

Control de deforestación y restauración ecológica: Consecuencias para la agricultura y los objetivos climáticos de Colombia

Nota de políticas de FABLE Junio de 2023

Resumen

- Entre 2000 y 2020, aproximadamente **4,9 Mha de bosque natural fueron convertidos en pastizales en Colombia.**
- Revisamos **cinco políticas formuladas después de 2010 cuyo objetivo es detener la deforestación y/o aumentar la restauración.** Analizamos sus impactos en el uso de la tierra, la producción agrícola y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para 2030 y 2040 utilizando el modelo de equilibrio parcial GLOBIOM adaptado al contexto colombiano.
- Nuestros resultados sugieren que sin medidas de protección forestal y políticas de restauración (trayectoria "*Inacción*"), **1,3 Mha adicionales de bosques serían convertidos en tierras agrícolas entre 2020 y 2040.**
- Mediante la estabilización de las áreas designadas para actividades agrícolas y la restauración de áreas deforestadas después del 2010 (trayectoria "*Cierre de la Frontera Agrícola*"), **se podría revertir la tendencia de las emisiones terrestres en Colombia,** llegando a almacenar 134 millones de toneladas de CO₂ en entre 2020 y 2040.
- **La restauración natural en ecosistemas en peligro dentro de la Frontera Agrícola** (trayectoria '*Un paso más allá*') **podría complementar las políticas existentes** en torno a la deforestación y restauración y generar grandes beneficios para la biodiversidad a un bajo costo.
- Para materializar estas trayectorias alternativas, es esencial contar con innovaciones complementarias que aumenten la productividad y disminuyan la pobreza rural. Esto incluye el acceso equitativo a la tecnología y a la financiación, además de asegurar los derechos sobre la tierra.

Contenido

1. *Introducción*
2. *Políticas de restauración y deforestación*
3. *Opciones de restauración*
4. *Métodos*
5. *Resultados*
6. *Discusión y recomendaciones*

Sobre FABLE

El Consorcio de Alimentos, Agricultura, Biodiversidad, Uso de la Tierra y Energía (FABLE) es una iniciativa de colaboración para apoyar el desarrollo de trayectorias nacionales de alimentos y uso de la tierra globalmente consistentes a mediados de siglo que podrían generar políticas hacia una mayor sostenibilidad. FABLE se convoca como parte de la Coalición de Alimentos y Uso de la Tierra (FOLU). El Consorcio reúne a equipos de investigadores de 22 países y socios internacionales de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN), el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), la Alianza de Bioversity International y el CIAT, y el Instituto de Potsdam para la Investigación del Impacto Climático (PIK). El informe global publicado en 2020 describe con más detalle el enfoque FABLE para desarrollar trayectorias hacia sistemas alimentarios y de uso de la tierra sostenibles.

1. Introducción

Colombia es uno de los países “megadiversos” del mundo.¹ En 2020, los bosques naturales cubrían 59,7 millones de hectáreas (Mha), equivalentes al 52 % del territorio colombiano. Hasta el 66 % del bosque natural del país se encuentra en la macrocuenca amazónica (Fig. 1).² **Sin embargo, entre 2000 y 2020, Colombia perdió alrededor de 4,9 Mha de bosque natural** (Fig. 1), con un promedio de 0,22 Mha deforestados por año.³ En 2021-2022 la macrocuenca más afectada fue la del Amazonas, que representó dos tercios de la deforestación (0,11 Mha), seguida por la región Andina con 17 %.⁴ En Colombia, la deforestación fue responsable por la emisión de 1,24 Gt CO₂ entre 2013 y 2020,³ y una enorme pérdida de biodiversidad.

En 2020, **las tierras agrícolas cubrían 43,5 Mha,**⁶ equivalentes al **37,9 % de la superficie terrestre de Colombia**, la segunda área más grande después de los bosques naturales. La mayoría de las tierras agrícolas (33,7 Mha) se utilizaron como pastizales para la cría de ganado, mientras que una proporción menor (9,8 Mha)⁶ se utilizó para cultivos permanentes y/o anuales como café, aceite de palma, caña de azúcar y cultivos de ciclo corto (p. ej., arroz, papa, mandioca, maíz).^{7,8} En 2020, la superficie dedicada a la producción ganadera casi quintuplicó la superficie considerada apta para ello.¹¹

Entre 2005 y 2015, el **50 % de las áreas deforestadas se transformaron en pastizales con ganadería de baja productividad.**⁵ Los cultivos ilícitos siguen siendo un problema, pero en los últimos 34 años la ganadería ha superado al cultivo de coca como principal impulsor de la pérdida de bosques fuera del área donde las actividades agrícolas están permitidas ("Frontera Agrícola").⁹ La ganadería no regulada ha sido impulsada por la

especulación sobre los precios de la tierra y los derechos sobre la tierra poco claros, más que por las oportunidades de mercado para la carne vacuna^{9,10}

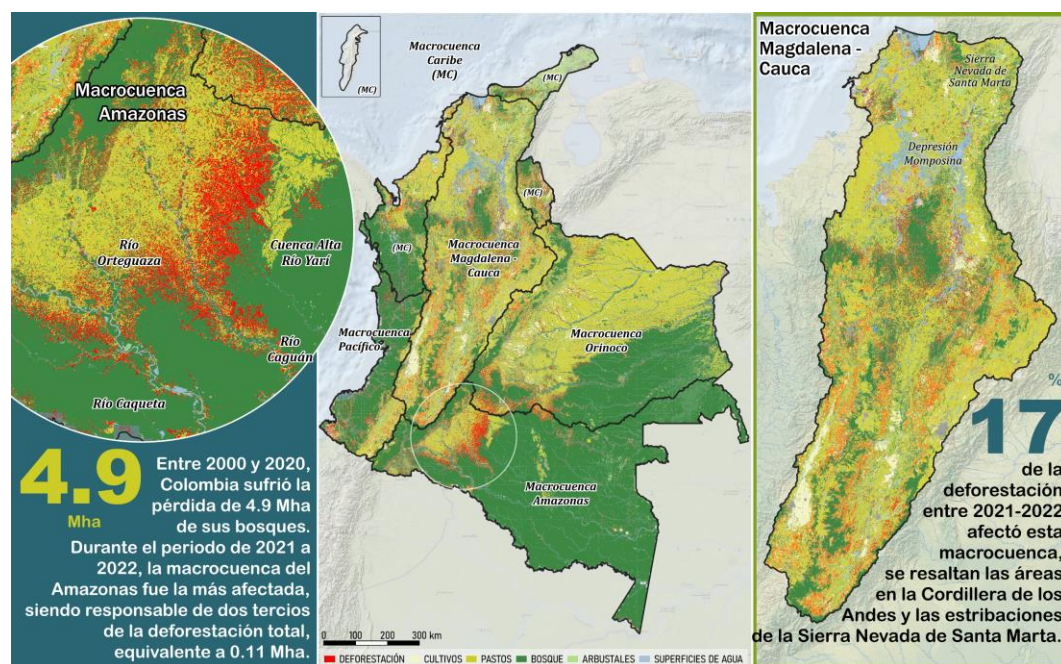
Las políticas colombianas han apuntado a limitar la expansión agrícola en los ecosistemas naturales a través del **control de la deforestación y la restauración forestal.** Estas acciones apoyan la mitigación del cambio climático y contribuyen a la conservación de la biodiversidad al reducir el riesgo de extinción y expandir áreas críticas de ecosistemas. También crean una barrera entre las actividades agrícolas y las áreas restantes de bosque primario.

