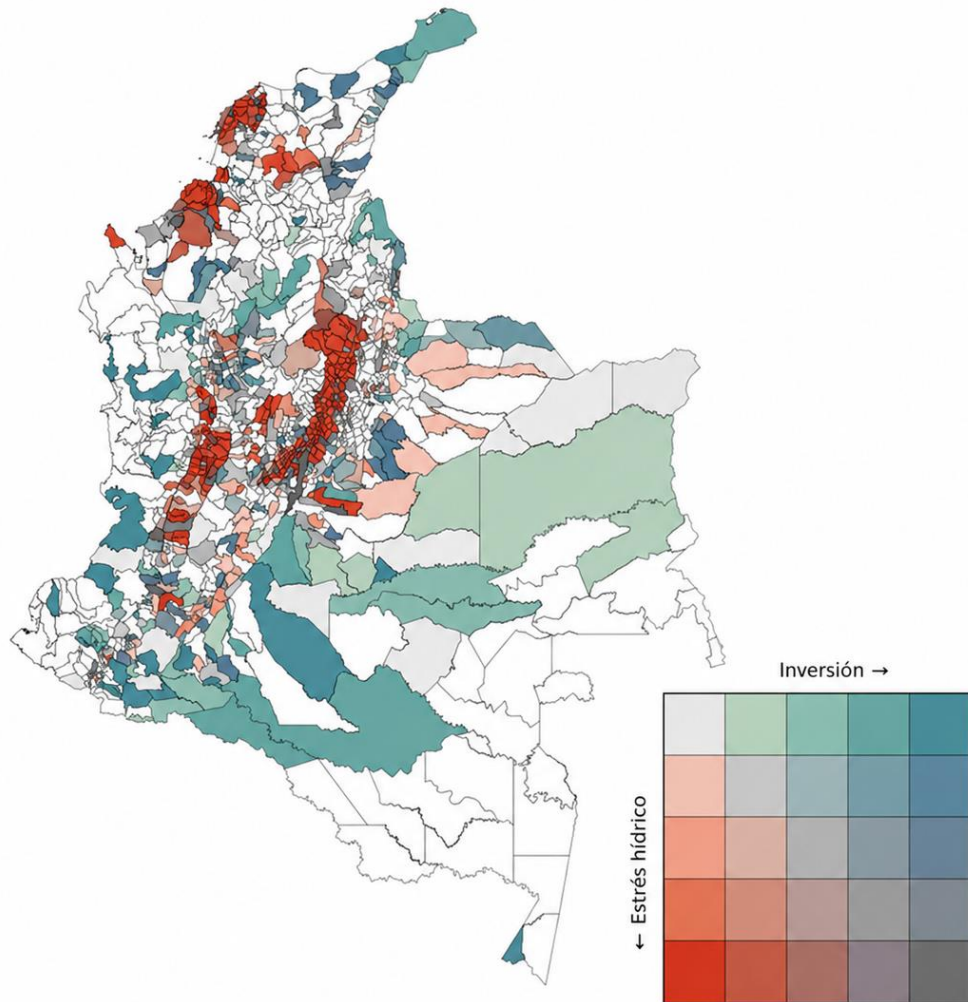
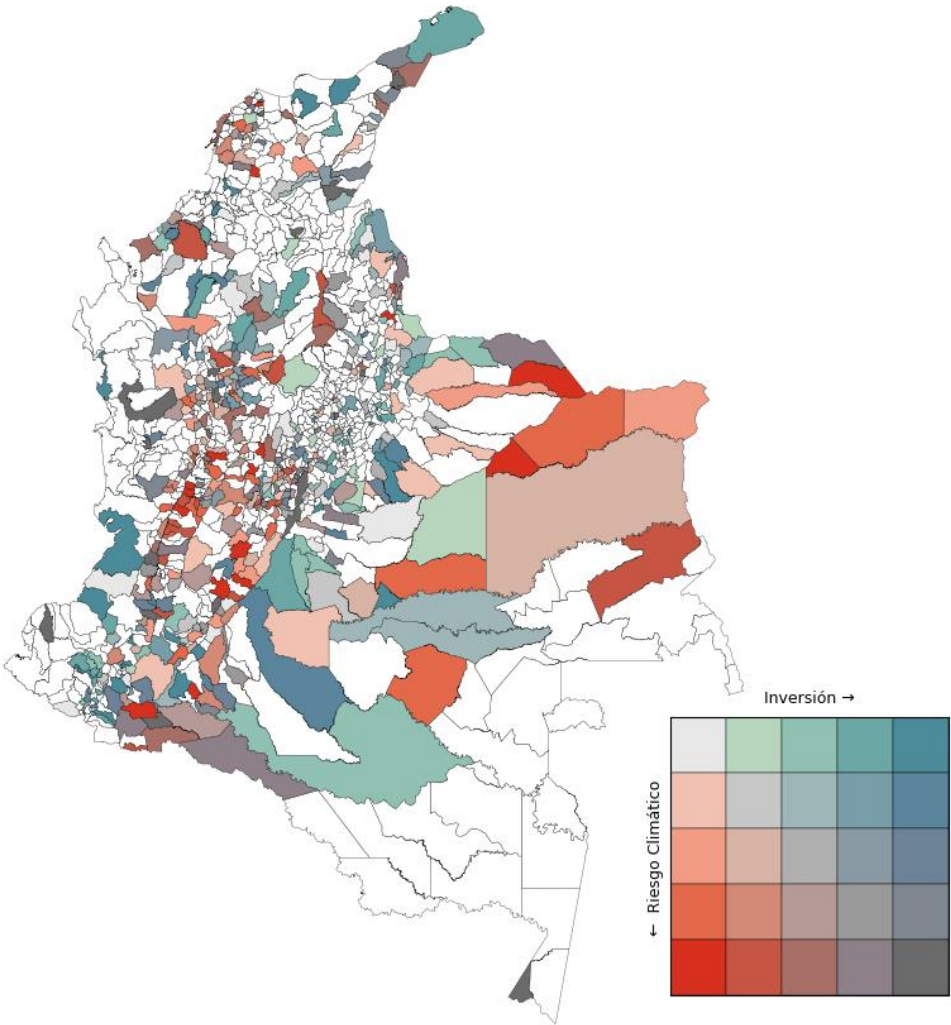


Figura 1.11 Correlación entre inversión verde y estrés hídrico.¹²

¹² Inversión municipal 5×5 bivalente de coropletos por hectárea. El eje vertical es la tensión (baja→alta); El eje horizontal es de inversión (bajo→alto). Ambas variables están ordenadas por quintiles. La paleta biviada marca rojo = alto estrés y baja inversión (máxima prioridad) y azul-verde = bajo estrés y alta inversión; los polígonos en blanco indican municipios sin inversión verde identificada por MRV. El Índice de Presión Hídrica (IPH) es una medida continua de la presión sobre los recursos hídricos (mayor = mayor presión), proporcionada a nivel nacional en 316 polígonos que cubren toda Colombia (polígono medio ≈ 360.000 ha). Para el indicador municipal, a cada municipio se le asignó el valor predominante de IPH (el valor que ocupa la mayor parte de su superficie) y luego se segmentó en quintiles para el mapeo; Esta reclasificación solo tiene fines de clasificación. Fuentes: IDEAM (ENA 2014) IPH; Datos de financiación climática MRV; Cálculos de los autores.

La Figura 1.12 muestra el mapa bivariado de 5x5 por quintiles que cruza el riesgo climático con la inversión verde por hectárea. En línea con los resultados anteriores, este análisis espacial muestra zonas rojas, con baja inversión y alta necesidad de adaptación, en el corredor andino del Caribe, así como en las fronteras agrícolas, que incluyen Orinoquía y los piedemontes amazónicos. Algunos de los municipios que requieren atención adicional son Villagarzón y Puerto Asís en Putumayo, Malambo en Atlántico y Rivera en Huila, entre muchos otros.

Riesgo climático x Inversión por hectárea



*Figura 1.12. Correlación entre inversión verde y riesgo climático.*¹³

En conjunto, la perspectiva espacial muestra que las inversiones verdes en agricultura aún no están sistemáticamente alineadas con las presiones medioambientales. El coeficiente de relevancia y el contraste bivariado con la deforestación, erosión del suelo, estrés hídrico y riesgo climático identifican consistentemente puntos críticos de necesidad municipal donde la degradación ambiental es alta, mientras que la inversión verde por hectárea es baja. Estos puntos críticos coinciden con ecosistemas estratégicos, el piedemonte andino-amazónico, el Alto Magdalena y los valles interandinos, donde fortalecer la inversión verde generaría los mayores retornos ambientales. Esto demanda un cambio de un gasto difuso a una focalización basada en presión, concentrando el financiamiento y la asistencia técnica donde las SbN puedan generar los mayores retornos ambientales y la mayor reducción de riesgos.

¹³ Coropletas bivalentes 5x5 municipales cruzan el índice de riesgo climático y la inversión agrícola verde por hectárea agrícola. El eje vertical es riesgo (bajo→alto); El eje horizontal es de inversión (bajo→alto). Ambas variables están ordenadas por quintiles. La paleta de colores es bivariada: el rojo marca alto riesgo y baja inversión (máxima prioridad), mientras que el azul-verde marca bajo riesgo y alta inversión; los polígonos en blanco indican municipios sin inversión verde identificada por MRV. La capa de riesgo climático (IDEAM, 2017) está disponible a nivel municipal a nivel nacional y comprende cinco categorías: 'Muy bajo', 'Bajo', 'Medio', 'Alto', 'Muy alto', codificadas del 1 al 5 únicamente para permitir el ranking en el mapa bivariado (sin implicar linealidad). Fuentes: índice municipal de riesgo climático IDEAM (2017); Datos de financiación climática MRV; Cálculos de los autores.

Sección 2: Evaluación de Impacto de las Consecuencias Económicas de la Transición del Apoyo Tradicional a un Apoyo Verde a la Agricultura en Colombia

En esta sección, desarrollamos en detalle la evaluación de impacto de las consecuencias económicas derivadas de una transición del apoyo tradicional hacia el apoyo verde en la agricultura. No obstante, presentamos los efectos ambientales por separado en el Apéndice A1, donde resumimos los impactos ambientales esperados de ampliar las prácticas basadas en la naturaleza. Este apéndice se basa en una revisión de literatura que compila los beneficios ambientales por hectárea reportados para prácticas clave basadas en la naturaleza, como la conservación del suelo, la reducción de emisiones, y las ganancias relacionadas con la biodiversidad y el agua, y los combina con datos de uso del suelo específicos de Colombia para generar estimaciones de orden de magnitud.

2.1 Revisión bibliográfica

La literatura agronómica ha explorado las diferencias entre la agricultura sostenible y la tradicional. La investigación que compara la agricultura convencional con la sostenible pone de manifiesto las diferencias entre los rendimientos a corto plazo y la rentabilidad y resiliencia a largo plazo. En el corto plazo, estudios agronómicos muestran que los sistemas orgánicos y agroecológicos tienden a registrar rendimientos equivalentes, en promedio, a cerca del 80 % de los observados en los sistemas convencionales (Seufert et al., 2012; Durham & Mizik, 2021). Sin embargo, dado que la agricultura sostenible depende menos de insumos externos como fertilizantes sintéticos y pesticidas, esto resulta en importantes avances en eficiencia energética y uso de nutrientes, reduciendo costes (Mäder et al., 2002; Rodale Institute, 2011). Además, ciertas prácticas sostenibles contribuyen a mejorar la calidad del suelo, la biodiversidad y la productividad a largo plazo, con beneficios sustanciales pero progresivos en el rendimiento (Raveloaritiana & Wanger, 2024). Por lo tanto, aunque la agricultura sostenible pueda ser menos rentable a corto plazo, la diferencia puede no ser tan evidente si se adopta una visión más amplia.

A largo plazo, estudios agronómicos y económicos sugieren que los sistemas sostenibles pueden igualar o incluso superar la rentabilidad de la agricultura convencional. Esto puede atribuirse a menores costes de insumos y, en algunos casos, a precios de venta más altos (Riar et al., 2024). Particularmente, África y América

Latina lograron aumentos sustanciales en la productividad al reducir la dependencia de insumos externos (Agroecología en África Occidental, 2025; Agroecología en América Latina, 2025; SRI, 2025). De manera similar, las fincas orgánicas obtienen en promedio entre un 22% y un 35% más de ganancias a nivel global, con mayores beneficios en contextos donde la certificación y la demanda del consumidor se traducen en primas de precio sustanciales (Crowder & Reganold, 2015; Durham & Mizik, 2021). Más allá de los aumentos en el rendimiento, hay otros beneficios a considerar. Según Moret-Bailly y Muro (2024), en contextos donde los insumos son caros y los mercados de certificación limitados, la principal ventaja económica proviene de la eficiencia y estabilidad de estos sistemas.

En conjunto, si bien los sistemas convencionales mantienen una ventaja en la maximización de los retornos a corto plazo, los sistemas sostenibles son más resilientes al clima y más rentables a largo plazo. La agronomía enfatiza los fundamentos ecológicos de estos resultados, mientras que la economía enfatiza los mecanismos de mercado y el ahorro en los costes de los insumos como factores clave de la rentabilidad. Esta doble evidencia destaca la importancia de considerar los horizontes temporales. Por lo tanto, aunque los sistemas sostenibles puedan requerir transiciones planificadas y marcos políticos de apoyo, en última instancia son capaces de igualar o superar a la agricultura convencional en términos de viabilidad económica.

No obstante, argumentamos que la evidencia actual no nos permite comparar los impactos de estos dos tipos de inversión. Esto se debe a que la mayoría de los estudios evalúan el rendimiento de los insumos o prácticas tras la adopción, no el impacto de las políticas que inducen su adopción. Como los programas tradicionales y sostenibles enfrentan diferentes limitaciones y, por tanto, generan tasas de adopción distintas, tales pruebas son insuficientes para comparar los impactos de las políticas.

Por ello, nuestro análisis busca evaluar el impacto sobre el rendimiento de redirigir fondos hacia la agricultura sostenible. Como tal, representa el primer estudio en evaluar el impacto sobre los rendimientos del apoyo estatal a la agricultura sostenible, en relación con la agricultura tradicional. Estos hallazgos son importantes, ya que la incertidumbre agravada por esta carencia bibliográfica ha provocado la falta de apoyo público o incluso un aumento de la resistencia pública, lo que ha dificultado la priorización gubernamental de la agricultura sostenible.

En este sentido, Colombia ofrece un caso especialmente representativo para este tipo de investigación, porque combina muchas de las características estructurales y los desafíos políticos comunes a una amplia variedad de países en desarrollo y de ingresos medios. Es decir, el país cuenta con un sector agrícola muy diverso que abarca desde la agricultura de subsistencia de pequeños productores hasta la gran agroindustria orientada a la exportación, reflejando la heterogeneidad de los sistemas de producción que se encuentran en América Latina, África y Asia. Al mismo tiempo, Colombia enfrenta fuertes presiones para equilibrar la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y los compromisos medioambientales globales, un dilema compartido por muchos países que atraviesan transiciones similares. Las lecciones generadas en este contexto no solo son relevantes a nivel nacional, sino también transferibles a otros países que enfrentan compromisos análogos, permitiendo que este caso informe los debates globales sobre cómo diseñar un apoyo agrícola que se alinee con los objetivos climáticos y de desarrollo.

