



BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

PROGRAMA DE CRECIMIENTO SOSTENIBLE Y RESILIENCIA

CO- L1264

ANÁLISIS ECONÓMICO-AMBIENTAL EX ANTE

BOGOTÁ, COLOMBIA, 9 DE JUNIO DE 2021

PREPARADO POR: CARLOS SALAZAR ECHAVARRÍA (JEFE DE EQUIPO), MARTÍN CICOWIEZ, (CONSULTOR), MARTÍN RAMÍREZ (CONSULTOR), ONIL BANERJEE, MARÍA MARGARITA JIMÉNEZ (CSD/RND), SEBASTIÁN SOLARTE (INE/ENE), FANNY BERTOSSI (INE/TSP).

ANÁLISIS ECONÓMICO-AMBIENTAL EX ANTE CO-L1264

Contenido

1. Introducción	3
2. Método y Datos	3
2.1 Método	3
2.2. Datos	5
3. Simulaciones: Resultados y Análisis	13
3.1. Escenario Base	13
3.2. Escenarios PBP	14
3.3. Resultados	20
4. Conclusión	30
Referencias	31

1. Introducción

En este documento, se evalúa los costos y beneficios del Programa de Crecimiento Sostenible y Resiliente de Colombia (CO-L1264). El objetivo del Programa es contribuir a un crecimiento sostenible y resiliente. En particular, se busca apoyar el crecimiento económico del país, en un contexto de emergencia sanitaria por el COVID-19 mediante reformas para: (i) fortalecer la capacidad del GdC para la planificación, gestión y financiamiento de la acción climática, (ii) fomentar oportunidades económicas basadas en el uso sostenible del capital natural y el desarrollo de modelos de economía circular, y (iii) impulsar la transición energética. El programa es el primero de una serie programática en apoyo de reformas de política (PBP) a conformarse de dos préstamos contractualmente independientes y técnicamente vinculados.

Para este análisis, utilizamos el modelo IEEM (Integrated Economic-Environmental Model) desarrollado en el Banco Interamericano de Desarrollo. IEEM es un modelo de equilibrio general computable (EGC) que presta especial atención a la interacción – en ambos sentidos – entre economía y ambiente. En particular, en este trabajo, IEEM se calibra con una nueva Matriz de Contabilidad Social para Colombia 2017. La evaluación del proyecto se realiza a partir de comparar la evolución de la economía colombiana sin proyecto (i.e., escenario base o business-as-usual) con la evolución de la economía colombiana con proyecto.

El resto de trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta, brevemente, el método y los datos utilizados en este estudio. En particular, se describe IEEM Colombia (IEEM-COL) y la Matriz de Contabilidad Social que empleamos para calibrarlo. La Sección 3 muestra y analiza los resultados que generan las medidas de política vinculadas al Programa de Crecimiento Sostenible y Resiliente vinculadas. La Sección 4 concluye.

2. Método y Datos

2.1 Método

IEEM es un modelo de equilibrio general computable dinámico recursivo que captura la relación bilateral que existe entre la economía y el ambiente. Por ejemplo, modela el uso de capital natural por parte de las actividades productivas como así también las emisiones de contaminantes desde las actividades productivas y los hogares hacia el ambiente. En lo que resta de este apartado se realiza una presentación discursiva de la estructura general de IEEM. En Banerjee y Cicowiez (2020) puede consultarse una presentación detallada de la estructura matemática de IEEM (Banerjee and Cicowiez, 2020).

Técnicamente, IEEM es un sistema de ecuaciones simultáneas tanto lineales como no lineales. El enfoque de IEEM abarca a toda la economía asegurando la consistencia entre sus partes. En particular, incluye las relaciones entre sectores de producción particulares y el ingreso que generan, los hogares, el gobierno (i.e., tanto sus políticas fiscales como su presupuesto), y el resto del mundo representado a través de la balanza de pagos. Es una herramienta útil para el análisis de diversas políticas e inversiones públicas porque captura, de manera integrada, el bienestar de los hogares, el presupuesto público, y las diferencias entre sectores productivos en términos de preferencias de los hogares, intensidad laboral, acumulación de capital, cambio tecnológico, y vínculos con los mercados interno y externo (i.e., exportaciones e importaciones). Además, y como ya mencionamos, IEEM captura la interrelación entre la economía y el ambiente.

En cada período, los distintos agentes (i.e., productores, hogares, gobierno y el resto del mundo) deben respetar sus restricciones presupuestarias: los ingresos y gastos se capturan completos y, por construcción, se igualan – como lo hacen en la realidad. Las decisiones de cada agente – i.e., para productores y hogares, el objetivo es maximizar beneficios y utilidad, respectivamente – se toman respetando esas restricciones presupuestarias. Por ejemplo, los hogares destinan una porción de su ingreso al pago de impuestos directos y al ahorro; el resto lo gastan en su canasta de consumo cuya composición determinan mediante la maximización de una función de utilidad.