Sin embargo, la conciliación de las metas de conservación y restauración forestal con objetivos de aumento de la producción agrícola y la mejora de los medios de sustento rurales **sigue siendo un desafío.** En 2017, la agricultura representó el 6,3 % del PIB de Colombia;¹² y en 2019, la agricultura empleó al 16 % de la fuerza laboral.¹³ En 2020, **la tasa de pobreza rural fue del 42 % y casi la mitad de las propiedades carecían de títulos de propiedad debidamente registrados.**¹⁴

Este informe evalúa el impacto de la política de la Frontera Agrícola de Colombia y de los objetivos de restauración en el uso futuro de la tierra, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la producción agrícola utilizando **GLOBIOM-Colombia**, una versión regional del modelo de equilibrio parcial global GLOBIOM.¹⁵ Esta herramienta puede ayudar a tomar decisiones para garantizar que la agricultura contribuya al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el acuerdo climático de París.

Entre 2005 y 2015, el 50 % de las áreas deforestadas se transformaron en pastizales con ganadería de baja productividad en Colombia.

Figura 1. Deforestación histórica y otros usos de la tierra en Colombia



Fuente: Cálculos de los autores basados en datos de cobertura forestal publicados por IDEAM-SMByC (SIAC).¹⁶

Las cifras de deforestación corresponden a la pérdida forestal bruta entre 2000 y 2017, sin tener en cuenta la regeneración forestal. Se estimó otro uso del suelo utilizando datos del IDEAM (2018). Nota: Este mapa muestra las cinco macrocuencas de Colombia: Amazonas, Magdalena-Cauca, Orinoco, Caribe, y Pacífico. Las macrocuencas son áreas hidrográficas que agrupan cuencas y ríos que desembocan en un mismo mar. Estas áreas son la referencia espacial para la planificación ambiental a largo plazo en Colombia.¹⁷

2. Políticas de restauración y deforestación

Este análisis se centra en cinco políticas formuladas después de 2010 cuyo objetivo es detener la deforestación y aumentar la restauración.

En 2018, Colombia aprobó la Resolución 261 que estableció la Frontera Agrícola para guiar la reorganización de las tierras agrícolas existentes, aumentar la eficiencia en el uso de la tierra y detener la conversión de tierras. La Frontera Agrícola define en qué áreas debería llevarse a cabo la producción agrícola y cuáles áreas de importancia ecológica, como los bosques primarios, deberían ser excluidas del uso agrícola.¹⁸ Es importante destacar que la resolución establece que las áreas deforestadas después de 2010 deberían usarse para prácticas agrícolas sostenibles o restauración. Según los datos de Cambio de Cobertura Forestal del IDEAM para 2010–2018, esta área cubre 0,97 Mha.

Colombia ha incluido la restauración y el control de la deforestación en varias políticas nacionales e instrumentos de

planificación. Este análisis se centra en cinco políticas que se aprobaron después de 2010, que incluyen acciones de restauración a nivel nacional, tienen un horizonte a largo plazo (es decir, 2030+ como año de referencia), establecen metas significativas basadas en áreas (>0,5 Mha) y proponen controlar la deforestación (Tabla 1):

- 1) Plan Nacional de Restauración (PNR) de Colombia**
- 2) Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques (ENREDD+)**
- 3) Resolución Nacional 261 de 2018, que define la Frontera Agrícola**
- 4) Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de 2020**
- 5) Ley de Acción Climática 2167 de 2021**

Tabla 1. Políticas colombianas seleccionadas dirigidas a la restauración y la deforestación

| | | Plan Nacional de Restauración (PNR) ^a | Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques ^b | Resolución Nacional 261 (Frontera Agrícola) ^c | Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) ^b | Ley de Acción Climática 2167 |
|--|--------------------------------|--|---|--|--|------------------------------|
| Año de aprobación | | 2015 | 2017 | 2018 | 2020 | 2021 |
| Objetivo del control de deforestación y restauración ecológica | Conservación | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Mitigación | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Adaptación | ✓ | | | | |
| | Cierre de la frontera agrícola | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Objetivo (Mha) | | 1 | 0,8 | 1 (estimado) ^d | 1 (redondeado) ^d | No indicado |
| Año objetivo para la implementación completa | | 2035 | 2030 | No indicado | 2030 | |
| Áreas prioritarias | | Áreas degradadas a nivel nacional | Áreas de deforestación reciente (Macrocuencas Amazonas - Andes - Orinoco) | | | |
| Tipo de restauración propuesta | | Pasiva y activa (restauración, rehabilitación, recuperación) | No indicado | | Pasiva | No indicado |
| Cobertura del suelo objeto de restauración | | No indicado | Pastizales (implícito) | | | |

Fuente: Este análisis fue elaborado por los autores, basándose en cinco políticas que se aprobaron después de 2010, incluyen acciones de restauración a nivel nacional, tienen un horizonte a largo plazo, establecen metas significativas basadas en áreas y proponen controlar la deforestación.

^a Política Nacional de Gestión Integral de la Biodiversidad (PNGIBSE). ^b Política Nacional de Cambio Climático (PNCC). ^c Política Nacional de Organización Social y Productiva de la Propiedad Rural (PNOSPPR).

Nota: El área de restauración para la Frontera Agrícola y el NDC (0,96 Mha) se ha aproximado a 1 Mha. El área objetivo para la restauración dentro de la Frontera Agrícola corresponde al área deforestada entre 2010 y 2018 utilizando conjuntos de datos oficiales del IDEAM. La Resolución Nacional 261 de 2018 establece que las áreas deforestadas después de 2010 deben ser restauradas y/o convertidas en actividades sustentables.

Estas políticas difieren en la área total meta para la restauración, el tipo de cobertura del suelo objetivo y el tipo de restauración propuesta (pasiva o activa).