2.2 Datos

Para llevar a cabo el análisis, utilizamos información exhaustiva sobre proyectos de contratación pública del Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP), datos de producción agrícola de la Evaluación Agropecuaria Municipal (EVA), y datos desagregados sobre variables climáticas obtenidos de la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia. Dado que nuestro análisis se centra en la contratación pública debido a la disponibilidad de datos, reconocemos que esta representa solo una fracción del gasto público total y no captura el espectro completo de los impactos de las finanzas públicas. No obstante, la contratación pública representa entre el 13 y el 20% del PIB en muchos países, lo que representa 9,5 billones de dólares en gasto global anual (PNUMA, s.f.). En cualquier caso, este enfoque debe verse como una perspectiva parcial pero relevante para la política, más que como una evaluación integral del gasto estatal. Aunque ofrecemos una breve descripción de las fuentes de datos a continuación, presentamos todos los detalles de los datos en el apéndice.

i. SECOP

SECOP es la base de datos digital del sistema nacional de contratación pública. Todas las entidades públicas contratantes están obligadas a publicar la documentación completa en SECOP. Extrajimos los datos de SECOP mediante una combinación de web-scraping y plataformas gubernamentales abiertas. Utilizando un conjunto de

criterios de inclusión y exclusión, que se presenta en la Tabla A1 del apéndice A3, solo se capturaron los contratos agrícolas.

Todos los contratos se clasificaron en dos categorías operativas: servicios y materiales. Los servicios incluyen asistencia técnica, extensión y apoyo profesional especializado, como el de agrónomos y veterinarios. Los materiales se refieren al soporte para fertilizantes, semillas y agroquímicos.

Solo se consideraron contratos de contratación pública. Denominados proyectos a lo largo del documento, solo se incluían aquellos con un valor de al menos 2 dólares por UPA en el municipio. Esto cumple el doble propósito: garantizar que solo se incluyan proyectos con información completa en la base de datos, y excluye proyectos a muy pequeña escala o 'fantasma', que difícilmente generarían efectos detectables a nivel municipal. En total, contamos con 48.072 contratos, distribuidos en 1.083 municipios.

ii. EVA

Las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) recopila información semestralmente para el periodo 2007–2023, cubriendo 239 cultivos en 1.122 municipios y variables clave como la superficie cultivada, la producción y el rendimiento tanto para cultivos transitorios como permanentes en todo el país. En este contexto, utilizamos datos de panel para 90 cultivos, que juntos representan el 98,5% de la producción agrícola total. Esto se agrega para obtener una producción total a nivel municipal, que se expresa en términos monetarios mediante precios mayoristas, superficie cosechada y rendimiento.

iii. Variables climáticas

Utilizamos datos mensuales de temperatura y precipitación de la unidad de investigación climática de la Universidad de East Anglia (CRU TS v4.08). Luego agregamos esta información a nivel municipal y construimos anomalías climáticas. Nuestra metodología sigue los procedimientos estándar de la literatura, como en véase Barrios et al. (2010).

2.3. Metodología

Nuestro enfoque nos permite estimar los efectos causales tanto de proyectos públicos verdes como no verdes sobre los principales resultados agrícolas, incluyendo

la producción, la superficie cosechada y los rendimientos. A continuación, describimos cómo clasificamos los proyectos en categorías verdes y no verdes, y ofrecemos una visión general de la estrategia empírica utilizada para estimar sus impactos causales. En el Apéndice se proporcionan detalles metodológicos adicionales y una descripción completa del proceso de construcción de datos.

i. Procesamiento de datos

La clasificación de proyectos destinados a la agricultura verde es central en este estudio. Como primer paso, identificamos todos los proyectos SECOP relacionados con la agricultura utilizando términos de inclusión y exclusión tal y como se explica en el apéndice. Para ello, primero utilizamos la Taxonomía Verde desarrollada por el Gobierno de Colombia, que es un sistema nacional de clasificación de actividades y activos económicos que contribuyen sustancialmente a los objetivos medioambientales y, por tanto, proporciona criterios explícitos para la agricultura verde. Además, también nos basamos en literatura académica y gris, como Damania et al. (2023), y consultamos con expertos, incluidos aquellos que forman parte del equipo de investigación, compuesto por especialistas en economía ambiental, de recursos y agrícola con conocimiento de las políticas medioambientales y agrícolas de Colombia.

Este proceso nos permitió generar una lista de términos de inclusión que indican si cada uno de los proyectos de contratación pública agrícola de SECOP puede clasificarse como dirigido a la agricultura verde. Una lista exhaustiva de términos asociados a prácticas agrícolas ecológicas para cada categoría se presenta en la Tabla A2 del apéndice. A continuación, clasificamos todos los proyectos SECOP agrícolas usando la descripción del proyecto. El proceso de emparejamiento se basaba únicamente en la inclusión de un término reducido a su raíz. Por ejemplo, la raíz *sostenib** abarca tanto la sostenibilidad como lo sostenible, y cualquier descripción de proyecto que incluyera estas variantes se clasificó como verde.

Para visualizar el tipo de proyectos clasificados como verdes, la Figura 2.1 presenta una nube de palabras de los términos en las descripciones de los proyectos asociados a materiales y servicios. Se muestran las 50 palabras más frecuentes del conjunto de datos. Como el tamaño de la palabra y la intensidad del color son proporcionales a la frecuencia, los elementos más grandes y oscuros corresponden a términos que aparecen con más frecuencia en las descripciones de proyectos. Destaca que el

Figura 2.2 Nube de palabras clasificando proyectos como verdes a partir de las descripciones de proyectos SECOP clasificados como agricultura sostenible

ii. Estimación

El impacto de estos proyectos se mide en función de tres indicadores: el valor total de la producción agrícola en dólares constantes, la superficie cosechada en hectáreas y el rendimiento, expresado en términos de producción por hectárea cultivada. Estos indicadores nos permiten capturar tanto la escala de producción como una aproximación de su eficiencia. La primera y segunda variable contribuyen a la escala, mientras que la tercera variable se relaciona con la eficiencia.

Este estudio aplica un método de diferencia en diferencias (DiD), que estima los efectos causales comparando los cambios en los resultados antes y después del tratamiento para un grupo de tratamiento frente a un grupo de control (Angrist & Pischke, 2009; Card & Krueger, 1994; Athey & Imbens, 2022). Este método nos permite identificar el efecto causal comparando sistemáticamente municipios clasificados en tres grupos: (i) aquellos que recibieron contratos agrícolas verdes, (ii) aquellos que recibieron contratos agrícolas tradicionales y (iii) aquellos que no recibieron contratos agrícolas. Al hacerlo, esta clasificación nos permite evaluar si las contrataciones públicas en agricultura verde generan resultados diferentes en comparación con las que implementan otras formas de apoyo o en comparación con la ausencia de intervención.

Por tanto, un aspecto central de nuestra estrategia es que los municipios no se comparen de forma aislada, sino bajo condiciones lo más equivalentes posible. Utilizamos las diferencias climáticas y de temperatura, así como las características iniciales de cada municipio, para hacer estas comparaciones ¹⁴. Además, incorporamos efectos temporales, lo que nos permite analizar cada año dentro de su propio contexto. Además, también consideramos el tamaño de la población rural, dado su impacto en la capacidad productiva y la adopción de nuevas prácticas. Con este enfoque, garantizamos que las comparaciones sean más justas, lo que permite que los resultados reflejen con mayor precisión los efectos de los contratos agrícolas, especialmente aquellos que apoyan la agricultura verde.

¹⁴ Las diferencias climáticas se calculan utilizando datos agregados de alta resolución desde 1901 hasta 2023 en cuadrículas de alta resolución de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, mientras que las anomalías se construyen a partir de desviaciones medias históricas nacionales.

Nuestra estrategia empírica se centra en distinguir dos tipos complementarios de efectos: el margen extensivo y el margen intensivo. El margen extensivo refleja el impacto de recibir al menos un contrato destinado a apoyar actividades agrícolas. En cambio, el margen intensivo examina cómo varían los resultados según la cantidad de apoyo recibido, medido como el valor acumulado de los contratos en dólares constantes dentro de cada categoría. Juntos, estos dos márgenes nos permiten evaluar tanto si tener un contrato importa como si recibir más apoyo conduce a efectos más fuertes.

Presentamos los resultados utilizando toda la información disponible para ambos márgenes. Extendiendo el análisis, demostramos los resultados restringidos a contratos recibidos en los últimos tres años para diferenciar los efectos acumulativos de los que se manifiestan a corto plazo. Una descripción completa de la metodología y las ecuaciones se proporciona en el Apéndice A3.

2.4 Resultados

i. Hallazgos homogéneos

Presentamos los resultados en una serie de figuras que analizan tres indicadores centrales de la producción agrícola: (i) Producción total medida en dólares constantes de 2012, (ii) superficie cosechada expresada en hectáreas, y (iii) rendimiento descrito como producción por hectárea. Los resultados combinan proyectos de servicios y materiales, y se estimaron controlando factores como la población rural, las condiciones climáticas y las características de cada municipio y año. Las tablas detalladas de las que se derivan estas cifras, así como los resultados desagregados de contratos de servicios y materiales, pueden encontrarse en el apéndice.

Para cada indicador, se presentan dos estimadores, uno que refleja el efecto de los contratos verdes y otro que refleja el de los contratos no verdes. Ambos se comparan con un contrafactual de no tener ese tipo de contrato. Cuando la estimación es positiva, significa que el inicio de ese tipo de contrato está asociado a un aumento en el indicador. Además, se proporcionan intervalos de confianza para evaluar si los impactos son significativamente diferentes de cero y para aproximar si las diferencias entre ambos efectos son estadísticamente significativas.

La Figura 2.3 presenta los resultados cuando el tratamiento se define en el margen extensivo a largo plazo, donde los municipios se consideran tratados desde el primer

año en que reciben un contrato. Los resultados indican un impacto positivo y estadísticamente significativo en los tres indicadores del desempeño agrícola de los municipios que reciben contratos verdes. En cambio, los contratos no verdes están asociados a un proceso de intensificación espacial de las prácticas productivas, que implica aumentos de rendimiento acompañados de una reducción en la superficie cultivada. Como esto resulta en un efecto total no significativo sobre la producción, los resultados demuestran que los contratos verdes son más efectivos para mejorar el rendimiento económico a largo plazo dentro del margen extensivo.

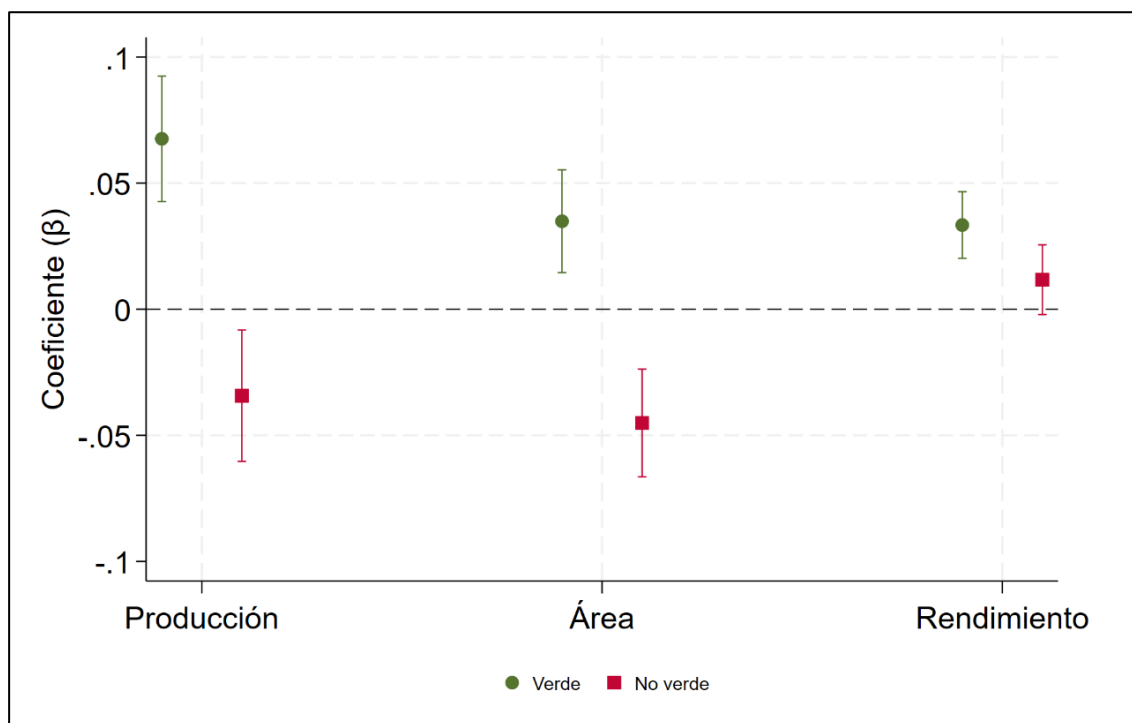


Figura 2.3 Efectos de tener al menos un proyecto verde o no verde

La Figura 2.4 muestra los resultados correspondientes al margen intensivo a largo plazo, donde el valor acumulado de los contratos se considera según su tipo. En general, se observa un efecto positivo en los retornos tanto de los contratos verdes como de los no verdes, aunque no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos. Sin embargo, los resultados sugieren que los mecanismos mediante los cuales se generan mejoras en el desempeño agrícola difieren. Mientras que los contratos verdes tienden a ampliar significativamente la producción mediante un aumento significativo del rendimiento y la superficie cultivada, los contratos no verdes se asocian nuevamente con un proceso de intensificación espacial. Así, incluso en el margen intensivo, no existe evidencia que permita afirmar que los contratos verdes

tienen un desempeño inferior al de los contratos convencionales en la mejora del desempeño económico a largo plazo.

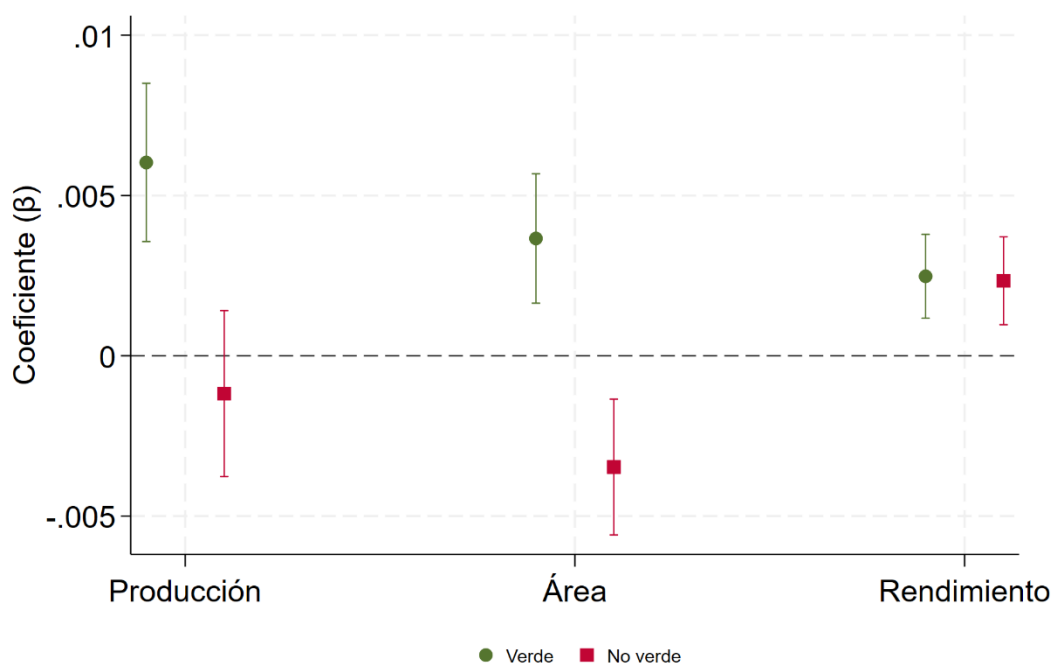


Figura 2.4 Efectos del valor acumulado de los contratos por tipo

La magnitud e interpretación de los impactos de las políticas dependen del horizonte temporal durante el cual se evalúan. Los plazos más cortos son especialmente relevantes para los responsables políticos, ya que corresponden más estrechamente a los ciclos políticos y presupuestarios. Por tanto, evaluamos si los resultados difieren al centrarnos en los resultados poco después de la implementación del proyecto. Específicamente, reestimamos los modelos utilizando indicadores de tratamiento definidos únicamente por contratos recibidos en los tres años anteriores.