Por su parte, el tipo de cambio real se determina endógenamente para asegurar que los ingresos y egresos de divisas se igualan. Es decir, el tipo de cambio real es la variable que se modifica para equilibrar las transacciones entre el país modelado y el resto del mundo. Los salarios, rentas y precios tienen un rol crucial para equilibrar los mercados de factores y productos (i.e., bienes y servicios). Los productos que se transan internacionalmente – exportados y/o importados – tienen sus precios internos influenciado por los precios internacionales. De hecho, como consecuencia del supuesto de país pequeño, se supone que los mercados internacionales (i.e., el resto del mundo) demandan exportaciones y ofrecen importaciones a precios mundiales constantes.

En el tiempo, el volumen de la producción se determina por el nivel de la utilización de factores productivos (e.g., trabajo y capital) y de la productividad factorial. El crecimiento del stock de capital es endógeno y depende de la inversión y la depreciación. En los demás casos (i.e., trabajo y los recursos naturales), las ofertas proyectadas para cada período son exógenas. Para el caso de los recursos naturales, esas proyecciones están vinculadas con las proyecciones de

producción. Para este trabajo, esas proyecciones reflejan la evolución de la población en edad de trabajar y las tasas de participación laboral. La tasa de desempleo es endógena. El crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) puede depender, endógenamente, del volumen de inversión pública.

2.2. Datos

En esta sección, utilizamos varias figuras para describir la estructura productiva de Colombia. Como veremos, esta información es de mucha utilidad para interpretar los resultados que arrojan las simulaciones con IEEM que discutimos en la siguiente sección. En primer lugar, la Tabla 2.1 muestra las dimensiones de IEEM-COL. La producción de bienes y servicios se desagrega en 42 actividades y productos.¹

¹ Los cuadros de oferta y utilización 2017 de Colombia identifican 61 actividades y 392 productos. Para este trabajo, se utilizó información sobre productos para desagregar las actividades. En particular, se supuso que las actividades multi-producto utilizan la misma tecnología para producir los distintos productos.

Tabla 2.1: desagregación MCS e IEEM Colombia 2017

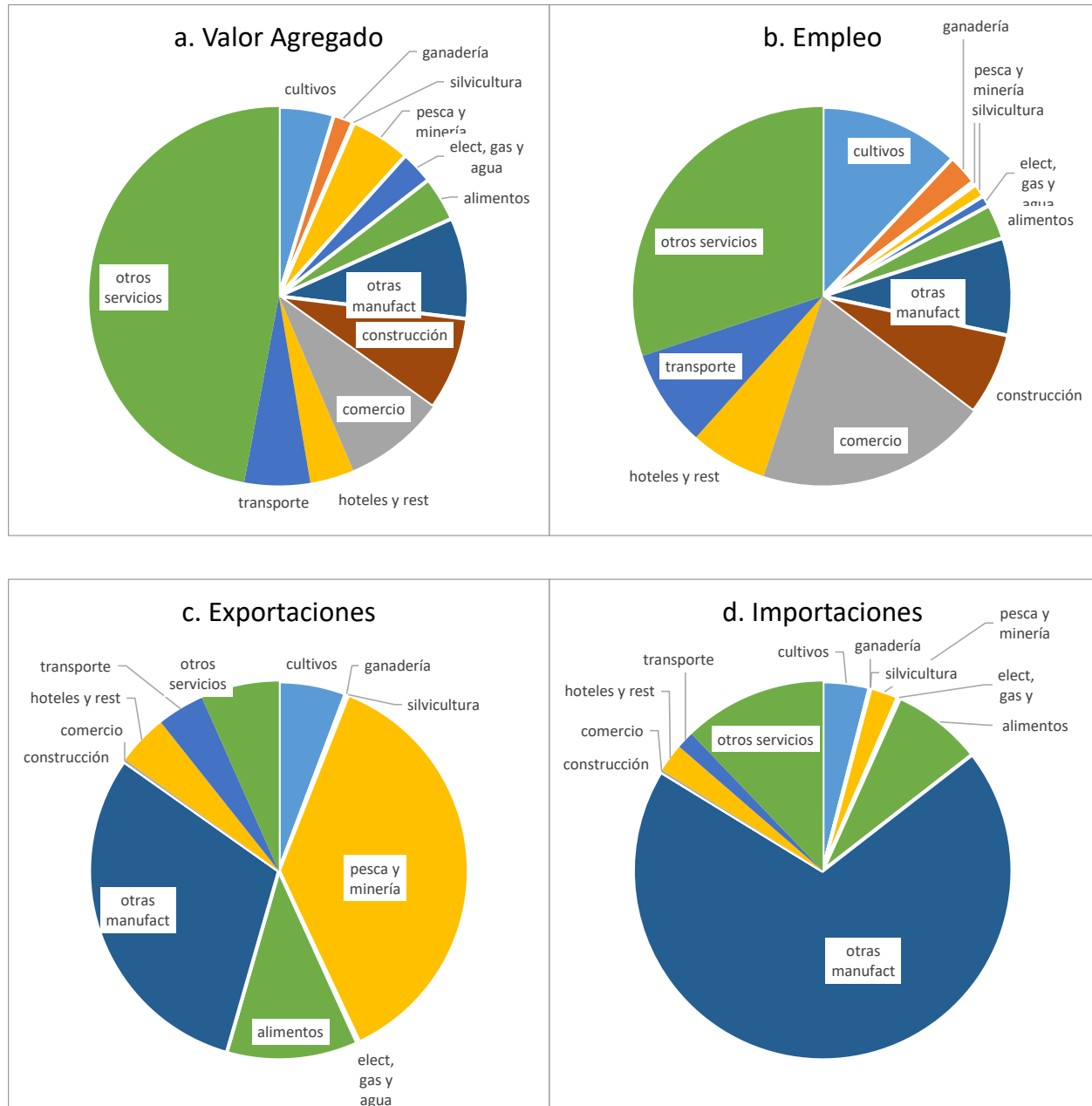
Categoría	Item
<i>Sectores (actividades y productos)</i>	<i>Agricultura (4):</i>
	cultivos; ganadería; silvicultura; pesca
	<i>Industria (28)</i>
	<i>Minería (4): carbón; petróleo; gas natural; resto minería</i>
	<i>Manufacturas (19) :</i> carne; otros alimentos; bebidas y tabaco; textiles y cuero; madera; papel; refinados de petróleo; químicos; caucho y plástico; empaques de plástico; productos minerales no metálicos; desperdicios alimentos; desperdicios papel; desperdicios no metálicos; desperdicios metálicos; metales y productos de metal; maquinaria y equipo; vehículos; otras manufacturas
	<i>Otras Industrias (5) :</i> electricidad (2); agua; saneamiento; construcción
	<i>Servicios (10):</i>
	comercio; hoteles y restaurantes; transporte terrestre pasajeros; taxis; transporte terrestre carga; otro transporte; administración pública; educación; salud; otros servicios
<i>Márgenes de Distribución</i>	productos nacionales
	importaciones
	exportaciones
<i>Factores</i>	trabajo
	capital privado
	capital gobierno
	recursos naturales: tierra (cultivos, ganadería y silvicultura), pesca, extractivos (4)
<i>Instituciones*</i>	hogares
	empresas
	gobierno
	resto del mundo
<i>Impuestos y Subsidios</i>	impuestos y subsidios actividades
	aranceles importaciones
	impuestos IVA
	impuestos y subsidios productos
	impuestos ingreso
<i>Inversión</i>	inversión privada
	inversión gobierno
	variación de inventarios