Hay tres grandes incertidumbres en las acciones de restauración propuestas:

1) ¿Cuánto? Estas políticas proponen diferentes objetivos basados en áreas que van desde 0,8 Mha a 1 Mha para 2030-35 y no hay consenso sobre si las áreas específicas para la restauración en cada una de estas cinco políticas se superponen espacialmente o son complementarias. Para este análisis, asumimos que algunas de las áreas de restauración propuestas por estas políticas se superpondrán.

2) ¿Dónde? Excepto por el PNR que incluye un mapa de áreas con potencial para la restauración (más de 8 Mha), estas políticas no especifican las áreas objetivo para la restauración. La mayoría de los pastizales tienen un gran

potencial para la restauración, especialmente aquellos cercanos a los bosques remanentes. En áreas de deforestación reciente, la mayoría de los pastizales albergan ganado de baja productividad y, a menudo, se utilizan para reclamar derechos de propiedad sobre la tierra.

3) ¿Cómo? La mayoría de las políticas de restauración no especifican si las medidas implican una restauración activa o pasiva. Los ecosistemas se pueden restaurar mediante la plantación de vegetación (activa) o dependiendo de la regeneración natural (pasiva).¹⁹⁻²¹ Solo la medida de mitigación 26 de NDC indica explícitamente que la restauración debe ser principalmente pasiva.²²

3. Opciones de restauración

Para lograr los atributos presentados por los bosques naturales en pleno funcionamiento, la restauración ecológica pasiva o natural es más factible en áreas levemente degradadas, cercanas a los bosques naturales remanentes. En otros lugares, se necesitan actividades de restauración activa para poner en marcha el proceso de regeneración forestal.²³

La restauración natural de ecosistemas en peligro dentro de la Frontera Agrícola podría complementar las políticas de restauración existentes.

La regeneración natural de los bosques (restauración pasiva) es reconocida como la opción más rentable a gran escala.²⁴ Con el enfoque de restauración pasiva, los bosques remanentes en las áreas cercanas pueden contribuir como fuentes de especies de flora y fauna que facilitan la regeneración forestal (es decir, sucesión ecológica).²⁵⁻²⁷ La recuperación de todos los atributos de los bosques tropicales puede demorar hasta 120 años después de usar la tierra con intensidad moderada.²⁸

La restauración activa puede enfrentar desafíos complejos relacionados con la dificultad para identificar los propietarios de terrenos en áreas remotas, que están sujetas a la deforestación reciente²⁹⁻³¹ y la presencia de grupos armados que realizan actividades ilegales.^{32,33} Sembrar plántulas de especies nativas, realizar mantenimiento *in situ* y hacer un seguimiento en estas áreas remotas puede ser bastante costoso²⁴ y difícil de monitorear. Por estas razones, la mayoría de las intervenciones de

restauración activa en el país han tenido lugar a pequeña escala (es decir, menos de 100 ha).³⁴

La restauración también puede centrarse en ecosistemas en peligro, como proponen Etter *et al.* 2020.¹⁹ Este enfoque prioriza las áreas donde los ecosistemas están en mayor riesgo (es decir, los ecosistemas clasificados como en Peligro Crítico y en Peligro utilizando el enfoque de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN³⁵), donde la productividad agrícola es baja (es decir, en su mayoría pastizales para el pastoreo de ganado con accesibilidad limitada y bajas ganancias), y en áreas donde la regeneración natural para la restauración ecológica pasiva es posible (es decir, los remanentes de bosques cercanos actúan como una fuente de semillas y de fauna).

En virtud de este último enfoque, la restauración podría ocurrir dentro de la Frontera Agrícola en tierras designadas para la producción agrícola. Específicamente, se abordarían áreas que fueron deforestadas hace varias décadas (es decir, áreas en las regiones caribeña y andina). Estas áreas de alta prioridad, que en su mayoría corresponden a ecosistemas forestales, representan 0,8 Mha, cifra relativamente cerca de las metas nacionales. Este enfoque podría complementar las políticas nacionales existentes, ayudando a aumentar la ambición más allá de 2030.

4. Métodos

Usamos el modelo GLOBIOM-Colombia para analizar los resultados de las trayectorias de restauración de bosques. GLOBIOM es un modelo económico de equilibrio parcial global que reproduce los cambios en el uso de la tierra impulsados por los principales sectores como la agricultura, la

silvicultura y la bioenergía.³⁶ En esta versión del modelo, Colombia es una región independiente con la resolución espacial más alta posible en GLOBIOM (celdas entre 10x10 y 50x50 km) y se ejecuta en intervalos de tiempo de 5 años entre 2000 y 2040 (ver Anexo para más detalles). El modelo ha sido

mejorado y recalibrado con datos oficiales disponibles. Comparamos la evolución de la cobertura de la tierra, la producción agrícola y las emisiones de GEI relacionadas entre 2020 y 2040 para tres trayectorias:

1) Inacción: Esta trayectoria asume que las tierras agrícolas (es decir, las dedicadas a pastos y cultivos) se expanden libremente, excepto dentro de las áreas protegidas donde se evita la deforestación y no se lleva a cabo restauración.

2) Cierre de la frontera agrícola: Asume que (1) la expansión agrícola más allá de los límites de la Frontera Agrícola se detiene, evitando la deforestación después de 2020 en todos los lugares, y (2) la regeneración del bosque natural (es decir, la restauración) tiene lugar en pastizales que fueron deforestados entre 2010 y 2018, en su mayoría en la Amazonia (Fig. 2). De las 0,97 Mha^a deforestadas

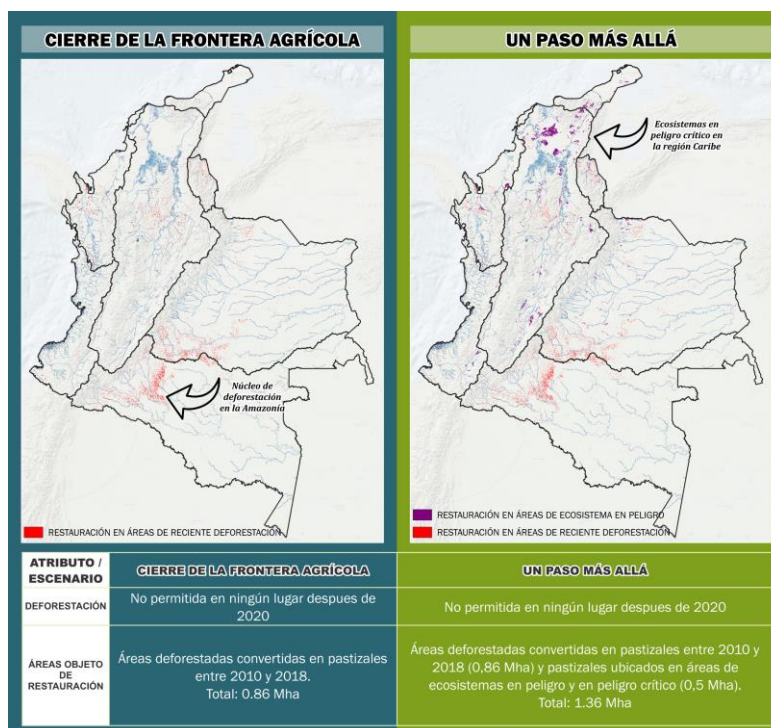
entre 2010 y 2018, el 89 % se utilizó como pastura (0,86 Mha para 2020). Esta área define el objetivo de restauración final que suponemos se logrará progresivamente a través de la regeneración del bosque entre 2020 y 2035.^b