La Figura 2.5 presenta los resultados para el margen extensivo a corto plazo, donde un municipio se considera tratado si recibió al menos un contrato verde o no verde durante este periodo de tres años. Los resultados se asemejan estrechamente a los obtenidos con horizontes temporales más largos. Aunque los contratos verdes se asocian con efectos positivos en los rendimientos agrícolas y el apoyo no verde se asocia a una reducción significativa de la superficie y, por tanto, de la producción total, las diferencias estimadas entre ambos tipos de contratos no son estadísticamente significativas. Por tanto, no hay pruebas que afirmen que los contratos verdes rindan menos en el margen extensivo a corto plazo.

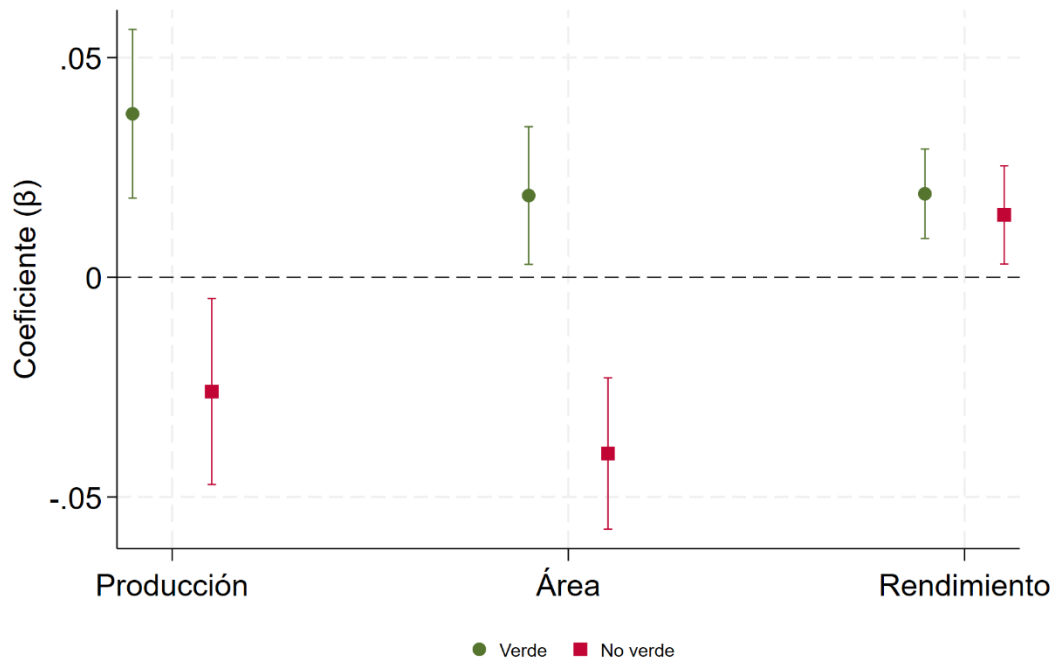


Figura 2.5 Efectos de tener al menos un proyecto verde o no verde en los últimos 3 años

La Figura 2.6 informa de los resultados correspondientes para el margen intensivo a corto plazo, que captura la intensidad de la exposición del proyecto a través del valor total recibido. Aquí, las estimaciones puntuales son algo mayores para contratos no verdes que para contratos verdes. Como esta diferencia no es estadísticamente significativa, tampoco hay evidencia que afirme que los contratos verdes sean menos efectivos en el margen intensivo a corto plazo.

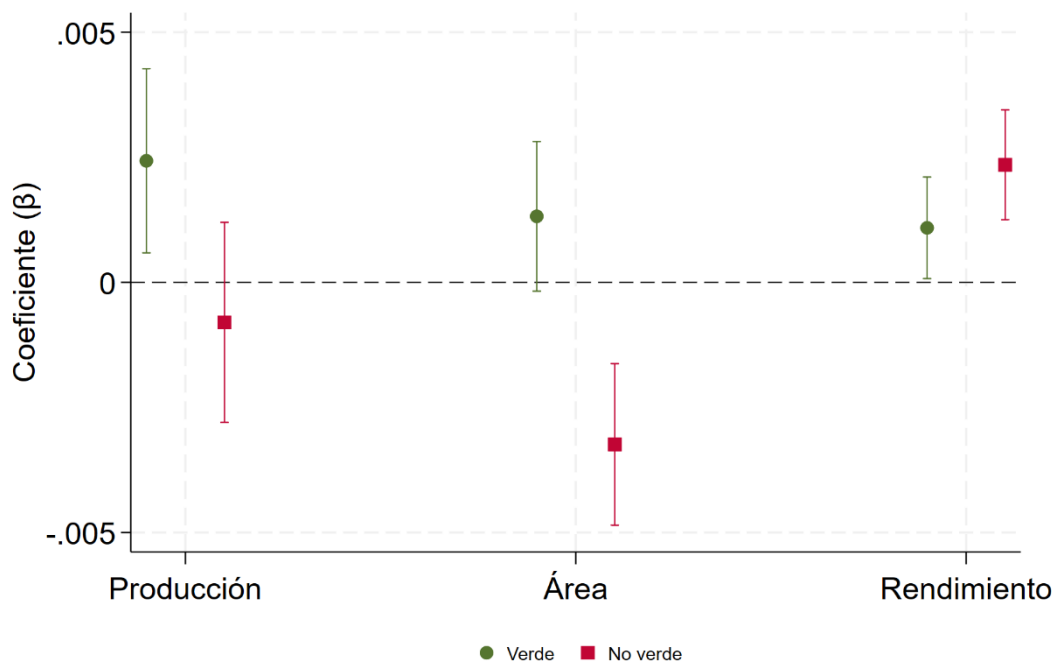


Figura 2.6 Efectos acumulativos de los valores de contratos verdes o no verdes en los últimos 3 años

Finalmente, también presentamos los resultados dinámicos año a año para el margen extensivo, como se muestra en las Figuras 2.7 y 2.8. Estos resultados ilustran el efecto de recibir al menos un contrato verde por primera vez en los rendimientos. Cada coeficiente refleja el impacto correspondiente al número de años transcurridos desde la cesión inicial del contrato. En consonancia con hallazgos previos, los contratos verdes generan beneficios inmediatos sobre los rendimientos. Estas ganancias en producción se acumulan más rápidamente que las de los contratos no verdes, los cuales también generan beneficios inmediatos. Es importante destacar que los coeficientes para los años previos al tratamiento no son estadísticamente significativos, lo que indica que se cumple la suposición de tendencias paralelas y, por tanto, respalda la validez del enfoque de diferencia en diferencias. Al examinar los efectos año tras año luego de implementado el tratamiento, las estimaciones no son estadísticamente significativas, lo que significa que no hay evidencia que afirme que los contratos verdes tengan un rendimiento inferior a los no verdes en este aspecto.¹⁵

¹⁵ Como las estimaciones dinámicas de estudios de eventos suelen tener menor poder estadístico que los efectos agregados del tratamiento presentados en las figuras anteriores, los resultados deben interpretarse dentro del plazo específico que comienza con la primera cesión del contrato.

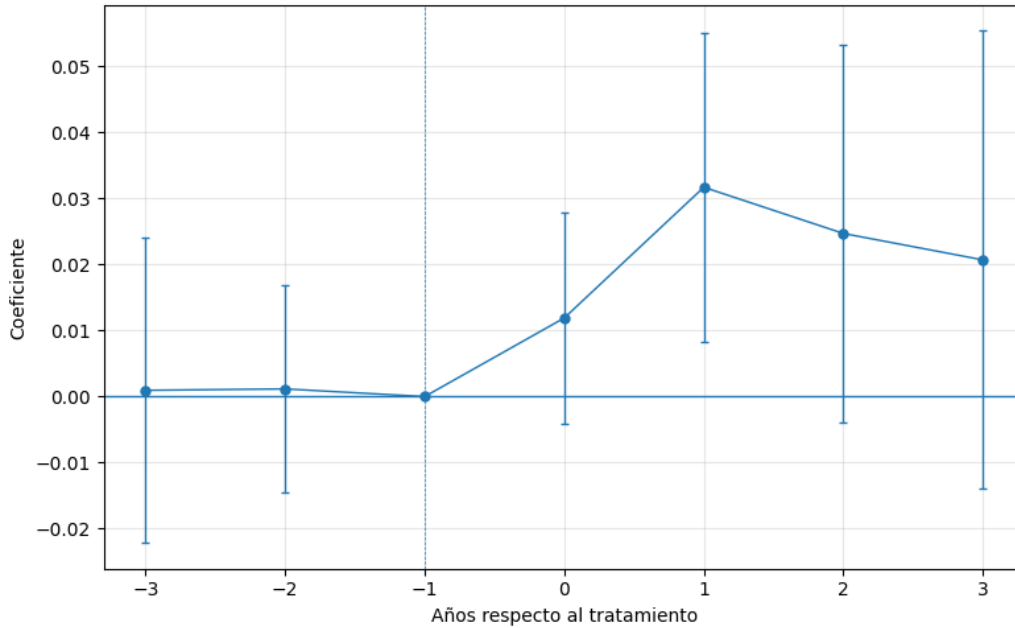


Figura 2.7 Efectos dinámicos en los rendimientos – Contratos VERDES

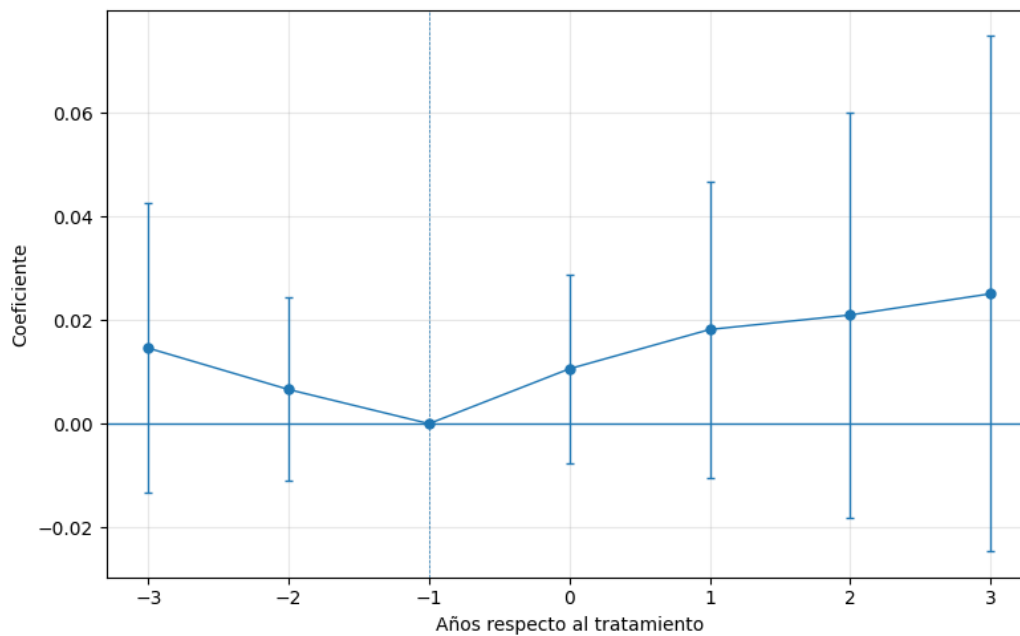


Figura 2.8. Efectos dinámicos en los rendimientos – Contratos NO VERDES

En conjunto, estos hallazgos indican que no existe una justificación económica que respalde el uso de contratos no verdes frente a aquellos de naturaleza sostenible, al menos en el ámbito de este estudio. En el corto plazo, no hay evidencia que apoye el argumento de que los contratos verdes sean menos efectivos que los contratos no verdes para producir mayores efectos en el rendimiento. A largo plazo, los contratos

verdes rinden al menos igual de bien que los no verdes, con algunas especificaciones que sugieren ganancias de rendimiento aún mayores.

Como analiza la revisión bibliográfica, hay varias razones que podrían explicar este patrón. En primer lugar, los contratos verdes suelen implicar cambios en las prácticas de producción o la incorporación de nuevas técnicas, que requieren un periodo de adaptación antes de alcanzar rendimientos comparables a los de los contratos no verdes. En segundo lugar, el análisis de texto de los contratos muestra que términos como silvicultura y árboles son de los más frecuentes, reflejando inversiones en cultivos o especies que requieren varios años para generar resultados productivos. Por tanto, es razonable esperar que los beneficios de estos contratos se materialicen de forma acumulativa con el tiempo. En tercer lugar, muchos contratos verdes están destinados a mejorar las condiciones ambientales locales, cuyos efectos productivos solo se hacen evidentes tras un proceso prolongado. Por ejemplo, mejorar la fertilidad del suelo mediante soluciones basadas en la naturaleza puede tardar varios años en traducirse en aumentos sustanciales de la cosecha, a diferencia del uso de fertilizantes sintéticos que generan resultados inmediatos.

ii. Hallazgos heterogéneos

Utilizando las mismas técnicas de estimación aplicadas en los resultados principales, ahora presentamos los resultados a largo plazo de una manera que diferencia entre contratos de servicios y contratos de materiales. Los contratos de servicios incluyen, por ejemplo, servicios de extensión rural, mientras que los contratos de materiales corresponden a la provisión de insumos. La Figura 2.9 muestra los resultados del efecto de tener al menos un contrato verde o no verde, distinguiendo entre servicios y materiales. La Figura 2.10 presenta los resultados considerando el valor acumulado de los contratos. En ambos casos, el panel izquierdo reporta los resultados para los proyectos de servicios, mientras que el panel derecho describe los resultados para los proyectos de materiales.

Los hallazgos muestran un patrón consistente a largo plazo. Aunque generan efectos positivos y significativos en la zona cosechada, los proyectos de servicio verdes no tienen efectos significativos en el rendimiento, mientras que los proyectos no verdes sí tienen un impacto significativo. En cambio, los proyectos de materiales verdes muestran aumentos claros en producción, superficie y rendimientos en comparación con los proyectos no verdes, que aumentan el rendimiento mientras disminuyen la superficie, y por tanto resultan en un efecto no significativo en la producción. Esto se

observa tanto por los efectos extensivos de tener al menos uno de estos contratos, como se muestra en la Figura 2.9, como por los efectos intensivos del valor acumulado de los contratos, demostrado en la Figura 2.10.