*Las cuentas de capital instituciones son para instituciones colombianas privadas (hogares y empresas), gobierno y resto del mundo. Fuente: Elaboración de los autores con información de IEEM-COL 2017.

La Figura 2.1 expone la estructura productiva de Colombia. En particular, muestra la participación sectorial en valor agregado, empleo, importaciones y exportaciones. Para ahorrar espacio, la

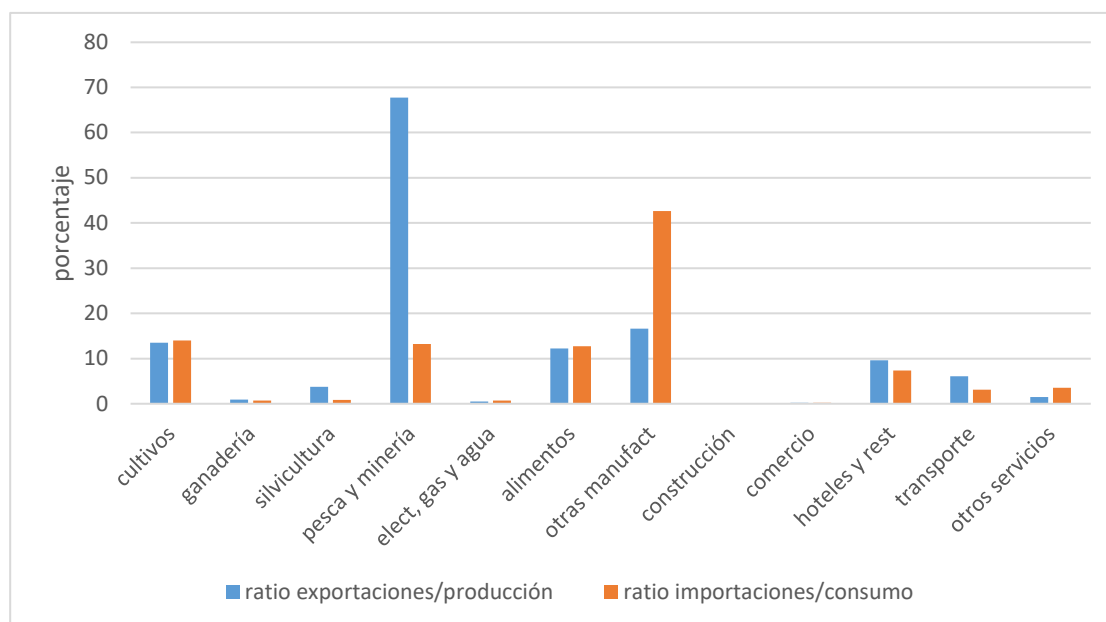
información identifica 12 actividades y productos. Sin embargo, las simulaciones de la siguiente sección se realizan empleando todas las actividades y productos que aparecen en la Tabla 2.1. En conjunto, las actividades agrícolas representan 14.6 por ciento del empleo, pero solo 6.4 por ciento del valor agregado. En cambio, el sector de comercio representa 19.6 por ciento del empleo y 8.7 por ciento del valor agregado. La Figura 2.2 muestra la intensidad exportadora e importadora de cada producto. El sector minero es el más orientado a la exportación. En particular, 95.1 y 78.5 por ciento de la producción de carbón y petróleo crudo se exporta al resto del mundo, respectivamente. Los sectores con intensidad importadora más alta son maquinaria y equipo y vehículos, con 84.1 y 69.6 por ciento de su demanda cubierta con importaciones.