3) Un paso más allá: Además de los supuestos planteados en el *Cierre de la Frontera Agrícola*, en esta trayectoria, la restauración de bosques naturales se llevaría a cabo en áreas prioritarias donde existen ecosistemas boscosos amenazados,¹⁹ incluidas las áreas en la Frontera Agrícola. Esto agrega 0,5 Mha más al objetivo final de restauración, sumando un total de 1,36 Mha, también alcanzado gradualmente desde 2020 hasta 2035.

En todas las trayectorias, asumimos que la restauración sería pasiva y no activa y tendría lugar en áreas deforestadas convertidas en pastizales.

Asumimos que la restauración sería natural y no activa y se daría en áreas deforestadas convertidas en pastizales.

Figura 2. Descripción de los escenarios y áreas de restauración objetivo



Fuente: Cálculos de los autores.

^a IDEAM Forest Cover Change data

^b Para esta trayectoria, GLOBIOM asume que las tierras de cultivo permanecerán sin cambios. La regeneración del bosque tendría lugar en el 25 % del área, al comienzo de cada paso de tiempo (2020, 2025, 2030, 2035).

5. Resultados

Evolución de las tierras agrícolas y los bosques

En 2015, la tierra agrícola alcanzó 21,5 Mha (de los cuales los pastos cubrieron 18,9 Mha), los bosques 64,1 Mha y las tierras naturales no forestales 18,5 Mha.

Para la trayectoria Inacción, comparamos nuestras proyecciones en 2020 y 2040 con los valores de 2015. En la **trayectoria Inacción**, el total de tierras agrícolas aumenta a 22,3 Mha para 2020 y 25,4 Mha para 2040, es decir, una ganancia de 4 Mha en comparación con 2015 (Fig. 3; Tabla 2 del Anexo). Los pastizales impulsan el 70 % de esta expansión^c. Durante el mismo período, el área en bosques cae a 62,4 Mha en 2040 (una pérdida de 1,6 Mha), y otras tierras naturales no boscosas disminuyen en 3,3 Mha. Al analizar espacialmente estos cambios, descubrimos que **la mayor expansión**

de terreno agrícola se proyecta en la macrocuenca Magdalena-Cauca con 1,1 Mha. Aproximadamente el 37 % de este incremento está vinculado a la deforestación, mientras que el 63 % está asociado a una a una disminución de coberturas de tipo arbustivo. La macrocuenca del Orinoco es la segunda macrocuenca con mayor expansión proyectada de tierras agrícolas con 0,32 Mha de deforestación en zonas limítrofes con la Amazonia y 0,34 Mha de pérdida de otro tipo de vegetación natural. **A medida que las áreas agrícolas se extienden, la producción agrícola también aumenta**, pasando de 76,9 Mt en 2015 a 85,5 Mt en 2020 y 114,4 Mt en 2040. **La producción agrícola es responsable del 91 % de este aumento** (34,3 Mt), y la ganadería, del 9 % (3,3 Mt).

En la trayectoria Inacción, la deforestación proyectada por expansión de tierras agrícolas se presentaría en las macrocuencas Magdalena-Cauca y Orinoco.

Figura 3. Cambios en la cobertura del suelo para 2040 en relación con 2015



Fuente: Cálculos de los autores

^c La mayor parte de la conversión de bosques en pastos para el pastoreo extensivo de ganado se ha producido de manera informal en áreas remotas donde los derechos de propiedad no están claros. En algunas zonas, esto ha servido como incentivo para ocupar y reclamar la propiedad de la tierra³⁷.

En la trayectoria Cierre de la Frontera Agrícola, la expansión del área agrícola se reduce a la mitad y los bosques aumentan en 2,25 Mha para 2040 en comparación con la trayectoria Inacción.

Para la trayectoria *Cierre de la Frontera Agrícola* y la trayectoria *Un paso más allá*, comparamos nuestros resultados para 2040 con los resultados de la trayectoria *Inacción*.

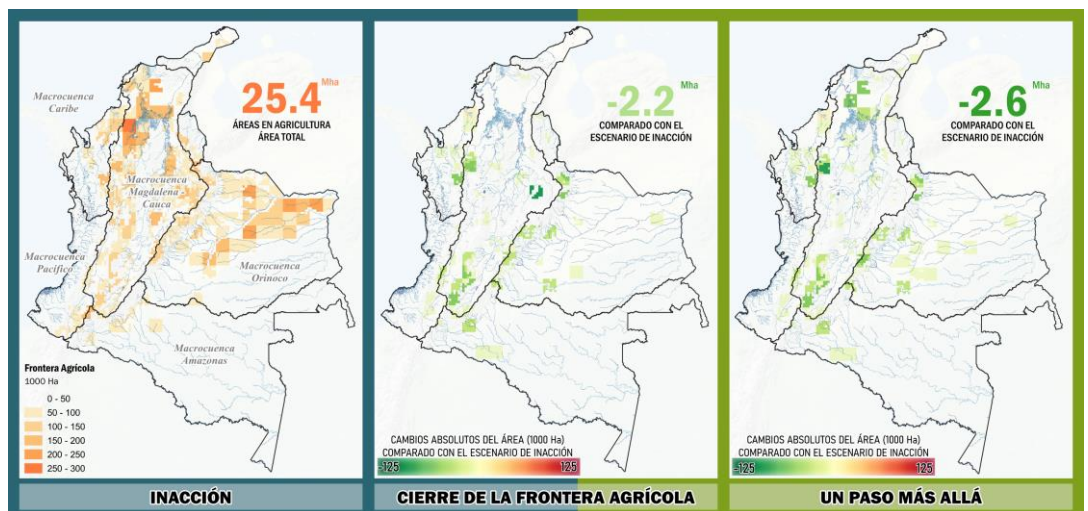
En la **trayectoria Cierre de la Frontera Agrícola**, debido a las restricciones sobre la deforestación y la conversión de pastizales en bosques restaurados, la expansión total de tierras agrícolas se reduce a la mitad para 2040 (Fig. 3), sin afectar el área de tierras de cultivo. Se produce un desplazamiento mínimo de la expansión del área agrícola a otras tierras naturales (no bosques) (0,02 Mha). El área de bosques incrementa en 2,25 Mha en comparación con la trayectoria *Inacción*, incluyendo 0,62 Mha de restauración forestal para 2040.