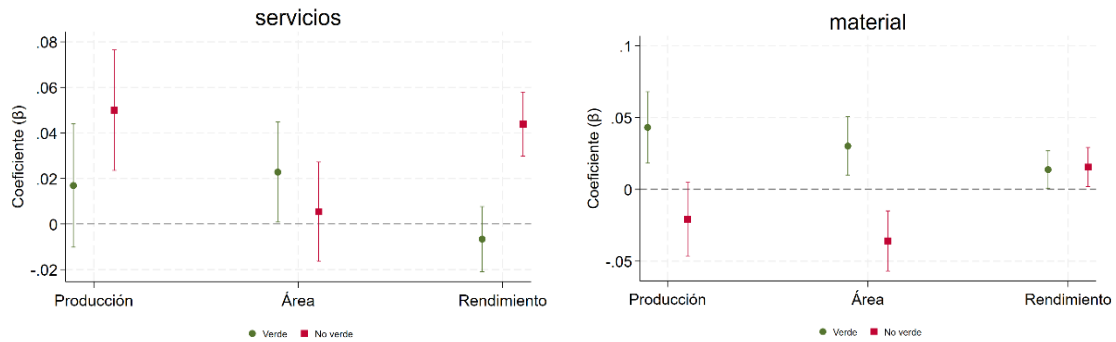


Figura 2.9 Efectos de tener al menos un proyecto verde o no verde, por categoría

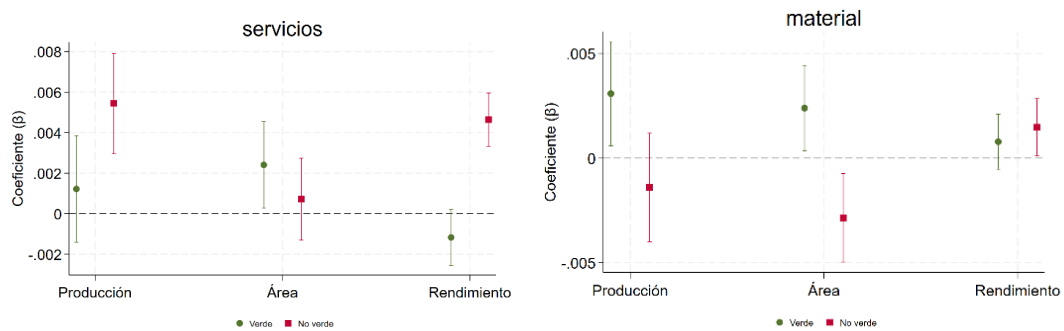


Figura 2.10 Efectos acumulados de los valores de contratos verdes o no verdes, por categoría

Como ocurre con los resultados principales, los efectos observados pueden estar condicionados a escala temporal. Para examinar esta dimensión, replicamos las estimaciones utilizando el valor acumulado de los contratos recibidos en los últimos tres años, separados por contratos de servicios y de materiales. Los resultados se muestran en la Figura 2.11. Los proyectos no verdes tienen un mayor efecto sobre el desempeño que los proyectos verdes en el corto plazo, los cuales solo muestran un efecto significativo cuando los montos de los contratos se acumulan a lo largo de más tiempo, pero no cuando se limitan a los últimos tres años, como se demuestra en la Figura 2.3. Adicionalmente, como demuestran los niveles de significación positiva en la Figura 2.4, el efecto acumulado es importante para mostrar todos los beneficios.

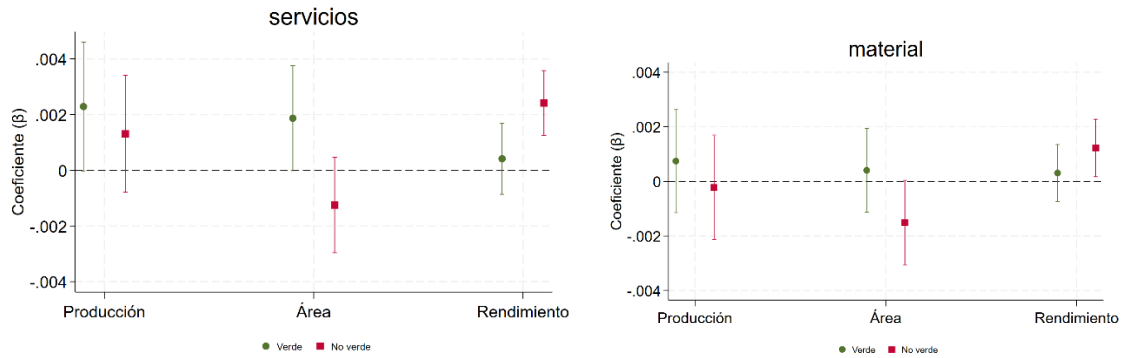


Figura 2.11 Efectos acumulados de los valores de contratos verdes o no verdes en los últimos 3 años por categoría

En conjunto, la evidencia indica que los contratos materiales son más efectivos que los relacionados con los servicios para promover la producción. Esto se debe a que los proyectos de agricultura verde que proporcionan insumos materiales son eficaces para aumentar los rendimientos, con un efecto que no difiere del de los proyectos no verdes en la mayoría de las especificaciones. En cambio, los proyectos de servicios verdes no muestran impactos significativos en los rendimientos, mientras que los proyectos de servicios no verdes sí.

Existen varias posibles explicaciones para este resultado. En primer lugar, algunos de los beneficios de las SbNs provienen de la reducción de costes mediante la reducción de insumos químicos y los costes asociados, en lugar de un aumento de rendimiento. Los servicios de extensión podrían ofrecer alternativas para reducir costes que generen beneficios para los productores y que no se reflejan en las medidas de rentabilidad. En segundo lugar, siempre es posible que existan fricciones y tensiones en la difusión y adopción de nuevas prácticas y conocimientos. En este sentido, dado que la provisión directa de insumos puede utilizarse de forma inmediata y eficiente, puede ofrecer resultados positivos más rápidos. Se necesita más investigación para desentrañar estas diferentes posibles explicaciones.

En este sentido, los resultados diferenciados por tipo de proyecto ponen de relieve una paradoja. Aunque se esperaba que los servicios de extensión tuvieran un mayor impacto en la agricultura sostenible, dado que requiere más conocimientos y la agricultura tradicional más insumos, encontramos lo contrario. Esto sugiere deficiencias en la orientación actual centrada en servicios de extensión rural, históricamente enfocada en la agricultura convencional en Colombia.

Dicho esto, un resultado potencialmente preocupante es el impacto de los contratos verdes en toda la superficie dedicada a la agricultura. Las investigaciones futuras deberían determinar si esta transición está reemplazando a los cultivos tradicionales en tierras ya utilizadas para la producción agrícola o si está generando expansión hacia áreas previamente no agrícolas. Mientras que lo primero mejoraría la sostenibilidad sustituyendo prácticas más insostenibles, el segundo podría tener repercusiones insostenibles, dado que los cambios en el uso del suelo tienen un impacto más directo en las emisiones de CO₂ que las propias prácticas agrícolas (IPCC, 2023).

3. Conclusión

A pesar del ambicioso marco de política internacional y nacional de Colombia para la agricultura sostenible, persisten brechas de implementación en el nivel operativo. Esto puede afirmarse ya que los instrumentos verdes representan solo el 2,37% del gasto agrícola total en inversión. A pesar de que el enfoque del gasto verde se ha ampliado desde acciones a nivel de proyecto hacia enfoques más programáticos que integran objetivos de mitigación, adaptación y sociales, dichas políticas fiscales suelen financiarse a través de iniciativas episódicas específicas de cada administración que dificultan una transición estable a largo plazo. Especialmente, la huella de los proyectos verdes se ha expandido pero sigue concentrada en un pequeño conjunto de departamentos y municipios, y por tanto desalineada con las necesidades.

Además, en el contexto colombiano, la evidencia empírica no respalda preocupaciones relacionadas con la pérdida de rendimiento y producción agrícola si el gobierno reemplaza los apoyos agrícolas tradicionales por otros de naturaleza sostenible. Esto significa que redirigir recursos hacia proyectos verdes, incluso si provienen de programas agrícolas tradicionales, no implica una pérdida de productividad. De hecho, según algunas especificaciones, los proyectos agrícolas verdes pueden generar mayores beneficios, especialmente a medio y largo plazo. Esto indica que Colombia puede ampliar el apoyo agrícola verde a las regiones que más lo necesitan sin sacrificar la productividad a largo plazo.

A un nivel más desagregado, encontramos paradójicamente que la provisión de insumos supera a la provisión de servicios en términos de efectos sobre el rendimiento. Como investigaciones previas indican que la transición hacia la agricultura sostenible tiende a ser más intensiva en conocimiento y requiere un sólido apoyo técnico (Laajaj & Macours, 2026), concluimos que algunos beneficios se producen mediante la reducción de costes y pueden no percibirse al centrarse en los resultados de rendimiento. Más importante aún, los efectos limitados de los servicios podrían estar relacionados con la insuficiencia de los servicios de extensión y la falta de formación en agroecología, junto con su escasa capacidad para llegar a regiones remotas de Colombia.

Basándonos en estos hallazgos, este informe quiere concluir ofreciendo las siguientes opciones de política:

1. Construir una estrategia a largo plazo que vaya más allá de administraciones específicas, estableciendo objetivos explícitos y con plazos definidos para superar con creces la actual cuota del ~2% del gasto agrícola verde.
2. Adoptar criterios de focalización transparentes, como la presión de deforestación, el riesgo de erosión, el estrés hídrico, el riesgo climático y la inversión verde por hectárea agrícola, como parte de los criterios estándar de aprobación de proyectos para asignar flujos financieros y hacer seguimiento a su impacto.
3. Diseñar nuevas políticas fiscales y perfeccionar las ya existentes, como subvenciones a insumos y créditos rurales, para apoyar a los productores a corto plazo cuando los beneficios económicos de la agricultura sostenible pueden no cubrir los costes de transición.
4. Implementar campañas de concienciación pública a gran escala para garantizar que los productores sean conscientes de los beneficios a largo plazo de la agricultura sostenible.
5. Proporcionar orientación de arriba hacia abajo (top-down), así como desarrollo de capacidades, para asegurar que la contratación pública apoye los servicios de extensión informados en agroecología.
6. Implementar salvaguardas y herramientas de monitoreo para garantizar una transición sostenible en los territorios agrícolas existentes, y priorizar proyectos con bajo riesgo de expansión de frontera agrícola cuando sea necesario.

Referencias

- Abdalla, K., Chivenge, P., Ciaes, P., & Chaplot, V. (2016). El laboreo directo reduce más las emisiones de CO₂ en el suelo bajo condiciones de suelo árido y arenoso: resultados de un metaanálisis. *Biogeociencias*, 13(12), 3619–3633.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2017). El potencial de adaptación y mitigación de la agricultura tradicional en un clima cambiante. *Cambio climático*, 140(1), 33–45. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>
- Andrade, H. J., & Zapata, P. C. (2019). Mitigación del cambio climático en los sistemas de producción de café en Cundinamarca, Colombia. *Floresta e Ambiente*, 26(3), e20180126.
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2009). *Econometría mayormente inofensiva: Compañero de un empirista*. Princeton University Press.
- Athey, S., & Imbens, G. W. (2022). Análisis basado en diseño en entornos de diferencias en diferencias. *Annual Review of Economics*, 14, 453–489.
- Banco Mundial, & Departamento Nacional de Planeación. (2014). *Desarrollo de bajo carbono para Colombia* [Bajo-Carbono Desarrollo para Colombia]. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/Desarrollo%20Bajo%20En%20Carbono%20Para%20Colombia.pdf>
- Biocarbono Orinoquia. (2024). *Plan de reparto de beneficios del programa de reducción de emisiones para el Orinoquia en Colombia (Biocarbono ERP)*. https://biocarbono.org/wp-content/uploads/2024/12/2024.04.25-Colombia-ISFL-BSP-v8.1-English_Advance-Draft.pdf
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., ... & Panagos, P. (2017). Una evaluación del impacto global del cambio de uso del suelo en el siglo XXI en la erosión del suelo. *Nature Communications*, 8(1), 2013.
- Card, D., & Krueger, A. B. (1994). Salarios mínimos y empleo: un estudio de caso de la industria de la comida rápida en Nueva Jersey y Pensilvania. *American Economic Review*, 84(4), 772–793.
- Carter, M., Laajaj, R., & Yang, D. (2021). Subvenciones y la Revolución Verde Africana: Efectos directos y desbordamientos en redes sociales de subvenciones

aleatorizadas a insumos en Mozambique. *American Economic Journal: Applied Economics*, 13(2), 206–229.

Castle, S. E., Miller, D. C., Ordonez, P. J., Baylis, K., & Hughes, K. (2021). Los impactos de las intervenciones agroforestales en la productividad agrícola, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano en países de ingresos bajos y medios: una revisión sistemática. *Campbell Systematic Reviews*, 17(2), e1167.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. (2016). *Sostenibilidad alimentaria futura: Sentando bien las bases* [Sostenibilidad alimentaria futura: sentando las bases]. <http://annualreport2015.ciat.cgiar.org/>

Condori, T., Alarcón, S., Huasasquiche, L., García-Blásquez, C., Padilla-Castro, C., Velásquez, J., & Solórzano, R. (2024). Inoculación con *Azospirillum brasilense* como estrategia para reducir la fertilización con nitrógeno en el cultivo de maíz púrpura (*Zea mays* L.) en los Valles Interandinos del Perú. *Microorganismos*, 12(10), 2107.

CONPES. (2011). *CONPES 3700: Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia* [Institucional Estrategia para Articulación Clima Cambio Políticas y Acciones en Colombia]. Departamento Nacional de Planeación. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/5.-Conpes-3700-de-2011.pdf>

CONPES. (2018). *CONPES 3934: Política de crecimiento verde* [Verde Crecimiento Política]. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/conpes-3934-de-2018.pdf>

Crowder, D. W., & Reganold, J. P. (2015). Competitividad financiera de la agricultura ecológica a escala global. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, 112(24), 7611–7616. <https://doi.org/10.1073/pnas.1423674112>

Damania, R., Balseca, E., De Fontaubert, C., Gill, J., Rentschler, J., Russ, J., & Zaveri, E. (2023). *Desarrollo de desintoxicación: Reutilización de subvenciones medioambientalmente dañinas*. Publicaciones del Banco Mundial.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). *Boletín ENA 2023* [Boletín nacional de cuentas medioambientales 2023]. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/ENA/bol-ENA-2023.pdf>

- Departamento Nacional de Planeación, & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Marco conceptual y lineamientos del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático* [Conceptual Marco y Directrices para la Nacional Clima Cambio Adaptación Plan]. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/1_Plan_Nacional_de_Adaptacion_al_Cambio_Climatico.pdf
- Departamento Nacional de Planeación, & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Plan nacional de adaptación al cambio climático: Líneas de acción prioritarias para la adaptación al cambio climático en Colombia*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/PNACC-2016-linea-accion-prioritarias.pdf>
- Durham, T. C., & Mizik, T. (2021). Economía comparada de los sistemas de producción agrícola convencional, orgánica y alternativa. *Economías*, 9(2), 64.
- Fedegan. (s.d.). *Ganadería colombiana sostenible* [Sostenible Colombiano Ganadería Producción]. <https://www.fedegan.org.co/programas/ganaderia-colombiana-sostenible>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *El Fondo Climático Verde aprueba nuevos proyectos*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/Green-Climate-Fund-approves-new-projects/en>
- Geissert, D., Mólgora-Tapia, A., Negrete-Yankelevich, S., & Hunter Manson, R. (2017). Efecto de la gestión de la cobertura vegetal en la erosión hídrica en plantaciones de café a la sombra. *Agrociencia*, 51(2), 119–133.
- González, J. J., Cubillos, Á., Chadid, M. A., Cubillos, A., Arias, M., Zuñiga, E., Joubert, F., Pérez, I., & Berrio, V. (2018). *Caracterización de las principales causas y agentes de la deforestación a nivel nacional período 2005-2015*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Programa ONU-REDD Colombia.
- Huang, W., Jiang, L., Zhou, J., Kim, H. S., Xiao, J., & Luo, Y. (2025). La reducción de la erosión aumenta el almacenamiento de carbono en el suelo bajo los cultivos de cobertura. *Biología del Cambio Global*, 31(3), e70133.
- IDEAM. (2014). *Estudio nacional del agua 2014* [Estudio nacional del agua 2014].