Figura 2.1: estructura sectorial (porcentaje)



Fuente: Elaboración de los autores con información de IEEM-COL 2017.

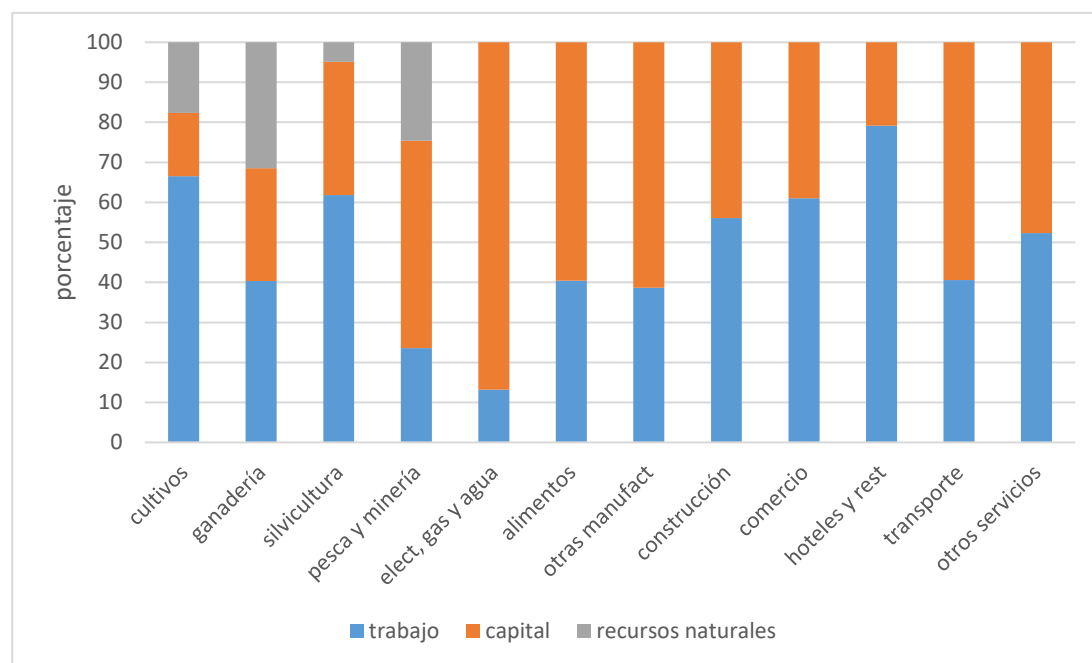
Figura 2.2: orientación exportadora e importadora de los sectores productivos (porcentaje)



Fuente: Elaboración de los autores con información de IEEM-COL 2017.

La Figura 2.3 muestra la composición factorial del valor agregado sectorial. Es interesante mencionar que la producción de cultivos es relativamente intensiva en el uso de trabajo; el trabajo se lleva 66.6 por ciento del valor agregado sectorial. En cambio, el trabajo se lleva 40.4 del valor agregado de la producción ganadera. En ambos sectores, el resto del valor agregado se distribuye en partes similares entre capital físico y capital natural. La intensidad de uso factorial es un determinante importante de los resultados que generan los escenarios contrafácticos que simulamos en la siguiente sección.