Esta situación conlleva a una disminución de la producción agrícola que se compensa con un aumento en las importaciones. Para 2040, la producción de carne vacuna disminuye en 10 mil toneladas y la

producción de leche se reduce en 87 mil toneladas. Sin embargo, estas reducciones representan impactos relativamente pequeños en la producción agrícola (hasta del 1%) en comparación con la trayectoria *Inacción*.

La trayectoria *Un paso más allá* acentúa las tendencias observadas en la trayectoria *Cierre de la Frontera Agrícola*. **El área forestal total (es decir, bosques preexistentes y bosques restaurados) aumenta en 2,76 Mha en relación con la trayectoria Inacción.** La producción agrícola disminuye aún más, pero de forma limitada, por ejemplo, para 2040, la producción de carne vacuna disminuye en 12 mil toneladas, lo que equivale al 1,1 % de la producción en la trayectoria *Inacción*. Esto se debe a la reducción del área de pastos y al hecho de que no suponemos cambios en la productividad del ganado en las tres trayectorias.

Figura 4. Cambios absolutos en las tierras agrícolas para 2040



Fuente: Resultados del modelo GLOBIOM-Colombia para tierras agrícolas.

Nota: el área en agricultura incluye tanto pastizales como tierras para cultivo.

Emisiones de deforestación y remoción de carbono

La regeneración de los bosques puede capturar hasta 313 y 524 Mt de CO₂ en las trayectorias Cierre de la Frontera Agrícola y Un paso más allá, respectivamente, entre 2020 y 2040.

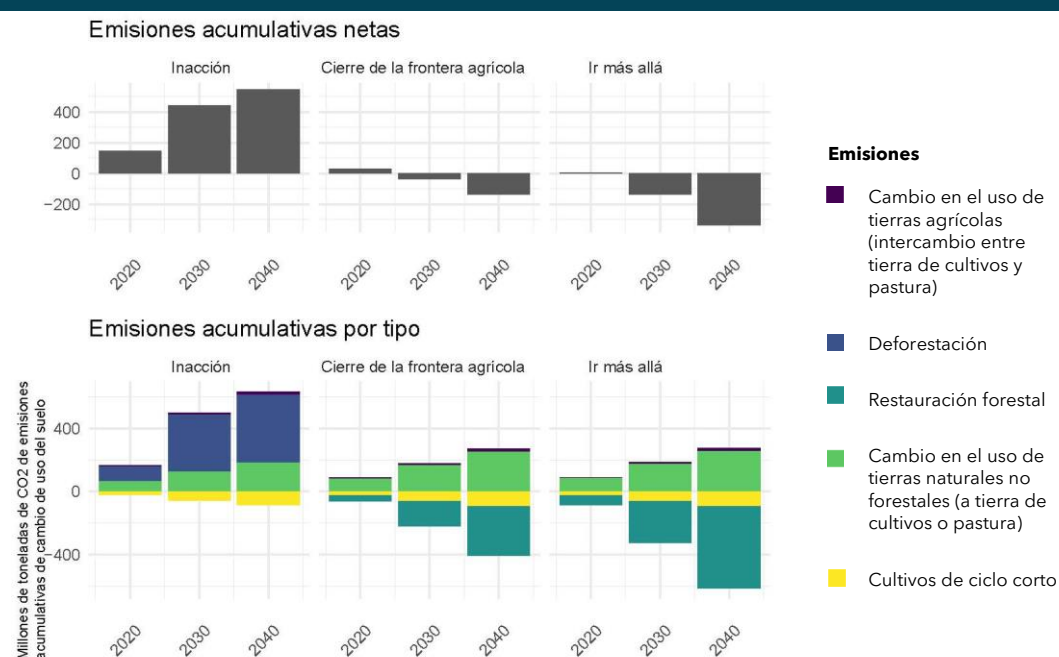
En la trayectoria Inacción, las emisiones acumuladas de CO₂ por deforestación entre 2020 y 2040 totalizan 463 Mt CO₂ (Fig. 5). En las trayectorias *Cierre de la Frontera Agrícola* y *Un paso más allá*, asumimos que no ocurriría deforestación resultando en la ausencia de emisiones de CO₂ por la conversión de bosques. Mientras tanto, las emisiones de la conversión de otras tierras naturales no forestales a la agricultura aumentan en 64 Mt CO₂ para 2040 en la trayectoria Inacción, y en 69 Mt CO₂ en las trayectorias *Cierre de la Frontera Agrícola* y *Un paso más allá*. **Esto indica que cuando se restringe la deforestación, la agricultura tiende a expandirse a otras tierras naturales y aún puede generar nuevas emisiones.**

Al adoptar supuestos optimistas de acumulación de carbono a través de la recuperación forestal exitosa en todas las áreas restauradas (esto es, un aumento lineal de la acumulación de carbono a lo largo del tiempo),³⁸ la

regeneración forestal puede capturar hasta 313 y 524 Mt de CO₂ en las trayectorias Cierre de la Frontera Agrícola y Un paso más allá, respectivamente, entre 2020 y 2040 (Fig. 5). Las emisiones netas acumuladas de GEI del cambio de uso de la tierra son 546 Mt CO₂ en la trayectoria Inacción para 2040. En contraste, estas emisiones resultan en balances negativos en las trayectorias *Cierre de la Frontera Agrícola* (-134 Mt CO₂) y *Un paso más allá* (-338 Mt CO₂) (Fig. 5)

En ambas trayectorias, la deforestación evitada es fundamental para alcanzar las emisiones negativas por cambios en el uso de la tierra. Además, se necesita una regeneración forestal exitosa a largo plazo para compensar las emisiones adicionales de la conversión de otras tierras naturales a la agricultura. El control de la deforestación y la restauración forestal pueden resultar en una expansión agrícola hacia tierras naturales no forestales, lo que puede ir en detrimento del secuestro de carbono y la protección de la biodiversidad.

Figura 5. Emisiones acumuladas por cambio en el uso de la tierra entre 2020 y 2040



Fuente: Cálculos de los autores.

6. Discusión y recomendaciones

En este informe, hemos llevado a cabo una evaluación integral de las interacciones entre la producción de alimentos, la conservación de los bosques y las políticas dirigidas a afrontar el cambio climático, mediante el uso del modelo GLOBIOM-Colombia. Los resultados de nuestro estudio subrayan la necesidad imperante de formular políticas de manera integrada con el fin de alcanzar objetivos coherentes y alineados en todos los sectores y escalas. Asimismo, hemos identificado posibles oportunidades y desafíos que pueden surgir en el camino hacia la consecución exitosa de estas metas.