- IDEAM. (2015). *Estrategia integral de control a la deforestación y gestión de los bosques en Colombia* [Estrategia integral de control de la deforestación y gestión forestal en Colombia].
- IDEAM, & Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia – 2015* [Estudio nacional de la degradación del suelo por erosión en Colombia].
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2019). *Refinamiento de 2019 de las directrices del IPCC de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2022). *Cambio climático 2022: Mitigación del cambio climático (Grupo de Trabajo III Contribución al Sexto Informe de Evaluación)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- Laajaj, R., & Macours, K. (2025). La complejidad del aprendizaje multidimensional en la agricultura. *Econometría*. Publicación online anticipada.
- Laajaj, R., Macours, K., Masso, C., Thuita, M., & Vanlauwe, B. (2020). Reconciliar las ganancias de rendimiento en ensayos agronómicos con los rendimientos bajo condiciones africanas de pequeños agricultores. *Informes Científicos*, 10(1), 14286.
- Lozano-Baez, S. E., Domínguez-Haydar, Y., Di Prima, S., Cooper, M., & Castellini, M. (2021). El café cultivado a la sombra en Colombia beneficia la conductividad hidráulica del suelo. *Sostenibilidad*, 13(14), 7768.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Fertilidad y biodiversidad del suelo en la agricultura ecológica. *Science*, 296(5573), 1694–1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2022). *Cuadro consolidado TVC* [Consolidado Tabla TVC]. <https://www.taxonomiaverde.gov.co/es/web/taxonomia-verde/herramientas-de-implementacion-taxonomia-verde>
- Moret-Bailly, S., & Muro, M. (2024). *Los costes y beneficios de la transición hacia una agricultura sostenible en la UE: Evidencia de estudios de caso*. Instituto de Política Ambiental Europea.

- Nouri, A., Lukas, S., Singh, S., Singh, S., & Machado, S. (2022). ¿Cuándo reducen los cultivos de cobertura la lixiviación de nitratos? Un metaanálisis global. *Biología del Cambio Global*, 28(15), 4736–4749.
- Powlson, D. S., Stirling, C. M., Thierfelder, C., White, R. P., & Jat, M. L. (2016). ¿La agricultura de conservación logra mitigar el cambio climático mediante la captura de carbono en el suelo en agroecosistemas tropicales? *Agricultura, ecosistemas y medio ambiente*, 220, 164–174.
- Qiu, Q., Bender, S. F., Mgelwa, A. S., & Hu, Y. (2022). Los hongos micorrízicos arbusculares mitigan las pérdidas de nitrógeno y fósforo en el suelo: un metaanálisis. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 807, 150857.
- Raveloaritiana, E., & Wanger, T. C. (2024). Las décadas importan: La diversificación agrícola incrementa la rentabilidad financiera, la biodiversidad, la calidad del suelo y la captura de carbono con el tiempo. *Cartas de ecología*, 27(6), 1260–1273. <https://doi.org/10.1111/ele.14457>
- Instituto Rodale. (2011). *El ensayo de sistemas agrícolas: Celebrando 30 años*.
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparando los rendimientos de la agricultura ecológica y convencional. *Nature*, 485(7397), 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- Thapa, R., Mirsky, S. B., & Tully, K. L. (2018). Los cultivos de cobertura reducen la lixiviación de nitratos en agroecosistemas: un metaanálisis global. *Revista de Calidad Ambiental*, 47(6), 1400–1411.
- UNEP. (s.f.). *Contratación pública sostenible | PNUMA - Programa de la ONU para el medio ambiente*. <https://www.unep.org/topics/finance-and-economic-transformations/scp-and-circularity/sustainable-public-procurement>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2023). *Análisis técnico del tercer informe bienal de actualización de Colombia presentado el 14 de enero de 2022*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tasr3_2022_COL.pdf

Apéndice para la Sección 1

A1. Alineación entre el MRV y el TVC

La Tabla 1 presenta el análisis cruzado de las palabras incluidas en el TVC y MRV desarrollado por MinHacienda (MinHacienda, 2022).

Tabla 1. Actividades de MRV en TVC

| Tabla de equivalencia | | | | |
|-------------------------------|---|---|-------------------------|---|
| Taxonomía de Colombia | | | MRV | |
| Sector de la Taxonomía | Actividades de la Taxonomía | Comentarios | Subsector | Actividades del MRV |
| N/A | No existe equivalencia | La adaptación aún no se ha desarrollado en la taxonomía | Desarrollo rural | Proporcionar directrices para incorporar medidas de adaptación en los instrumentos sectoriales de política agrícola |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (prácticas avanzadas o transformadoras: transición de cultivos o pastos de transición a sistemas agroforestales (por ejemplo, a cacao, árboles frutales o silvicultura) y sistemas agrosilvopastoriles) | | | Promoción de sistemas agroforestales |

| | | | | |
|---|---|---|--|--|
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (prácticas complementarias de adopción tecnológica: biodigestores, ahorro energético y energía limpia) | | | Desarrollar paquetes tecnológicos para la agroforestería |
| Agricultura, Suministro y tratamiento de agua | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (práctica central: gestión de recursos hídricos) Inversiones para la eficiencia hídrica | Se pueden aplicar dos actividades de la Taxonomía | | Utiliza sistemas de riego más inteligentes y de precisión y prácticas agrícolas con enfoques ecosistémicos para conservar el agua |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (prácticas avanzadas o transformadoras: mejora del material genético en semillas y material reproductivo. Biotecnología en cadenas de producción agrícola) | | | Utilizar, conservar e intercambiar variedades de cultivos genéticamente mejorados que sean más resistentes a condiciones meteorológicas extremas |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (prácticas avanzadas o transformadoras: mejora del material genético en semillas y | | | Promover la investigación y el desarrollo de cultivos genéticamente mejorados que sean más resistentes |

| | | | |
|-------------|--|---|--|
| | material reproductivo. Biotecnología en cadenas de producción agrícola) | | a condiciones meteorológicas extremas |
| N/A | No existe equivalencia | La adaptación aún no se ha desarrollado en la taxonomía | Incentivar métodos agrícolas resilientes al clima de manera sostenible |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica: (práctica de adopciones tecnológicas complementarias) | Ahorro energético y energía limpia: mejorar el mantenimiento y las rutinas de equipos para ahorrar combustible y adquirir energía limpia para la generación de electricidad | Reducir el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía en tracción (por ejemplo, labranza eficiente), riego y otros procesos agrícolas |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (práctica básica: gestión de fertilizantes) | | Utiliza fertilizantes orgánicos y biológicos en lugar de químicos |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (Práctica básica: control de plagas y enfermedades) | | Gestionar de forma integral plagas y enfermedades ante fenómenos meteorológicos extremos |
| N/A | No existe equivalencia | | Desarrollar programas de agricultura urbana y |

| | | | | |
|-------------|---|--|--|--|
| | | | | periurbana en zonas vulnerables |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica (todas las prácticas) | | | Fomentar la producción ecológica y orgánica |
| N/A | No existe equivalencia | | | Promover la producción agrícola basada en figuras comunitarias, asociativas y cooperativas |
| N/A | No existe equivalencia | Las prácticas de formación y asistencia técnica solo son abordadas únicamente por el sector forestal | | Desarrollar y fortalecer modelos de asistencia técnica con enfoques de autogestión para el desarrollo comunitario |
| N/A | No existe equivalencia | Las prácticas de formación y asistencia técnica solo son abordadas únicamente por el sector forestal | | Fortalecimiento de las capacidades institucionales locales, regionales y nacionales para la promoción de estrategias y políticas para la agricultura comunitaria, asociativa y cooperativa |
| N/A | No existe equivalencia | La adaptación aún no se ha desarrollado en la taxonomía | | Desarrollar y fortalecer programas sociales de alimentación y seguridad |

| | | | | |
|-----------|--|---|--|---|
| | | | | alimentaria para responder a fenómenos meteorológicos extremos |
| N/A | No existe equivalencia | La adaptación aún no se ha desarrollado en la taxonomía | | Identificar y evaluar medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de los sistemas prioritarios de producción agrícola mediante las mejores prácticas agrícolas |
| | Soluciones de reducción de GEI basadas en datos | | | Recopilación, procesamiento y difusión de información agroclimática a través del SAT para promover la adaptación |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible (todas las prácticas) Inversiones y prácticas para la transición hacia la agricultura sostenible (todas las prácticas) | Se aplica a ambos sectores | | Desarrollar e implementar estrategias para la mitigación de GEI en la producción agrícola y ganadera |

| | | | | |
|-------------|---|---|--------------------|---|
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la agricultura ecológica y la ganadería sostenible: (práctica de adopciones tecnológicas complementarias - biodigestores y energías limpias) | Se aplica a ambos sectores | | Promover la reconversión productiva y tecnológica en el sector agrícola |
| | Compostaje de residuos orgánicos | | | Producción de compostajes a partir de residuos orgánicos |
| N/A | No existe equivalencia | La adaptación aún no se ha desarrollado en la taxonomía | | Apoyar la formulación de planes de uso del suelo con un enfoque de desarrollo rural bajo en carbono y resiliente al clima |
| N/A | No existe equivalencia | La taxonomía no aborda cuestiones de seguros ni incentivos fiscales | | Desarrollar y fortalecer los seguros agrícolas e incentivos económicos |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición hacia la agricultura sostenible: (prácticas intermedias: gestión y tratamiento de residuos contaminados con residuos orgánicos, y adopciones | | Agricultura | Uso de residuos de cultivo para la generación de energía |

| | | | | |
|--------------|---|---|------------------|---|
| | tecnológicas complementarias incluyendo biodigestores | | | |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición hacia la agricultura sostenible: (práctica básica: conservación del suelo; criterios de elegibilidad: buenas prácticas de laboreo) | | | Emplear prácticas agrícolas como labranza mínima y cobertura del suelo |
| Agricultura | Inversiones y prácticas para la transición hacia la agricultura sostenible: (prácticas básicas: conservación del suelo y gestión de los recursos hídricos) | | | Utilizar eficientemente el agua y el suelo en actividades agrícolas |
| Silvicultura | Reforestación con fines comerciales (todas las prácticas) | | | Reforestación mediante plantaciones comerciales |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible: (práctica avanzada: Sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI)) | | | Implementar sistemas agro-silvopastoriles |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible: (todas las prácticas) | No se especifica una práctica de medición de GEI; sin embargo, las prácticas del sector ganadero están influenciadas por el logro de la | Ganadería | Evaluar las emisiones de GEI en la producción ganadera determinando factores de emisión específicos de Colombia |

| | | | |
|-----------|--|--|---|
| | | mitigación de GEI (por ejemplo, energía limpia) | |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible: (todas las prácticas) | Las prácticas del sector ganadero favorecen la mitigación de gases de emersión (por ejemplo, energía limpia) | Promover proyectos de mitigación en la ganadería |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible: (práctica complementaria de adopción tecnológica: biodigestores para la gestión integrada del estiércol) | | Aprovecha el estiércol y otros residuos sólidos mediante biodigestores para generación eléctrica, biogás doméstico y biofertilizantes |
| Residuos | Digestión anaeróbica de residuos orgánicos mediante captura o uso de metano | | |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición a la ganadería sostenible: (práctica intermedia: Bienestar animal (excluyendo aspectos de salud) | | Complemento de la dieta del ganado |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible: (todas las prácticas) | Las prácticas del sector ganadero contribuyen al logro de los objetivos de mitigación y | Evaluar opciones para la implementación conjunta de medidas de adaptación |

| | | | | |
|-----------|--|---|--|---|
| | | adaptación al cambio climático de manera transversal | | y mitigación en granjas ganaderas |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible: (todas las prácticas) | Las prácticas del sector ganadero favorecen el logro de los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático y otros objetivos medioambientales de manera transversal, incluyendo cuestiones de bienestar animal. | | Estabilización del ganado |
| N/A | No existe equivalencia | La taxonomía no aborda cuestiones de incentivos económicos | | Implementar incentivos económicos para la mitigación GEI en la producción ganadera |
| Ganadería | Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible: (práctica básica: división y rotación de pastos) | | | Promover el pastoreo racional |
| N/A | No existe equivalencia | Actividad aún no desarrollada en la Taxonomía Verde | Otras actividades productivas principales | Reducción de la vulnerabilidad de las pesquerías debido a la variabilidad climática |

Tabla 2. Actividades de TVC en MRV

| Criterios de elegibilidad sectorial - Inversiones y prácticas para la transición hacia la ganadería sostenible | ¿Está en MRV? (Sí/No) |
|--|------------------------------|
| PRÁCTICAS BÁSICAS | |
| División y rotación de los potreros | Sí |
| Gestión eficiente y protección de las fuentes de agua | Sí |
| Protección física del suelo | Sí |
| PRÁCTICAS INTERMEDIAS | |
| Gestión de pastos y forrajes | Sí |
| Fertilizantes orgánicos y verdes, uso de estiércol y efluentes | Sí |
| Bienestar animal (excluyendo aspectos de salud) | Sí |
| PRÁCTICAS AVANZADAS O TRANSFORMADORAS | |
| Sistemas silvopastores (en varias posibles disposiciones que pueden integrar las que se enumeran a continuación, siendo los más comunes en Colombia) | Sí |
| Cercas vivas | Sí |
| Árboles dispersos en el potrero | Sí |
| Setos Forrajeros | Sí |
| Bancos mixtos de forraje | Sí |
| Sistemas silvopastores intensivos (SSPI) | Sí |
| ADOPCIONES TECNOLÓGICAS COMPLEMENTARIAS | |
| Biodigestores, canales acuáticos de plantas y sistemas de acuicultura, lagunas de oxidación, sistemas de compostaje y vegetación | Sí |
| Energía limpia (solar, eólica, gravedad) y eficiencia energética [FA2] | Sí |

| Criterios sectoriales de elegibilidad - inversiones y prácticas para la transición a la agricultura ecológica | ¿Estás en MRV? (Sí/No) |
|--|-------------------------------|
| PRÁCTICAS BÁSICAS | |
| Rotación de cultivos (en cultivos de transición o de ciclo corto2) | Sí |
| Gestión de fertilizantes | Sí |
| Control de plagas y enfermedades | Sí |
| Conservación del suelo | Sí |

| | |
|--|----|
| Gestión de los recursos hídricos | Sí |
| PRÁCTICAS INTERMEDIAS | |
| Gestión y tratamiento de residuos contaminados con residuos orgánicos | Sí |
| Fertilizantes orgánicos o verdes (uso de cubiertas vegetales) | Sí |
| Transición de cultivos o pastos de transición a agroforestería (por ejemplo, cacao, árboles frutales o silvicultura) y sistemas agrosilvopastoreis | Sí |
| Introducción de policultivos o cultivos compañeros en cultivos permanentes | Sí |
| Mejora del material genético en semillas y material reproductivo. Biotecnología en las cadenas de producción agrícola | Sí |
| ADOPCIONES TECNOLÓGICAS COMPLEMENTARIAS | |
| Biodigestores | Sí |
| Ahorro energético y energía limpia | Sí |

| Criterios de elegibilidad para la conversión de cultivos de café | ¿Estás en MRV? (Sí/No) |
|---|-------------------------------|
| PRÁCTICAS BÁSICAS | |
| Conservación del suelo | Sí |
| Gestión de fertilizantes | Sí |
| Control de plagas y enfermedades | Sí |
| PRÁCTICAS INTERMEDIAS | |
| Gestión y tratamiento de residuos contaminados con residuos orgánicos | Sí |
| Fertilizantes orgánicos o verdes (uso de cubiertas vegetales) | Sí |
| PRÁCTICAS AVANZADAS O TRANSFORMADORAS | |
| Introducción de policultivos o culturas compañeras en cultivos permanentes | Sí |
| Mejora del material genético en semillas y material reproductivo. Biotecnología en las cadenas de producción agrícola | Sí |
| Biodigestores | Sí |
| Ahorro energético y energía limpia | Sí |

| Criterios de elegibilidad para la conversión de cultivos de arroz | ¿Estás tomando MRV? (Sí/No) |
|--|------------------------------------|
| PRÁCTICAS BÁSICAS | |
| Conservación del suelo | Sí |
| Gestión de los recursos hídricos | Sí |
| PRÁCTICAS INTERMEDIAS | |
| Control de plagas y enfermedades | Sí |
| Mejora del material genético en semillas y material reproductivo. | Sí |
| Protección de cuerpos de agua, reducción del estrés hídrico | Sí |
| PRÁCTICAS AVANZADAS O TRANSFORMADORAS | |
| Fertilizantes orgánicos o verdes | Sí |
| Control biológico | Sí |
| Biodigestores | Sí |
| Ahorro energético y energía limpia | Sí |

| Criterios de elegibilidad para la conversión de cultivos frutales | ¿Estás tomando MRV? (Sí/No) |
|---|------------------------------------|
| PRÁCTICAS BÁSICAS | |
| Conservación del suelo | Sí |
| Gestión de los recursos hídricos | Sí |
| Control de plagas y enfermedades | Sí |
| PRÁCTICAS INTERMEDIAS | |
| Mejora del material genético en semillas y material reproductivo. Biotecnología en las cadenas de producción agrícola | Sí |
| Introducción de policultivos o culturas compañeras en cultivos permanentes | Sí |
| PRÁCTICAS AVANZADAS O TRANSFORMADORAS | |
| Fertilizantes orgánicos o verdes | Sí |
| Protección de cuerpos de agua, reducción del estrés hídrico | |
| Biodigestores | Sí |

| | |
|------------------------------------|----|
| Ahorro energético y energía limpia | Sí |
|------------------------------------|----|

| Criterios de elegibilidad para la conversión de cultivos de cacao | ¿Estás tomando MRV? (Sí/No) |
|--|------------------------------------|
| PRÁCTICAS BÁSICAS | |
| Conservación del suelo | Sí |
| Gestión de fertilizantes | Sí |
| Control de plagas y enfermedades | Sí |
| PRÁCTICAS INTERMEDIAS | |
| Gestión y tratamiento de residuos contaminados con residuos orgánicos | Sí |
| Introducción de policultivos o culturas compañeras en cultivos permanentes | Sí |
| PRÁCTICAS AVANZADAS O TRANSFORMADORAS | |
| Fertilizantes orgánicos | Sí |
| Protección de cuerpos de agua, reducción del estrés hídrico | |
| Biodigestores | Sí |
| Ahorro energético y energía limpia | Sí |