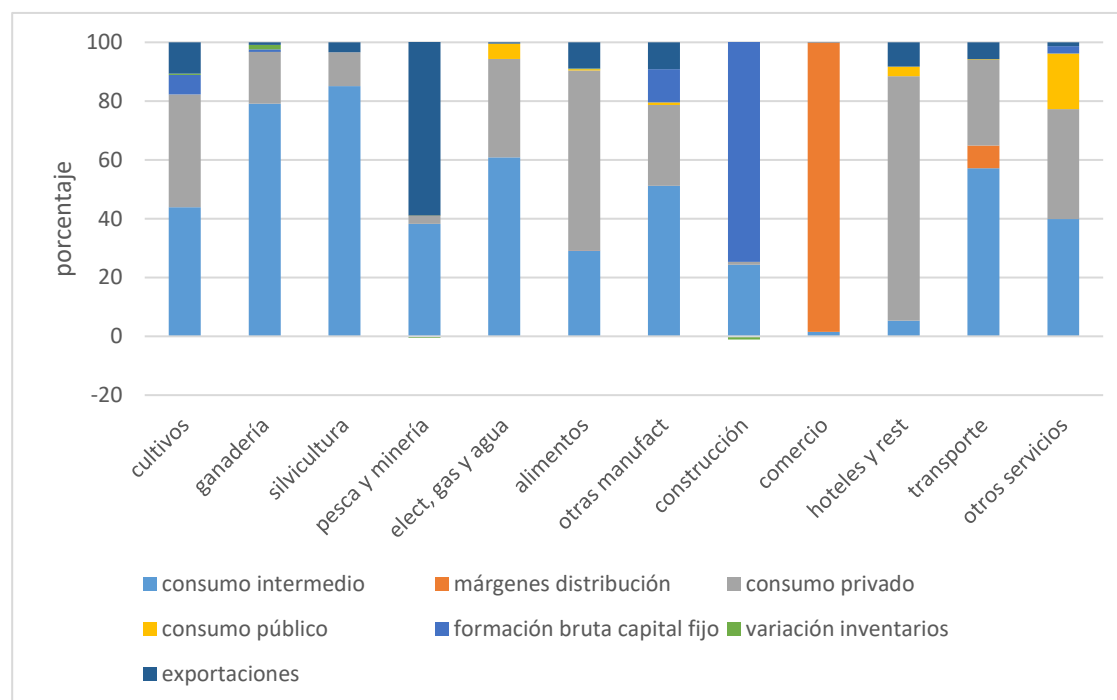
Figura 2.3: intensidad de uso factorial (porcentaje)



Fuente: Elaboración de los autores con información de IEEM-COL 2017.

La Figura 2.4 muestra el destino de las producciones sectoriales. Los sectores de ganadería, silvicultura y transporte destinan proporciones relativamente grandes de su producción al consumo intermedio de otros sectores productivos. Es decir, tienen encadenamientos productivos hacia adelante relativamente grandes. Por su parte, la construcción destina 75.7 por ciento de su producción a la inversión. En consecuencia, un abaratamiento de los servicios de construcción tendrá un impacto positivo sobre la inversión.

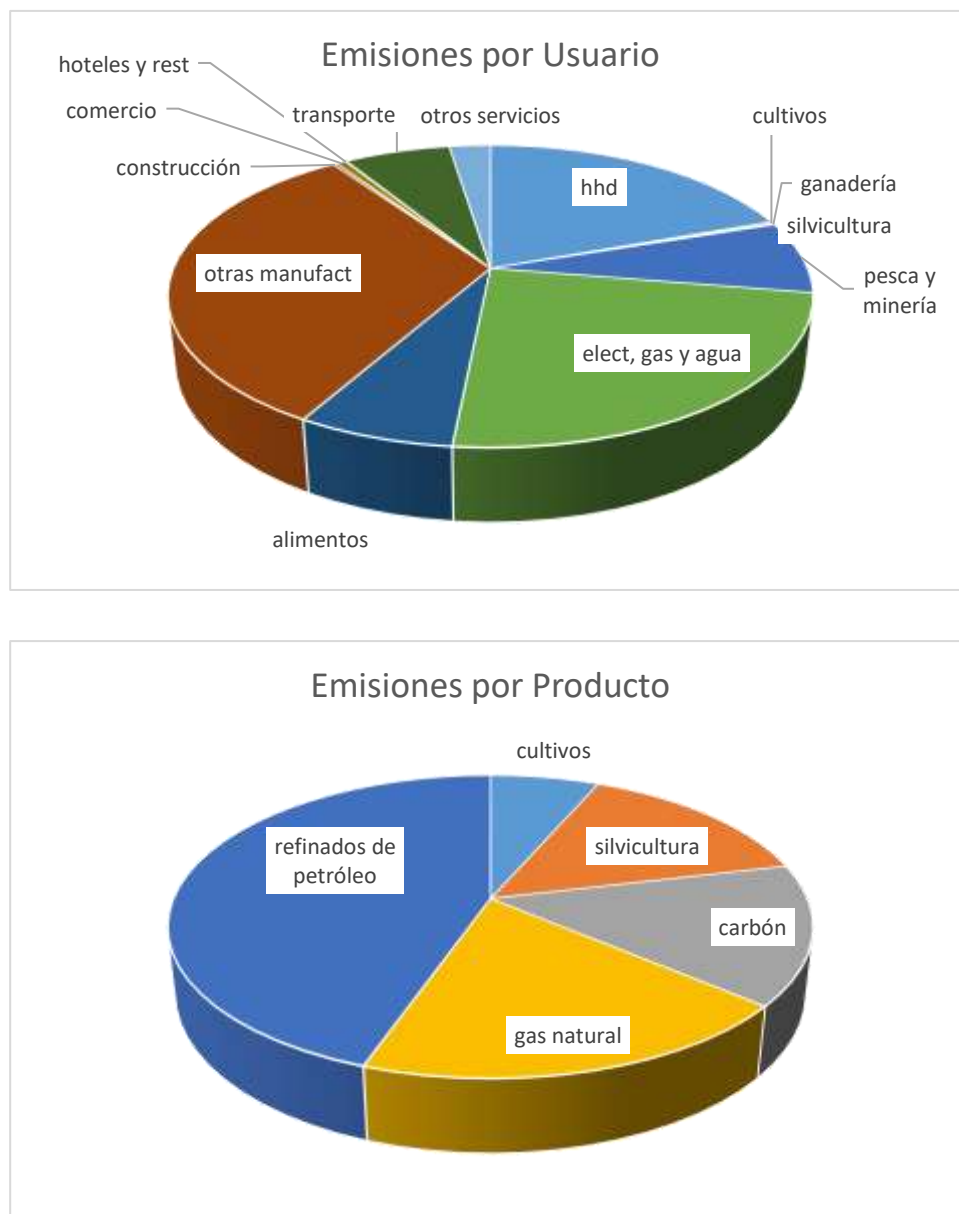
Figura 2.4: estructura de demanda sectorial (porcentaje)