El análisis muestra que **el control de la deforestación combinado con la restauración en áreas recientemente deforestadas, convertidas en pastizales y con ecosistemas en alto peligro de extinción** ofrece una oportunidad única para acercar significativamente a Colombia al logro de los objetivos climáticos y de biodiversidad, complementando su progreso hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recomendamos que la revisión del Plan Nacional de Restauración se centre especialmente en estas áreas, incluidas aquellas áreas dentro de la Frontera Agrícola que son utilizadas para actividades ganaderas con baja productividad.

Cosechar los beneficios de la restauración pasiva requiere compromisos e inversiones a largo plazo. A diferencia de detener la deforestación, para lo cual las reducciones de GEI son inmediatas, el secuestro de carbono de la regeneración forestal es más lento e incierto. Los estudios estiman que un bosque tropical podría tardar hasta 60 años en recuperar el 70 % de la biomasa aérea existente antes de la deforestación.²⁸

Existen limitaciones en este estudio. Estas trayectorias se basan en supuestos como la detención completa de la deforestación en los bosques primarios. Para lograr esto, **Colombia necesitaría implementar un conjunto de intervenciones complementarias que van más allá del alcance de este análisis** (es decir, incentivos, apoyo para formalizar la propiedad de la tierra y mesas comunitarias). Es importante destacar que detener, desplazar o restringir la expansión de la actividad agrícola en ciertas áreas requiere la aceptación de las comunidades rurales y los agricultores. Esto requerirá políticas que apoyen la creación de empleo para la población trabajadora rural cuyo sustento depende de las actividades vinculadas a la deforestación.

Nuestros resultados muestran que una reducción de los pastizales en áreas dedicadas a la ganadería de baja productividad, tras la implementación de políticas de control de deforestación y de restauración, podría conducir a una leve disminución de la producción de carne vacuna y leche, y un consecuente aumento en las importaciones de estos productos. Sin embargo, estos escenarios no contemplaban ningún aumento importante en la productividad agrícola a través de la innovación tecnológica y las inversiones. Por lo tanto, esta compensación potencial puede reducirse con políticas adecuadas.

Actualmente, **la productividad ganadera en Colombia es todavía relativamente baja y tiene mucho potencial para aumentar.** Al aumentar la productividad agrícola, especialmente la ganadería, Colombia puede evitar la importación de carne vacuna y leche, y reducir potencialmente el uso de la tierra para pasturas. Es importante promover inversiones y políticas que incentiven el

aumento de la productividad agrícola para ayudar a los agricultores a compensar la disminución de los ingresos causados por la limitación de la producción en áreas prohibidas para la agricultura, Colombia ha lanzado recientemente los Planes de Ordenamiento Productivo (POPs) para el sector agropecuario. Recomendamos la rápida implementación del POP para carne y leche para apoyar a los productores a aumentar la productividad y la eficiencia en el uso de la tierra dentro de la Frontera Agrícola, principalmente en pasturas. Este enfoque tendría éxito si la productividad agrícola aumenta bajo un modelo de 'separación territorial' (*land sparing*^d), a través de acuerdos de gestión, para evitar efectos indeseados causados por una mayor rentabilidad agrícola (por ejemplo, deforestación causada para una continua expansión de tierra agrícola).³⁹

Para hacer realidad estas trayectorias alternativas, recomendamos **innovaciones complementarias** para aumentar la productividad y reducir la pobreza rural, incluido el acceso equitativo a la tecnología y el financiamiento y los derechos seguros sobre la tierra. El último censo agropecuario (2014) muestra que solo el 9,6 % de las fincas habían recibido algún tipo de servicio de extensión rural.⁸ La mayoría de los propietarios (67 %) son pequeños y medianos agricultores, que poseen menos de 5 ha (equivalentes al 4,2 % de las tierras agrícolas), y casi la mitad de las tierras carecían de títulos debidamente registrados.¹⁴ Para mejorar la productividad agrícola, recomendamos abordar estas grandes brechas que han sido exacerbadas por décadas de conflicto armado y desplazamiento forzado de comunidades rurales.⁴⁰ El

Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria de Colombia (Ley 1876 de 2017) es un paso adelante, pero debe involucrar a los pequeños agricultores en su puesta en funcionamiento. Esto puede contribuir a reducir las desigualdades en las zonas rurales y construir una transición inclusiva y justa.⁴¹

Un desafío importante es la baja resolución espacial (1:100.000) utilizada para demarcar la Frontera Agrícola, la cual no es lo suficientemente alta para implementar acciones de política precisas a nivel predial. Recomendamos **priorizar el uso de instrumentos de escala local y/o de alta resolución espacial** (es decir, sistema catastral multipropósito, planes de manejo de cuencas hidrográficas, instrumentos de ordenamiento territorial). Estos pueden ayudar a brindar seguridad jurídica sobre la propiedad de la tierra, identificar prioridades en materia de asistencia técnica para los pequeños agricultores y reducir los incentivos para la deforestación. Este tipo de instrumentos también pueden ayudar a respaldar la implementación exitosa de los Contratos de Conservación Natural de la Ley de Acción Climática, cuyo objetivo es involucrar a las comunidades locales en la restauración de áreas para cerrar la frontera.

La Frontera Agrícola es una piedra angular del acuerdo de paz de Colombia, y debe ser consistente con sus estrategias nacionales climáticas y de la lucha contra la deforestación. La definición y consistencia de los objetivos, respaldada por la participación efectiva de la comunidad local, será crucial para cumplir con los objetivos climáticos y de restauración, así como para continuar con el mantenimiento de la paz.

^d El modelo de separación territorial (*land-sparing*) propone aumentar la producción agrícola industrializada y ubicar las áreas de conservación en lugares separados.

Reconocimientos

Esta nota de políticas fue desarrollada con el apoyo de la Iniciativa Noruega sobre Clima y Bosques (NICFI), el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo de Investigación del Medio Ambiente Natural NERC-IIASA Beca de colaboración NE/T009306/1. El apoyo para este estudio fue proporcionado parcialmente a través de Mitigate+: Iniciativa para Sistemas Alimentarios de Bajas Emisiones. Nos gustaría agradecer a todos los financiadores que apoyaron esta investigación a través de sus contribuciones al Fondo Fiduciario CGIAR.

Cita recomendada

FABLE (2023). Control de deforestación y restauración ecológica: Consecuencias para la agricultura y objetivos climáticos de Colombia. Nota de políticas de FABLE. Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN) e Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). París/Luxemburgo.