Reconocemos que la categoría de adaptación puede contener un número limitado de inversiones que no son estrictamente “verdes” o que combinan objetivos adaptativos con componentes ambientalmente ambiguos. Para abordar esta preocupación, llevamos a cabo una revisión adicional de todos los proyectos etiquetados como adaptación, combinando la revisión basada en texto, la inspección manual y el uso de clasificaciones por dimensiones a nivel de proyecto para identificar y excluir posibles falsos positivos. El propósito de este ejercicio no era afirmar que la categoría es conceptualmente pura, sino evaluar si la contaminación potencial es cuantitativamente importante para el análisis. Nuestra revisión sugiere que, tras aplicar estos filtros, la cantidad de inversión que plausiblemente sigue siendo mal clasificada es pequeña y no altera materialmente la interpretación de la categoría de adaptación como una aproximación útil de la inversión verde.

R2. Nota metodológica sobre el cribado de proyectos de adaptación MRV

Esta verificación tenía como objetivo determinar si todos los proyectos clasificados por MRV como “actividad asociada a la adaptación” eran realmente ambientalmente sostenibles. El ejercicio se centró únicamente en la dimensión de adaptación, ya que los proyectos asociados a mitigación y “ambos” son, por definición, positivos para el medio ambiente. El proceso de revisión de los proyectos clasificados bajo la categoría de adaptación constaba de tres etapas.

En primer lugar, los 1.330 proyectos etiquetados como adaptación en la cartera agrícola fueron revisados manualmente. De sus títulos, se extrajeron 52 palabras clave recurrentes asociadas a prácticas positivas para la naturaleza o inteligentes para el clima. Cada proyecto que contenía uno o más de estos términos recibía el valor binario 1 = verde, y 0 = no verde en caso contrario.

En segundo lugar, se realizó una lectura adicional para identificar títulos cuyo uso de términos sostenibles o relacionados se refería a la sostenibilidad económica o social más que a resultados medioambientales. De estos casos, 30 fueron marcados como indeterminados. Por ejemplo, proyectos que mencionan productividad o marketing sostenibles sin contenido ecológico. Estos se les asignó un valor de 0 = verde = falso y 1 = indeterminado.

En tercer lugar, todos los proyectos registrados en MRV bajo la dimensión “Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos” fueron validados automáticamente como verde = 1. Esto se debe a que esta clasificación implica explícitamente un beneficio ambiental.

Tras estos filtros, el subconjunto indeterminado representó en general el 4% del volumen total de inversión en MRV en el sector agrícola. La cuota fluctúa ligeramente cada año, pero sigue siendo modesta. Dado que todos los proyectos cumplen con la validación algorítmica y experta de MRV y ninguno viola los criterios de exclusión, estos casos indeterminados se mantuvieron en estimaciones agregadas, mientras que su incertidumbre se informa de forma transparente. En conjunto, estos pasos aseguran que los resultados cuantitativos utilizados a lo largo del informe representen con precisión la proporción de inversiones agrícolas con co-beneficios ambientales explícitos y verificables.

A3. Narrativas de la inversión verde. Representaciones de grafos

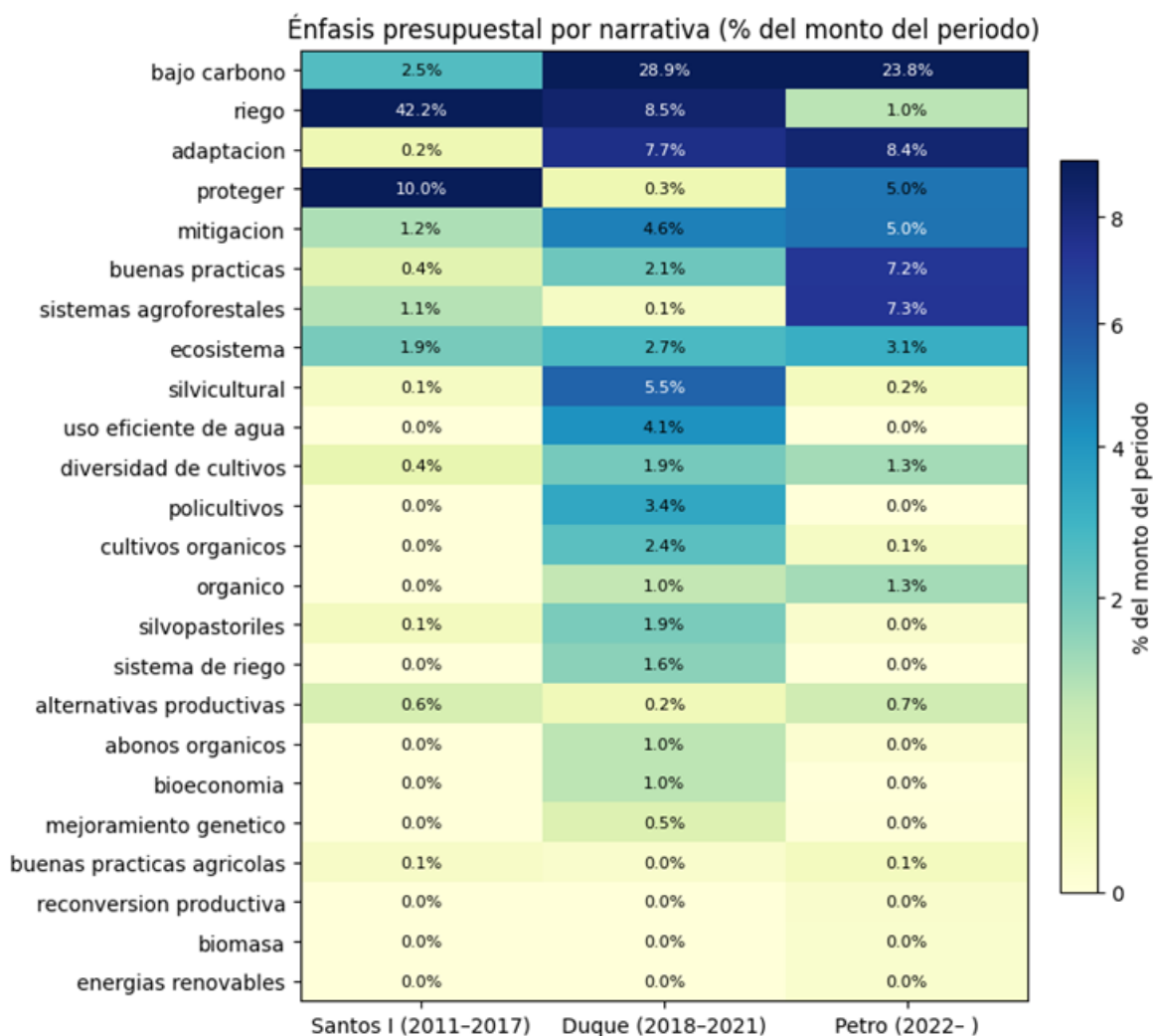


Figura 1.5 Palabras recurrentes en proyectos de inversión de un diccionario predefinido¹⁶

¹⁶ *Matriz de énfasis presupuestaria por narrativa (componente controlado)*. El mapa de calor utiliza un diccionario de palabras clave asociadas a adaptación, mitigación/bajo carbono y SBN/ICA (por ejemplo, agroforestería, sistemas silvopastoriles, buenas prácticas, ecológico, diversidad de cultivos, eficiencia hídrica, riego, ecosistemas). Para cada periodo, se suman las cantidades de los proyectos que contienen cada palabra clave y se expresan como un porcentaje del porcentaje del periodo. Un solo proyecto puede contener varias claves; Por lo tanto, los porcentajes no suman el 100% y deben interpretarse como la intensidad relativa del gasto en cada narrativa, no como una composición exclusiva del presupuesto.



Figura 1.6 Palabras recurrentes en proyectos de inversión. Nubes de palabras que ilustran énfasis programáticos¹⁷

¹⁷ Nubes de palabras (componente no controlado). Las nubes se construyen con el conteo de términos en los títulos y descripciones de los proyectos MRV para cada periodo (a) 2011-2017, b) 2018-2021, c) 2022-2023). Se excluyen las palabras vacías y se unifican las variantes ortográficas; No está controlada por el tamaño o la longitud del texto. El tamaño refleja únicamente la frecuencia de aparición de cada término en el corpus del periodo.

Apéndice de la Sección Dos

A1. Impactos ambientales esperados

a. Método y suposiciones

Esta subsección integra literatura secundaria sobre los beneficios medioambientales por hectárea de las prácticas basadas en la naturaleza con datos específicos de uso del suelo de Colombia para estimar los posibles beneficios de su adopción a gran escala. Seleccionamos cuatro sistemas de producción o insumos que ya se encuentran entre las formas predominantes de apoyo sostenible a la agricultura, pero con potencial para ser adoptados de manera mucho más amplia en el país. Estos incluyen los sistemas silvopastoriles, los sistemas agroforestales, la agricultura de conservación y los biofertilizantes.

Primero, a partir de una revisión bibliográfica nos basamos en cifras comparables sobre los posibles beneficios por hectárea asociados a la adopción de los cuatro sistemas o insumos de producción. El Apéndice 1 describe cuidadosamente la revisión bibliográfica de la que se extrajeron los números. Luego utilizamos datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) sobre uso del suelo correspondientes a las áreas adoptables para cada uno de estos cuatro sistemas de producción sostenible o insumos, con una alta intensidad de beneficio por práctica o sistema de producción. Posteriormente, reportamos un escenario relevante para la política en el que la adopción aumenta en 20 puntos porcentuales (pp) dentro del área apta para cada práctica. Además, utilizando la encuesta de la ENA de 2019 y el censo nacional de 2014 según la disponibilidad de datos, informamos de los niveles de adopción de los diferentes sistemas de producción e insumos para ofrecer una idea del grado actual de progreso en la agricultura sostenible en el país y margen de mejora.

Para cada consulta, multiplicamos el beneficio por hectárea (es decir, $\frac{tCO_2e}{ha}$ por año) por el área que podría adoptar la práctica para obtener una cifra de 'potencial completo'. Después, escalamos la cifra linealmente a un escenario de adopción de 20 puntos (es decir, $0,20 \times$ área adoptable). Para los gases de efecto invernadero, interpretamos el resultado como el potencial anual de mitigación en $\frac{tCO_2e}{ha}$ al año. Para el suelo, la métrica proporcionada es 'hectáreas con fuertes co-beneficios de control de erosión (*ha preservado*)'. Para estimar esto último, tras la evaluación regional de la FAO, asumimos que la mitad de las tierras agrícolas se ven afectadas negativamente

por la erosión superficial del suelo. Los efectos sobre la calidad del agua se informan como reducciones porcentuales típicas observadas en estudios de campo y se interpretan cualitativamente a nivel nacional, dada su naturaleza local y específica de cuenca. Comparamos magnitudes con las emisiones totales de GEI de Colombia en 2018, que fueron de 220,257 $MtCO_2e$ según el BUR3 de la CMNUCC, para facilitar la interpretación de la posible reducción de las emisiones de GEI.

| Práctica / Sistemas de producción / Insumos | Mitigación de gases de invernadero (tCO2e/ha·año) | Mejora de la calidad del agua (% de reducción de contaminantes) | Reducción de la erosión del suelo (%) | Área de uso del suelo en Colombia (ha) | Tasas actuales de adopción en Colombia | Beneficios potenciales completos (si la adopción cambiaba de 0 a 100%) (tCO2e/ha·año) | Beneficios potenciales completos en la erosión del suelo (ha de área preservada) | Beneficios asumiendo 20 puntos porcentuales de adopción (tCO2e/ha·año) | Beneficios de erosión del suelo asumiendo un aumento de adopción de 20 puntos porcentuales (ha preservado) |
|--|--|---|--|--|---|---|--|---|---|
| Sistemas sivopastoriles | 14.8 | Turbidez -94%, SST -80%, DBO5 -67%, PO4 -67%, coliformes -96% | 80% | Ganado: 38.511.643 (ENA, 2023) | 2,8% de la superficie (ENA, 2019) | 569,972,316 | 15,404,657 | 113,994,463 | 3,080,931 |
| Sistemas agroforestales | 8.4-15.8 | Mejora de la infiltración, ↓ pérdidas de sedimentos y P | 80-99% | Cultivos permanentes: 2.948.920. Cacao, aguacate y café: 1.145.996 (ENA, 2023) | 1,1% de la superficie (ENA, 2019) | 35,681,932 | 1,474,460 | 7,136,386 | 294,892 |
| Agricultura de conservación | 1.1-5.7 | Lixiviación de NO3 ⁻ -56-69% | 20-68% | Cultivos temporales : 1.493.667 (ENA, 2023) | Cuota de granjas que adoptan: Labranza mínima — 29%; Siembra directa sin labranza — 33%; Cultivo de cobertura — 4% (CNA, 2014) | 5,078,468 | 328,607 | 1,015,694 | 65,721 |
| Biofertilizantes | 0.11-0.13 | Lixiviación de NO3 ⁻ -32%, N2O -10% | Indirecto (mediante agregación de suelos) | Cultivos permanentes y temporales : 4.442.587 ha | Fertilizantes químicos: 50,8% de la superficie sembrada (ENA 2019). Fertilizantes no químicos (bio/orgánicos): 8,8% de la superficie sembrada (ENA 2019.) | 533,110 | Indirecto (mediante agregación de suelos) | 106,622 | Indirecto (mediante agregación de suelos) |

b. Beneficios potenciales asociados a la adopción de sistemas clave de producción sostenible

Tabla A: cuantificación de los beneficios anuales asociados a la adopción generalizada de sistemas clave de producción sostenible