Fuente: Elaboración de los autores con información de IEEM-COL 2017.

La Figura 2.5 muestra (a) la proporción de las emisiones totales que genera cada uno de los usuarios de productos energéticos, y (b) la proporción de las emisiones totales que genera cada uno de los productos energéticos. Los hogares y la actividad de transporte en su conjunto son fuentes importantes de emisiones de CO₂ (panel a). Por su parte, los refinados de petróleo como el diésel y la gasolina son los productos que explican la mayor parte de las emisiones de CO₂ (panel b).

Figura 2.5: emisiones de CO2 por usuario y por producto 2017 (porcentaje)



Fuente: Elaboración de los autores con información de IEEM-COL 2017.

Es importante mencionar que la MCS de Colombia 2017 se ajustó para representar el transporte privado como una actividad productiva. Para ello, se creó una nueva actividad productiva empleando información que originalmente se registra como consumo de los hogares. En particular, el gasto de consumo de los hogares en vehículos, gasolina (y otros combustibles fósiles), seguros automotores, y neumáticos se tratan como insumos de una nueva actividad

ANÁLISIS ECONÓMICO-AMBIENTAL EX ANTE CO-L1264

productiva que produce servicios de transporte privado que utilizan los hogares. Además, suponemos que los hogares pueden sustituir entre medios de transporte públicos y privados.

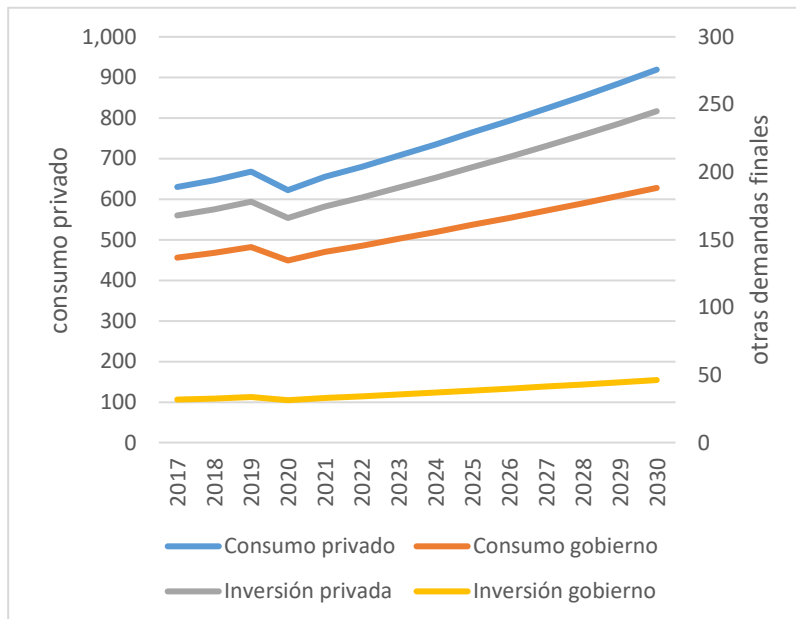
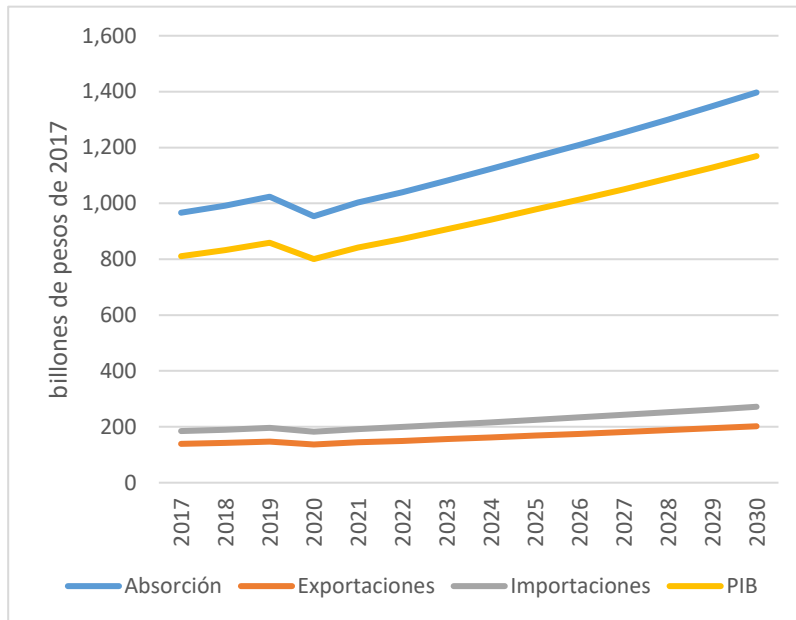
3. Simulaciones: Resultados y Análisis