Autores: El análisis de trayectorias y la construcción de escenarios utilizando GLOBIOM fueron realizados por Eleanor Warren-Thomas (Universidad de Bangor/IIASA), John Chavarro (Universidad Javeriana/Centro de Investigación de Ciencias y Recursos Geo-Agro-Ambientales, Neiva) y Juliana Arbelaez Gaviria (Universidad de Mendel/ IIASA). La construcción de escenarios y el análisis de políticas fueron desarrollados por Andrés Peña (Universidad Javeriana). El informe fue coordinado por María Díaz (SDSN) y Aline Mosnier (SDSN).

Colaboradores: Carolina Frias Navarrete (CIAT), Olaf Erenstein (WRI), Lucie Adenäuer (SDSN), Clara Douzal (SDSN), David Leclere (IIASA), y Zuelclady Araujo Gutierrez (IIASA), Talia Smith (Systemic), Morgan Gillespy (WRI).

El contenido y las opiniones expresadas en este documento son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las instituciones asociadas y/o de apoyo. Se aplica el descargo de responsabilidad habitual.

Referencias

1. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Colombia Country Profile. Consultado el 9 de noviembre de 2022. <https://www.cbd.int/countries/profile/?country=co>
2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE). *Cinco Claves Para Entender La Deforestacion En La Amazonia Colombiana*. MINAMBIENTE; 2020. <https://visionamazonia.minambiente.gov.co/news/cinco-claves-para-entender-la-deforestacion-en-la-amazonia-colombiana/>
3. Global Forest Watch. Colombia deforestation rate and statistics. Publicado en línea en 2022. Consultado el 20 de abril de 2022. <https://gfw.global/3DtH859>
4. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Resultados del monitoreo de deforestación. Año 2020. Primer trimestre año 2021. Publicado en línea en 2021. Consultado el 22 de abril de 2022. http://www.ideam.gov.co/documents/10182/113437783/Presentacion_Deforestacion2020_SMByC-IDEAM.pdf/8ea7473e-3393-4942-8b75-88967ac12a19
5. González JJ, Cubillos A, Chadid M, et al. *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 (MINAMBIENTE). Programa ONU-REDD Colombia.; 2018.
6. Food and Agriculture Organization (FAO), World Bank. Agricultural land (% of land area) - Colombia. Publicado en línea en 2020. Consultado el 29 de noviembre de 2022. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS?locations=CO>
7. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). *Colombia Siembra. Documento Estratégico. Estrategia Colombia Siembra*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; 2016:55. https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Estrategia_Colombia_Siembra.pdf
8. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Censo Nacional Agropecuario 2014. Inventario agropecuario en las unidades de producción agropecuaria (UPA). Publicado en línea el 27 de octubre de 2015. https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/avanceCNA/PPT_9.pdf
9. Murillo-Sandoval PJ, Kilbride J, Tellman E, Wrathall D, Van Den Hoek J, Kennedy RE. The post-conflict expansion of coca farming and illicit cattle ranching in Colombia. *Sci Rep*. 2023;13(1):1965. doi:10.1038/s41598-023-28918-0
10. Boron V, Payan E, Macmillan D, Tzanopoulos J. Achieving sustainable development in rural areas in Colombia: Future scenarios for biodiversity conservation under land use change. *Land Use Policy*. 2016;59:27-37. doi:10.1016/j.landusepol.2016.08.017
11. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). El 65.8% del suelo apto del país no se aprovecha. Publicado en línea en 2016. Consultado el 25 de abril de 2022. https://upra.gov.co/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/GEKyUuxHYSXZ/content/el-65-8-del-suelo-apt-del-pais-no-se-aprovecha

12. Banco de la República. Recuadro 2: Coyuntura del sector agropecuario colombiano. <https://www.banrep.gov.co/es/recuadro-2-coyuntura-del-sector-agropecuario-colombiano>. Publicado el 4 de mayo de 2019.
13. International Labour Organization (ILO). ILOSTAT Database. Enero de 2021. Publicado en línea en 2021.
14. OECD. OECD Review of Agricultural Policies: Colombia 2015. Publicado en línea en 2015. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264227644-en>
15. Havlík P, Valin H, Herrero M, et al. Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014;111(10):3709-3714. doi:10.1073/pnas.1308044111
16. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Mapa de bosque no bosque de Colombia. Area continental (escala fina LANDSAT año 2000). Publicado en línea en 2016. <http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas>
17. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE),. Cuencas Objeto de Planificación Estratégica (Áreas Hidrográficas). Publicado en línea en 2020. <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/cuencas-objeto-de-planificacion-estrategica-areas-hidrograficas/>
18. Gobierno de Colombia. *Resolución 261 de 2018 por medio de la cual se define la Frontera Agrícola Nacional y de adopta la metodología para la identificación general.*; 2018:5. Consultado el 21 de marzo de 2019. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resolución%20No%20000261%20de%202018.pdf>
19. Etter A, Andrade A, Nelson CR, Cortés J, Saavedra K. Assessing restoration priorities for high-risk ecosystems: An application of the IUCN Red List of Ecosystems. *Land Use Policy*. 2020;99:104874. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104874
20. Brancalion P, Meli P, Caetano Tymus J, et al. What makes ecosystem restoration expensive? A systematic cost assessment of projects in Brazil. *Biological Conservation*. 2019;240. doi:10.1016/j.biocon.2019.108274
21. Gann GD, McDonald T, Walder B, et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*. 2019;27(S1):S1-S46. doi:10.1111/rec.13035
22. Gobierno de Colombia. Portafolio de medidas sectoriales de mitigación del cambio climático. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Colombia 2020. Publicado en línea en 2020. https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Colombia%20First/Adjunto%202.%20Medidas%20de%20mitigación_NDC%20de%20Colombia%202020.pdf
23. Crouzeilles R, Curran M, Ferreira MS, Lindenmayer DB, Grelle CEV, Rey Benayas JM. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature Communications*. 2016;7(1):11666. doi:10.1038/ncomms11666
24. Benayas JMR, Bullock JM, Newton AC. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2008;6(6):329-336.