Tabla B. Beneficios de los GEI bajo un escenario de adopción de 20 puntos (comparado con emisiones nacionales, 2018)

| Práctica / Sistemas de producción / Insumos | 20pp GEI ($\frac{MtCO_2e}{año}$) | Cuota de GEI nacionales en 2018 (%) |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|
| Sistemas silvopastoriles | 113.99 | 51.76 |
| Sistemas agroforestales | 7.14 | 3.24 |
| Agricultura de conservación | 1.02 | 0.46 |
| Biofertilizantes | 0.11 | 0.05 |

c. Revisión de la literatura y fuentes para estimaciones de beneficios medioambientales por hectárea

Esta subsección documenta la literatura y las fuentes específicas de Colombia utilizadas para cuantificar los beneficios por hectárea de cada práctica. Donde las tasas se reportaron en $\frac{MgC}{ha}$ al año, convertimos a $\frac{tCO_2e}{ha}$ al año usando 3,667. Para evitar N₂O por sustitución de biofertilizantes, aplicamos los valores predeterminados de Nivel 1 del IPCC (2019), donde EF₁=1% del N aplicado se emitió como N₂O-N; GWP₁₀₀(N₂O) =273.

i. Sistemas Silvopastoriles (SSI) – Colombia y LATAM

Se ha reportado que los sistemas silvopastoriles intensivos (SSI) en Colombia logran una asimilación de carbono de aproximadamente 14,8 $\frac{tCO_2e}{ha}$ al año, basándose en implementaciones de campo apoyadas por CIPAV y programas asociados. Estos sistemas también ofrecen importantes beneficios relacionados con el agua. La monitorización realizada bajo el programa Normalización de la Ganadería Sostenible (GCS) en múltiples microcuencas registró mejoras notables en la turbidez y reducciones en sedimentos suspendidos tras el establecimiento de zonas de protección ribereñas y la adopción de prácticas silvopastoriles. La reducción de la exportación de sedimentos es coherente con el funcionamiento ecológico de la SSI, ya que la cobertura vegetal continua y la mejora de la estructura del suelo favorecen la infiltración y reducen la escorrentía superficial, limitando así la erosión y el transporte

de sedimentos. Estos hallazgos están documentados en los materiales de evaluación ambiental de CIPAV/GCS y en la documentación de proyectos del Banco Mundial para el programa GCS (2013–2019).

ii. Sistemas agroforestales (SA) – Colombia (café, cacao) y México (café)

Los sistemas agroforestales del café (SA) en Colombia secuestran aproximadamente $8,4 \frac{tCO_2e}{ha}$ al año, con un rango que va de aproximadamente 3,3 a $19,4 \frac{tCO_2e}{ha}$ al año, dependiendo de la gestión de sombras y el diseño del sistema (Andrade & Zapata, 2019). En los sistemas cacaoteros, la evidencia de Caldas muestra tasas de secuestro aún mayores, con una media de aproximadamente $15,8 \frac{tCO_2e}{ha}$ al año. La agroforestería también aporta importantes beneficios hidrológicos: los árboles de sombra mejoran la infiltración de agua y la conductividad hidráulica saturada, lo que ayuda a reducir la escorrentía superficial y el transporte de partículas de fósforo (Lozano-Baez et al., 2021). En cuanto al control de la erosión, los sistemas agroforestales pueden reducir significativamente la pérdida de suelo. Por ejemplo, Cenicafé reportó una reducción de hasta un 99% en la erosión cuando se usan cubiertas del suelo, mientras que los ensayos de agroforestería del café en México han documentado reducciones de erosión del 80–98% (Geissert et al., 2017).

iii. Agricultura de conservación (AC) – evidencia global y LATAM

Los metaanálisis muestran que prácticas de agricultura de conservación como la labranza directa pueden aumentar la captura de carbono en el suelo en aproximadamente $1,1 \frac{tCO_2e}{ha}$ por año de media, con valores que alcanzan hasta $5,7 \frac{tCO_2e}{ha}$ al año en sistemas tropicales (Powlson et al., 2016). Además, los flujos de CO_2 procedentes de suelos labrados son aproximadamente un 21% mayores que los observados en sistemas sin labranza (Abdalla et al., 2016), lo que indica el potencial de mitigación de una reducción de la alteración del suelo. Las prácticas de conservación también contribuyen a una mejora de la calidad del agua: los cultivos de cobertura reducen la lixiviación de nitratos en un promedio del 56% (Thapa et al., 2018), con análisis globales que reportan reducciones de hasta el 69% (Nouri et al., 2022). Además, el cultivo de cobertura reduce significativamente la pérdida de suelo, con evidencia que muestra reducciones del 68% en la erosión por carbono del suelo (Huang et al., 2025). A mayor escala, los análisis a nivel nacional en Argentina, Paraguay y Brasil indican que la adopción generalizada de la agricultura de

conservación puede provocar una disminución del 20–33% en la erosión del suelo (Borrelli et al., 2017).

iv. Biofertilizantes – AMF y Azospirillum

Azospirillum puede permitir una sustitución parcial de nitrógeno de aproximadamente $25\text{--}30 \frac{\text{hg} \times \text{N}}{\text{ha}}$ por año sin pérdida de rendimiento en ensayos latinoamericanos de maíz (Condori et al., 2024). Utilizando el factor de emisión $EF_1 = 1\%$ del IPCC (2019), esta reducción en la aplicación de nitrógeno sintético se traduce en emisiones evitadas de aproximadamente $0,11 - 0,13 \frac{\text{tCO}_2\text{e}}{\text{ha}}$ por hectárea al año. La evidencia de un metaanálisis sobre hongos micorrízicos arbusculares (HMA) indica además beneficios medioambientales, incluyendo una reducción media del 10% en las emisiones de N_2O y un 32% menos de lixiviación de nitratos (Qiu et al., 2022). Además, los inoculantes microbianos pueden contribuir indirectamente al control de la erosión al mejorar el desarrollo radicular y la agregación del suelo, aunque normalmente se logran reducciones medibles en la erosión del suelo cuando estas prácticas se combinan con medidas complementarias como la retención de residuos o el cultivo de cobertura.

d. Discusión

Por tanto, el escenario de adopción de 20 pp destaca beneficios públicos no monetarios muy significativos, especialmente de los SSI considerando la huella territorial dominante de la ganadería y las altas ganancias por hectárea. Incluso la estimación conservadora con respecto a las emisiones nacionales de 2018 sugiere que los SSI por sí solos podrían compensar del orden de la mitad de las emisiones anuales de GEI de Colombia si se escalan 20 pp en los pastizales adoptables, con importantes co-beneficios para el agua y los suelos.

En cuanto a lo primero, las mejoras hídricas se materializan localmente, dentro de las microcuencas y zonas ribereñas donde se implementan prácticas. El SPS y el SA aumentan la cobertura y rugosidad perennes, reduciendo la turbidez y los sedimentos en suspensión. La AC y los biofertilizantes reducen las pérdidas de nutrientes, especialmente el nitrato. La literatura empírica sobre Colombia muestra consistentemente grandes disminuciones en el transporte de partículas y reducciones significativas en la lixiviación de nitratos bajo cultivos de cobertura y AMF. A escala de cuenca, focalizar subcuencas prioritarias como tomas municipales, embalses y puntos críticos de erosión puede traducir estos efectos a nivel de sitio en menores

costos de tratamiento de agua, mayor vida útil de los embalses y reducción de riesgos de sedimentos por inundación.

En cuanto a este último, la pérdida de tierra superficial erosiona el potencial de rendimiento, degrada la calidad del agua y acorta la vida útil del embalse. El escenario indica 3,08 millones de hectáreas con fuertes beneficios de control de erosión solo bajo SSI con una adopción de 20 puntos por cien, más 0,36 millones de hectáreas en SA y AC. Esto implica millones de hectáreas con mejor infiltración, estabilidad agregada y cobertura vegetal, lo que proporciona condiciones vinculadas a la resiliencia ante la sequía y a la reducción del riesgo de desastres. Además, la agroforestería añade mejoras sólidas y favorables al paisaje para mitigación e hidrología en cultivos perennes. La AC y los biofertilizantes contribuyen a reducciones nuevas, adicionales y rentables en las pérdidas de CO₂e y nutrientes. Estos hallazgos abogan por una política coordinada para acelerar la transición.

R2. Diseño de la Investigación de la Evaluación de Impacto

1. Metodología

Esta sección ofrece detalles específicos de la metodología, incluyendo las ecuaciones y detalles econométricos de los modelos utilizados. Nuestra estrategia empírica se centra en estimar los efectos de recibir al menos un contrato agrícola verde en comparación con: (i) no recibir ningún contrato agrícola verde, y (ii) recibir al menos un contrato agrícola no verde. Consideramos tanto el margen extensivo —es decir, si un municipio recibe o no un contrato— como el margen intensivo —el tamaño de la inversión, medido por el valor total de los contratos o por el número de contratos. Formalmente, utilizamos el método de diferencias en diferencias y estimamos un modelo de efectos fijos bidireccional (TWFE) para el municipio i en el período t de la siguiente manera::

$$\ln(Y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Verde}_{it} + \beta_2 \text{No Verde}_{it} + \delta X_{it} + \gamma_i + \alpha_t + \varepsilon_{it}$$

Donde Y_{it} representa el indicador de interés, que puede corresponder a la producción, la superficie cosechada o el rendimiento. Las variables Verde_{it} y No Verde_{it} son las variables de tratamiento, que pueden definirse de dos maneras. Como indicadores, al trabajar con el margen extensivo, se toma el valor de uno del primer año en que el municipio recibe al menos un contrato verde (o no verde, respectivamente). O como variables continuas, cuando se mide el valor añadido de los contratos verdes o no verdes recibidos por el municipio, expresado en logaritmos. El vector X_{it} se compone de covariables como la población rural y las condiciones climáticas.. Finalmente, los efectos fijos de municipio están representados por γ_i , y los efectos fijos de año por α_t .

Para analizar la dinámica de los efectos estimados, complementamos la especificación de referencia TWFE con un diseño de estudio de eventos. En particular, estimamos el siguiente modelo:

$$\ln(Y_{it}) = \vartheta_0 + \sum_{j \in (-m, n)} (\beta_j D_{ij}) + \vartheta_1 n_Other_Ag_{it} + \delta X_{it} + \gamma_i + \alpha_t + \varepsilon_{it}$$

donde j indica los años relativos al primer año en que un municipio recibe el contrato. En consecuencia, D_{ij} indica el primer contrato agrícola verde o el primer contrato agrícola no verde. En cada caso, también controlamos el número de contratos asignados en ese año que pertenecen a la categoría opuesta ($D_{ij} n_Other_Ag_{it}$).

Sin embargo, hay varios aspectos que deben considerarse en esta estrategia empírica. Primero, las estimaciones en el margen extensivo se basan únicamente en el año del primer contrato recibido, que no corresponde necesariamente al mejor contrato (ni en términos de objetivo ni de tamaño), por lo que los resultados deben interpretarse con precaución. En segundo lugar, las medidas de margen intensivo dependen de los valores acumulados de los contratos, pero no capturan la heterogeneidad entre diferentes tipos de proyectos (por ejemplo, aquellos que apuntan a cultivos específicos) ni la posible estructura temporal de sus efectos. Así, los contratos que proporcionan insumos para cultivos perennes o plantaciones forestales pueden afectar los rendimientos solo varios años después de su ejecución. Aun así, mientras la distribución de los tipos de contratos se mantenga relativamente estable entre municipios, las comparaciones entre proyectos agrícolas verdes y no verdes son informativas. Para reforzar la validez de los resultados, también estimamos especificaciones en las que se construyen las variables de tratamiento teniendo en cuenta únicamente los contratos recibidos en los últimos tres años. Bajo este enfoque, si un municipio recibe al menos un contrato en 2014, se considera tratado solo hasta 2016, y el valor de ese contrato se incorpora a las variables de margen intensivo solo hasta ese mismo año.

2. Datos

Para llevar a cabo el análisis, utilizamos información exhaustiva sobre proyectos de contratación pública del Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP), datos de producción agrícola de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) y datos desagregados sobre variables climáticas obtenidos de la unidad de investigación climática de la Universidad de East Anglia. Aunque nuestro análisis se centra en la adquisición, reconocemos que representa solo una fracción del gasto público total y no abarca todo el espectro de impactos en la política fiscal o las finanzas públicas. Este enfoque, adaptado a la disponibilidad de datos, debe verse por tanto como una perspectiva parcial pero relevante para las políticas, más que como una evaluación integral del gasto estatal.

a. SECOP

Los datos del SECOP provienen de la plataforma oficial de Colombia para la gestión de datos de contratación. Todas las entidades contratantes están obligadas a publicar la documentación completa en SECOP. El sistema tiene dos versiones. El primero es SECOP I, creado en 2007 y que registra y publica la información procesada, aunque de

forma que se opera fuera de línea. El segundo es SECOP II, que se implementó en 2015 y gestiona digitalmente todo el ciclo contractual.

Los datos de SECOP I se extrajeron mediante web scraping, mientras que los datos de SECOP II se obtuvieron de la plataforma de datos abiertos mantenida por Colombia Compra Eficiente. Posteriormente, todos los contratos se clasificaron en dos categorías operativas: Servicios y materiales. Los servicios incluyen asistencia técnica, extensión y apoyo profesional especializado, como el de agrónomos y veterinarios, mientras que los materiales se refieren al apoyo para fertilizantes, semillas y agroquímicos.

Para este trabajo, solo consideramos proyectos agrícolas. Para identificarlos, desarrollamos un conjunto de criterios de inclusión y exclusión. Un proyecto se consideraba agrícola si contenía al menos un término de inclusión agrícola y no contenía términos de exclusión. Los términos de inclusión consideran productos, prácticas, grupos de trabajo y lugares que están irrevocablemente asociados con el sector agrícola, como ganadero o agricultor. Por otro lado, los términos excluyentes consideran a grupos de trabajo, lugares o prácticas irrevocablemente incompatibles con el sector agrícola como urbanos. Una lista completa de términos de clasificación agrícola se presenta en la Tabla A1 del apéndice.

Además, solo se consideran contratos de contratación pública que tengan un valor de al menos 2 dólares por UPA (Unidad de Producción Agropecuaria) en el municipio. Esto se debe a que las de menor magnitud tienen una probabilidad muy baja de afectar al rendimiento agrícola del municipio. Lo medimos con valores constantes de 2012 y usando el censo agrícola nacional de 2014 para determinar el número de UPAs por municipio. En total, contamos con 48.072 contratos, distribuidos en 1.083 municipios.

b. EVA

Desarrollado por el Departamento Nacional Administrativo de Estadística (DANE), las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) son una de las principales fuentes oficiales de información sobre la producción agrícola en Colombia. La encuesta recopila información semestralmente para el periodo 2007–2023, cubriendo 239 cultivos en 1.122 municipios e incluyendo variables clave como la superficie cultivada, la producción y el rendimiento tanto de cultivos transitorios como permanentes en todo el país.

La recopilación de información involucra a diferentes entidades locales, incluyendo las Secretarías Departamentales de Agricultura, las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agrícola (UMATA) y otros actores del sector (MADR, 2016). Esto aumenta la representatividad de la información. Sin embargo, debido a que dependen de un consenso informado más que de métodos estadísticos de muestreo, las mediciones pueden carecer de precisión.

Dado que nuestro análisis abarca todo el sector agrícola, la producción se expresa en términos monetarios. Para ello, los precios de los principales productos agrícolas se recopilan de diversas fuentes, incluyendo la Bolsa Mercantil Colombiana, la Encuesta Anual de Manufactura hecha por DANE, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y diferentes asociaciones del sector. Estos precios se integran de forma consolidada y se comunican a través de AGRONET, la red oficial de información y comunicación del sector agrícola en Colombia. Sin embargo, dado que esta base de datos solo cubre 29 cultivos, fue necesario complementar la información con el Sistema de Información de Precios del Sector Agrícola (SIPSA), que registra los precios mayoristas de los productos agrícolas comercializados en el país.