En esta sección, comenzamos describiendo los escenarios que permiten analizar las diferentes medidas vinculadas al Programa. Luego, presentamos y analizamos sus resultados.

3.1. Escenario Base

En primer lugar, simulamos el escenario BASE o “business-as-usual” que proyecta la evolución de la economía colombiana hasta 2041. El escenario BASE se genera bajo el supuesto de que las políticas existentes en el año base no se modifican. Además, también suponemos constantes la evolución de variables exógenas tales como precios internacionales. La Figura 3.1 muestra la evolución de los agregados macroeconómicos en el escenario base. Como vemos, una vez superados los efectos negativos del COVID-19, se supone que la economía colombiana crece de forma relativamente balanceada. El escenario BASE culmina en 2041 con el objetivo de considerar un escenario en el que se considera el repago de la deuda externa que genera el préstamo del BID.

Figura 3.1: escenario base; indicadores macroeconómicos seleccionados (billones de pesos de 2017)

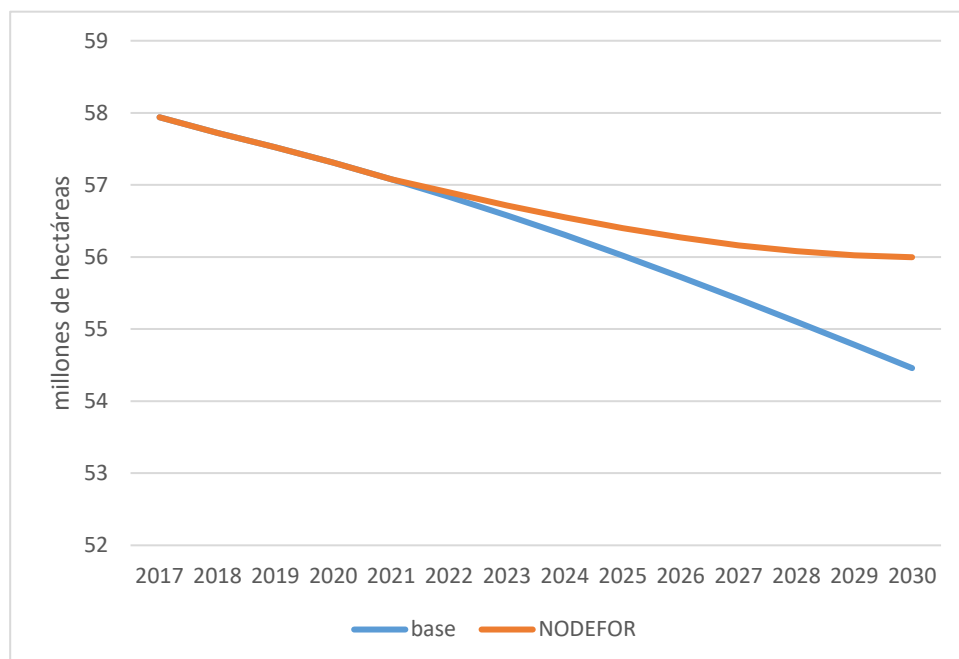


3.2. Escenarios PBP

Los escenarios siguientes se desarrollaron para representar los distintos componentes del PBP y sus resultados.

- **NODEFOR:** reducción de la deforestación neta. En particular, la deforestación neta llega a cero en 2030 (ver Figura 3.2). El costo de eliminar la deforestación a través de la implementación de la política de Control a la Deforestación y Gestión Sostenible de los Bosques es, según estimaciones oficiales, US\$170 millones durante un período de 10 años ([CONPES 4021/2020](#)). Este escenario corresponde con las políticas a apoyar en el subcomponente 3.1. de la Matriz de Políticas y el resultado 2.1 de la Matriz de Resultados del PBP. La reducción de la deforestación se logra a costa de reducir la expansión del área agrícola.