25. Chazdon R. Second Growth: the promise of tropical forest regeneration 485. *An Age Of Deforestation*. Publicado en línea en 2014.
26. Laurance WF. Emerging Threats to Tropical Forests^{1, 2}. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 2015;100(3):159-169.
27. Chazdon RL, Uriarte M. Natural regeneration in the context of large-scale forest and landscape restoration in the tropics. *Biotropica*. 2016;48(6):709-715.
28. Poorter L, Craven D, Jakovac CC, et al. Multidimensional tropical forest recovery. *Science*. 2021;374(6573):1370-1376. doi:10.1126/science.abh3629
29. Ariza FAP. Distribución de la propiedad rural en Colombia en el siglo XXI. *Revista de Economía e Sociología Rural*. 2021;60.
30. Graser M, Bonatti M, Eufemia L, et al. Peacebuilding in rural Colombia—a collective perception of the integrated rural reform (IRR) in the department of Caquetá (Amazon). *Land*. 2020;9(2):36.
31. ICG ICG. *A Broken Canopy: Preventing Deforestation and Conflict in Colombia*. International Crisis Group -ICG-; 2021:47. Accessed June 27, 2022. <https://d2071andvip0wj.cloudfront.net/091-colombia-broken-canopy.pdf>
32. Rodríguez ACT, Binda E, Quintero JMO, et al. Answering the right questions. Addressing biodiversity conservation in post-conflict Colombia. *Environmental Science & Policy*. 2020;104:82-87.
33. Baptiste B, Pinedo-Vasquez M, Gutierrez-Velez VH, et al. Greening peace in Colombia. *Nature Ecology & Evolution*. 2017;1(4):1-3.
34. Murcia C, Guariguata MR, Andrade Á, et al. Challenges and prospects for scaling-up ecological restoration to meet international commitments: Colombia as a case study. *Conservation Letters*. 2016;9(3):213-220.
35. Etter A, Angela A, Saavedra-Ramírez K, et al. *Lista Roja de Ecosistemas de Colombia (Vers.2.0)*; 2017. doi:10.13140/RG.2.2.10861.08165
36. Havlik P, Valin H, Mosnier A, et al. *GLOBIOM Documentation*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) https://iiasa.github.io/GLOBIOM/GLOBIOM_Documentation_20180604.pdf
37. Castro-Nunez A, Mertz O, Buritica A, Sosa CC, Lee ST. Land related grievances shape tropical forest-cover in areas affected by armed-conflict. *Applied Geography*. 2017;85:39-50. doi:10.1016/j.apgeog.2017.05.007
38. Cook-Patton SC, Leavitt SM, Gibbs D, et al. Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature*. 2020;585(7826):545-550.
39. García VR, Gaspart F, Kastner T, Meyfroidt P. Agricultural intensification and land use change: assessing country-level induced intensification, land sparing and rebound effect. *Environ Res Lett*. 2020;15(8):085007. doi:10.1088/1748-9326/ab8b14
40. World Bank. *Colombia - Systematic Country Diagnostic (English)*. World Bank Group <http://documents.worldbank.org/curated/en/142801468188650003/Colombia-Systematic-country-diagnostic>

41. *Ley 1876 de 2017*.
<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20No%201876%20de%202017.pdf>
42. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Mapa de cobertura de la tierra periodo 2000 - 2002. Publicado en línea en 2010. Consultado el 10 de abril de 2020. <http://www.siac.gov.co/en/catalogo-de-mapas>
43. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Agronet. Estadísticas Agropecuarias. Consultado el 1 de septiembre de 2021.
<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx>
44. Harris NL, Gibbs DA, Baccini A, et al. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nat Clim Chang*. 2021;11(3):234-240. doi:10.1038/s41558-020-00976-6

Anexo

Tabla 2. Resumen de los cambios en la cobertura del suelo estimados para 2020 - 2040 (Mha)

| | Inacción | | Cierre de la frontera agrícola | | Un paso más allá | |
|---|----------|------|--------------------------------|------|------------------|------|
| | 2020 | 2040 | 2020 | 2040 | 2020 | 2040 |
| Tierra agrícola, incluidas tierra de cultivos y pastura | 22,3 | 25,4 | 21,8 | 23,2 | 21,7 | 22,8 |
| - Tierra de cultivos | 2,7 | 3,7 | 2,7 | 3,7 | 2,7 | 3,7 |
| - Pastura | 19,6 | 21,8 | 19,1 | 19,6 | 18,9 | 19,2 |
| Bosque | 63,7 | 62,4 | 64,1 | 64,1 | 64,1 | 64,1 |
| Tierra natural no forestal | 17,8 | 15,1 | 17,7 | 15,1 | 17,7 | 15,0 |
| Bosques plantados | 2,0 | 2,8 | 2,0 | 2,8 | 2,0 | 2,8 |
| Restauración forestal | - | - | 0,1 | 0,6 | 0,3 | 1,1 |
| Bosques totales | 63,7 | 62,4 | 64,2 | 64,7 | 64,4 | 65,2 |

Tabla 3. Resumen de producción y comercio agrícola estimado para 2020 - 2040 (Mt)

| | Inacción | | Cierre de la frontera agrícola | | Un paso más allá | |
|---------------------|----------|-------|--------------------------------|-------|------------------|-------|
| | 2020 | 2040 | 2020 | 2040 | 2020 | 2040 |
| Producción agrícola | 85,5 | 114,5 | 85,5 | 114,4 | 85,5 | 114,4 |
| - Exportaciones | 13,9 | 16,5 | 13,9 | 16,5 | 13,9 | 16,5 |
| - Importaciones | 9,2 | 13,6 | 9,2 | 13,7 | 9,2 | 13,7 |
| Cosecha | | | | | | |
| - Producción | 74,1 | 100,8 | 74,0 | 100,8 | 74,0 | 100,8 |
| - Exportaciones | 13,6 | 16,1 | 13,6 | 16,1 | 13,6 | 16,0 |
| - Importaciones | 8,6 | 11,3 | 8,6 | 11,3 | 8,6 | 11,2 |
| Ganado | | | | | | |
| - Producción | 11,4 | 13,7 | 11,4 | 13,6 | 11,4 | 13,6 |
| - Exportaciones | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| - Importaciones | 0,6 | 2,3 | 0,6 | 2,4 | 0,6 | 2,4 |

Descripción general del modelo

Para este informe, utilizamos el Modelo de Gestión de la Biosfera Global (GLOBIOM) desarrollado por IIASA para evaluar el efecto potencial de las medidas de mitigación AFOLU seleccionadas en la producción agrícola y el medio ambiente. GLOBIOM es un modelo económico de equilibrio parcial y cambio en el uso de la tierra que representa las principales actividades basadas en el uso de la tierra, como la agricultura, la silvicultura y la bioenergía.³⁶

El modelo ha sido objeto de una serie de mejoras que contribuyen a su calibración y validación para reflejar mejor las particularidades del contexto colombiano. Los datos de entrada predeterminados se han reemplazado con información específica del país sobre la cobertura del suelo de IDEAM,⁴² y se han incluido datos espaciales de producción agrícola y ganadera de Agronet (MinAgricultura).⁴³ Se ha agregado una nueva clase de tierra al modelo (regeneración forestal) para representar la restauración ecológica pasiva. Suponemos una absorción lineal continua de carbono a lo largo del tiempo desde el momento en que se establece la restauración en función de los datos de acumulación anual de carbono para bosques proporcionados con una resolución de 30 metros, publicados por Cook-Patton *et al.* (2020)³⁸. Las emisiones de carbono de la deforestación se basan en datos de resolución de 30 metros de Harris *et al.* (2021)⁴⁴.