Con los datos de SIPSA, se calcularon los precios anuales para cada cultivo como la media de los precios mensuales en los principales mercados mayoristas del país. Posteriormente, se aplicó un factor de descuento, utilizado de manera estándar por las autoridades, para convertir los precios mayoristas en precios para el productor. Finalmente, el panel municipal para el periodo 2007–2023 incluye información sobre 90 cultivos, que en conjunto representan el 98,5% de la producción agrícola total y se agregan para obtener una producción total a nivel municipal.

c. Variables climáticas

Los datos mensuales de temperatura y precipitación provienen de la unidad de investigación climática de la Universidad de East Anglia (CRU TS v4.08), que proporciona información sobre las variaciones climáticas mensuales desde 1901 hasta 2023 en cuadrículas de alta resolución de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. Estos datos espaciales se agregaron a nivel municipal utilizando promedios ponderados por área, utilizando los límites geográficos de cada municipio. A partir de la información mensual, se calcularon los promedios anuales de temperatura y precipitación. Además, se construyeron anomalías climáticas de temperatura y precipitación, definidas como desviaciones respecto a la media histórica nacional, divididas por la desviación

estándar a largo plazo, siguiendo la metodología de Barrios et al. (2010). El periodo de referencia utilizado para estos cálculos es 1950–2000.

3. Procesamiento de datos

La clasificación de proyectos destinados a la agricultura verde es central en este estudio. Para ello, recurrimos a múltiples fuentes, siendo la Taxonomía Verde desarrollada por el Gobierno de Colombia una de las principales fuentes. Esta taxonomía constituye un sistema nacional de clasificación de actividades y activos económicos que contribuyen sustancialmente a los objetivos medioambientales y, por tanto, proporciona criterios explícitos para la agricultura verde. Incluye, por ejemplo, prácticas que conservan los ecosistemas, mejoran los servicios ecosistémicos y promueven la sostenibilidad. Esto incluye sistemas silvopastoriles en ganadería o gestión forestal sostenible.

Revisamos esta taxonomía para extraer términos y categorías relevantes de la agricultura regenerativa y sostenible. Además, nos basamos en literatura académica y gris como Damania et al. (2023), consultamos con expertos e incorporamos la experiencia de campo del equipo de investigación, compuesto por especialistas en economía ambiental, de recursos y agrícola con conocimiento de las políticas medioambientales y agrícolas de Colombia.

A partir de este proceso, generamos una lista de términos de inclusión, que se redujeron a sus raíces mínimas siguiendo la práctica estándar en el análisis de texto. Para facilitar el análisis, agrupamos los términos en categorías, a saber: General, agricultura, calificativos negativos, paisajes, servicios ecosistémicos, uso y gestión eficientes, y agua. Una lista exhaustiva de términos asociados a las prácticas de agricultura ecológica para cada categoría se presenta en la Tabla A2.

Estos términos se usaron para clasificar proyectos basándose en una descripción del objetivo de cada proyecto SECOP. Las descripciones se preprocesaron eliminando adverbios, preposiciones y signos de puntuación. Por tanto, solo quedaban las palabras relevantes para la clasificación. El proceso de emparejamiento se basaba únicamente en la inclusión de un término reducido a su raíz. Por ejemplo, la raíz sostenib* abarca tanto la sostenibilidad como lo sostenible, y cualquier descripción de proyecto que incluyera estas variantes se clasificó como verde.

Apéndice A3. Resultados adicionales y documentos de apoyo

Tabla A1: Términos de exclusión e inclusión de proyectos agrícolas

| A. Términos de Inclusión | |
|--------------------------|--|
| General | agri*; agro*; ganader*; pecuar*; bovin*; vacun*; porcino*; avicol*; porcico*; piscicol*; acuacult*; ave*; ovin*; capri*; leche*; establo*; corral*; pastore*; forraj*; silo*; porcino*; extension* rural; equino*; aftosa; umata; upra; cerdo*; gallina*; pollos; alevino*; granja; novillo*; plantulas; urea; hortaliza; pie cria; lechon*; insecticida*; herbicida*; plaguicida*; concentrado; pastaje; novilla* |
| Cultivos | cafetal*; cultiv*; siembra*; sembra*; cosecha*; invernadero*; vivero*; huerta*; riego*; irriga*; fertiliza*; abono*; semilla*; cultiv*; canaduzal*; cacao; platano; banano; frijol*; cafe; cana; arroz; trigo; maiz; yuca; horticultura |
| Maquinaria | tractor*; sembrador*; cosechador*; arado*; molino*; trilladora; rotocultivadora; guadana; rastra; fumigadora; trapiche; desgranadora; rotavitor; rastrillo |
| Personas | pastor*; ganader*; vaquer*; rancher*; agricult*; campesin*; terratenien*; pescador*; pesquer*; forestal*; silvicultor*; agroforest*; silvicultor*; silvopast*; caficult*; zootecni* |
| Rural | rural; corregimiento; vereda* |
| Otros | material vegetal; insumos; predio; huerto; semoviente; carreta; productor*; propietario* tierra*; centro* acopio*; frutal* |
| B. Terminos de Exclusión | |
| Mascotas | mascota*; canin*; felin*; perr*; gat* |
| Agua | acueducto*; alcantarillado*; hidraulic* |
| Fuego | incendio*; emergencia; calamidad* |
| Cocina | viveres; cocina* |
| Eventos | feria*; fiesta*; festival*; teatro*; cultural*; deport*; jardin*; turist*; estadio*; logistic* |
| Entrenamiento | aprendices; gastronomia*; formacion |
| Transporte | aeronautico*; navegacion*; aeronave* |
| Bienes | colchon*; feretro*; encendedor*; llantas*; neumatico* |
| Defensa | aereo*; aviacion*; batallon*; ejercito*; infanteria*; policia*; hospital*; inpec*; penitenciario*; carcel*; fuerza naval; aeronaval; comando; militar*; subred; cenac*; avion* |
| Educación | estudiante*; comedor; almuerzo*; refrigerio*; colegio*; universidad*; institucion* educativ*; instituto* educativ*; institucion* escolar*; instituto* escolar*; escuela*; libreria* |
| Urbano | urban*; ascensor*; cementerio*; restaurante*; distrito capital; zonas verdes |
| Otros | papeleria; adulto mayor; semaforo*; aduanero*; mobiliario*; residuo; residual; sena; aseó; institutos escolares; instituciones educativas; ornamentales; instituto escolar; institucion educativa; ornamental; instituto escolar; institucion educativa; covid; inmueble; escolar |

Tabla A2: Términos de clasificación de proyectos de agricultura verde

| | |
|--------------------|---|
| General | sostenib*; regenera*; autosostenib*; restaura*; adapta*; mitiga*; resilien*; cambio* climatico*; biodivers*; bioeconom*; economia* circular*; biotecnolog*; bpg* |
| Agricultura | agroalimenta*; silvicultura*; agroforest*; ecologi*; ecosistem*; corredor* hidric*; cerca* viva*; arbol* disperso* potrero*; aislamiento* fuente* hidrica*; controlador* biologico*; multicultivo* ; multiespecie*; diversidad* cultivo* ; policultiv*; agroecologi*; organic*; manejo* integra* plaga* enfermedad* ; mejora* material* genetico* semilla*; asocio* cultivo* ; cultivo* cobertura*; producto* no* maderable* bosque* ; aprovecha* recurso* bosque*; manejo* foresta*sostenible*; agricultura* precision*; climaticamente* inteligente*; corredor* biologico*; producto* no maderable* |
| Paisajes | conectiv*; especie*; area* proteg*; reserva* natura*; reserva* ambien*; reserva* ecolog*; |
| Negativas | parque* naciona*; parque* natural*; habitat* |
| | deforest*; sobrepast*; emision*; contamin* |

| | |
|---------------------|--|
| | servicio* ecosistemic*; servicio* ambient*; servicio* ecologic*; regula* climatic*; regula* inundacion*; regula* temperatur*; calidad* agua*; ciclo* agua*; purifica* agua*; flujo* agua*; calidad* aire*; purifica* del aire*; control* plaga*; regula* plaga*; supre* plaga*; ciclo* nutriente*; formacion* suelo*; reserv* suelo*; captura* carbono*; secuestro* carbono*; reserv* carbono*; benefici* ambient*; benefici* ecologic*; benefici* ecosistemi* |
| Ecosistemas | |
| | arbol* disperso* potrero*; biomasa*; silvopastor*; mejora* genetic*; cerca* viva*; pastore* rotativ*; pastore* racional*; pastore* rotacio*; agricultura* regenerativ*; barrera* viento*; mejora* materia* genetic* |
| Ganado | |
| | agua*; riego*; suelo*; recurso*; bosque*; arbol*; biodivers*; abono*; fertiliz*; biofertiliz*; bioabono*; energia*; biocarbon*; biogas*; biocombustible*; biomasa*; residuo*; habitat*; ecosiste*; hidric*; acuifero* |
| Uso y manejo | |
| | biocarbon*; biogas*; biocombustible*; energia* renovabl*; energia* termic*; biomasa*; biodigestor*; energia* limpia*; ahorro* energetic* |
| Energia | |
| | captura* carbono*organic*; materia* organic* suelo*; compostaj*; microorganismo* suelo* ; microorganismo* nativo*; salu* suelo*; biorremedia*; gestion* residuo* solido*; abono* organic*; abono* verde*; bioabono*; bioinsumo* ; biofertiliz*; sanid* suelo*; gestion* residuo*; materia* organic* |
| Suelos | |
| | recicla*; sistema* riego* ; riego* goteo* ; recolec* agua*; humedal*; maneja* integra* cuenca*; biorremedia*; laguna* oxidacion* ; tratamiento* agua* residual*; gestión* recurso* hidric*; ahorro* agua*; reserv* agua*; cosecha* agua* |
| Agua | |
| | auto* sostenib*; agro alimenta*; bio econom*; sobre* pastore*; silvo* pastor*; bio fertiliz*; bio abono*; bio combustible*; bio combustible* |
| Compuestas | |

Tabla A3: Principales resultados – Margen extensivo

| | (1) | (2) | (3) |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Producción | Área | Rendimiento |
| A. Materiales y Servicios | | | |
| Verde | 0.0676*** (0.0127) | 0.0349*** (0.0104) | 0.0334*** (0.00674) |
| No es verde | -0.0343* (0.0133) | -0.0451*** (0.0109) | 0.0117 (0.00706) |
| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |
| B. Servicios | | | |
| Verde | 0.0169 (0.0138) | 0.0228* (0.0112) | -0.00662 (0.00729) |
| No es verde | 0.0500*** (0.0135) | 0.00545 (0.0111) | 0.0439*** (0.00717) |

| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |
|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| C. Materiales | | | |
| Verde | 0.0432*** (0.0127) | 0.0302** (0.0104) | 0.0138* (0.00672) |
| No es verde | -0.0208 (0.0131) | -0.0359*** (0.0107) | 0.0155* (0.00696) |
| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |

Nota: Esta tabla informa sobre los resultados de varios modelos de efectos fijos bidireccionales (TWFE). La columna 1 usa Producción como variable dependiente, la columna 2 usa Área y la columna 3 usa Rendimiento. En todos los casos, las especificaciones utilizan un tratamiento de margen extensivo basado en el primer año en el que se recibe al menos un contrato. El valor p se refiere a la demostración de la hipótesis nula de que los dos coeficientes reportados son iguales

Tabla A4: Resultados principales – Margen intensivo

| | (1) Producción | (2) Área | (3) Rendimiento |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| A. Materiales y Servicios | | | |
| Verde | 0.00603*** (0.00126) | 0.00366*** (0.00103) | 0.00248*** (0.000667) |
| No es verde | -0.00118 (0.00132) | -0.00347** (0.00108) | 0.00234*** (0.000699) |
| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |
| B. Servicios | | | |
| Verde | 0.00122 (0.00134) | 0.00241* (0.00109) | -0.00117 (0.000710) |
| No es verde | 0.00544*** (0.00126) | 0.000715 (0.00103) | 0.00464*** (0.000669) |

| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| C. Materiales | | | |
| Verde | 0.00308* (0.00127) | 0.00239* (0.00104) | 0.000786 (0.000672) |
| No es verde | -0.00140 (0.00132) | -0.00285** (0.00108) | 0.00147* (0.000699) |
| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |

Nota: Esta tabla informa sobre los resultados de varios modelos de efectos fijos bidireccionales (TWFE). La columna 1 usa Producción como variable dependiente, la columna 2 usa Área y la columna 3 usa Rendimiento. En todos los casos, las especificaciones utilizan un tratamiento en el margen intensivo basado en la acumulación del valor de los contratos asignados. El valor p se refiere a la demostración de la hipótesis nula de que los dos coeficientes reportados son iguales.

Tabla A5: Resultados principales – Margen extenso – últimos 3 años

| | (1) Producción n | (2) Área | (3) Rendimiento |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| A. Materiales y Servicios | | | |
| Verde | 0.0372*** (0.00979) | 0.0186* (0.00799) | 0.0190*** (0.00519) |
| No es verde | -0.0260* (0.0108) | -0.0401*** (0.00878) | 0.0142* (0.00570) |
| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |
| B. Servicios | | | |
| Verde | 0.0255* (0.0126) | 0.0195 (0.0103) | 0.00605 (0.00668) |
| No es verde | 0.0150 (0.0119) | -0.0109 (0.00969) | 0.0253*** (0.00629) |

| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |
|--|----------------------|-----------------------|----------------------|
| C. Materiales | | | |
| Verde | 0.0212* (0.00978) | 0.0126 (0.00799) | 0.00884 (0.00518) |
| No es verde | -0.0139 (0.0100) | -0.0205* (0.00817) | 0.00683 (0.00530) |
| Observaciones | 18643 | 18643 | 18638 |
| Nota: Esta tabla informa sobre los resultados de varios modelos de efectos fijos bidireccionales (TWFE). La columna 1 usa Producción como variable dependiente, la columna 2 usa Área y la columna 3 usa Rendimiento. En todos los casos, las especificaciones aplican un tratamiento en el margen extensivo basado en si recibes o no al menos un contrato en los últimos 3 años. El valor p se refiere a la demostración de la hipótesis nula de que los dos coeficientes reportados son iguales | | | |

Tabla A6: Resultados principales – Margen intensivo – últimos 3 años

| | (1) Producción | (2) Área | (3) Rendimiento |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| A. Materiales y Servicios | | | |
| Verde | 0.00243** (0.000939) | 0.00132 (0.000763) | 0.00109* (0.000518) |
| No es verde | -0.000800 (0.00102) | - 0.00324*** (0.000824) | 0.00235*** (0.000560) |
| Observaciones | 16455 | 16455 | 16451 |
| B. Servicios | | | |
| Verde | 0.00229 (0.00118) | 0.00187 (0.000962) | 0.000415 (0.000653) |
| No es verde | 0.00131 | -0.00125 | 0.00242*** |

(0.00107) (0.000873) (0.000593)

Observaciones

16455 16455 16451

C. Materiales

Verde 0.000744 0.000405 0.000308
(0.000963) (0.000783) (0.000532)

No es verde -0.000220 -0.00151 0.00122*
(0.000973) (0.000791) (0.000537)

Observaciones

16455 16455 16451

Nota: Esta tabla informa sobre los resultados de varios modelos de efectos fijos bidireccionales (TWFE). La columna 1 usa Producción como variable dependiente, la columna 2 usa Área y la columna 3 usa Rendimiento. En todos los casos, las especificaciones utilizan un tratamiento en el margen intensivo basado en la acumulación del valor de los contratos adquiridos en los últimos 3 años. El valor p se refiere a la demostración de la hipótesis nula de que los dos coeficientes reportados son iguales.