Figura 3.2: área forestal escenarios base y NODEFOR (millones de hectáreas)

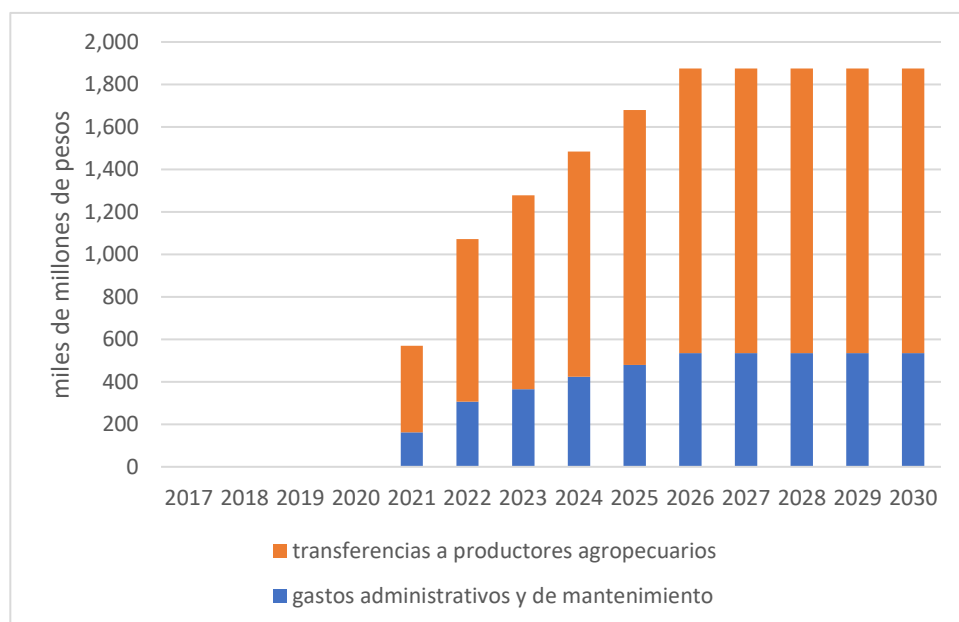


- **CONSERV:** incremento áreas bajo sistemas sostenibles de conservación con aumento de productividad en determinadas áreas agrícolas. Específicamente, simulamos un aumento de 275,492 y 230,697 hectáreas bajo sistemas sostenibles de conservación en 2021 y 2022, respectivamente. En ambos casos, el número de hectáreas se obtiene al comparar la meta del PND (i.e., 1,172,203 y 1,402,900) con los datos sobre avance en el PND (i.e., 896,711 hectáreas en 2020). Las nuevas áreas bajo sistemas sostenibles de conservación se distribuyen de la siguiente forma: conservación (52.6%), restauración (21.5%), manejo forestal sostenible (18.2%), agroforestales (0.6%), silvopastoriles (0.2%), y reconversión

productiva (6.8%). Los efectos esperados sobre productividad se calculan a partir del [“Informe 3. Tecnologías priorizadas, marco institucional e impacto en los indicadores de crecimiento verde a escala nacional y regional para los sistemas productivos priorizados”](#) de la Misión de Crecimiento Verde. En promedio, la productividad agrícola en los sistemas agroforestales, silvopastoriles y de reconversión productiva se incrementa en 7.5%. Las áreas destinadas a conservación y restauración son áreas que, en el escenario base, están asignadas a la producción ganadera. Los costos corrientes y de capital asociados con este escenario ascienden a US\$343.6 millones durante el período 2021-2025 (Proyecciones Marco de Gasto de Mediano Plazo, MGPG 2022-2025, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). Este escenario corresponde con las políticas a apoyar en el subcomponente 3.1. de la Matriz de Políticas y el resultado 2.1 de la Matriz de Resultados del PBP.

- **PSA:** incremento áreas bajo esquemas de pagos por servicios ambientales (PSA) e incentivos a la conservación. En 2019 – último año para el que se cuenta con información sobre PSA en Colombia--, el número de hectáreas bajo PSA era 219,912. En este escenario se introduce un aumento paulatino hasta llegar a 500,000 hectáreas bajo PSA en 2026. En este escenario realizamos el mismo supuesto que Banerjee et al. (2020) y suponemos que cada hectárea destinada a PSA reduce la deforestación también en una hectárea (Banerjee et al., 2020a). Los PSA propiamente dichos se modelan, también siguiendo a Banerjee et al. (2020), como una transferencia desde el gobierno hacia los productores agropecuarios y un incremento del gasto público vinculado con gastos administrativos y de mantenimiento. El costo por hectárea de PSA asciende a US\$1,800. El costo total se muestra en la Figura 3.3. Este escenario corresponde con las políticas a apoyar en el subcomponente 3.1. de la Matriz de Políticas y el resultado 2.1 de la Matriz de Resultados del PBP.

Figura 3.3: costo escenario PSA (miles de millones de pesos)



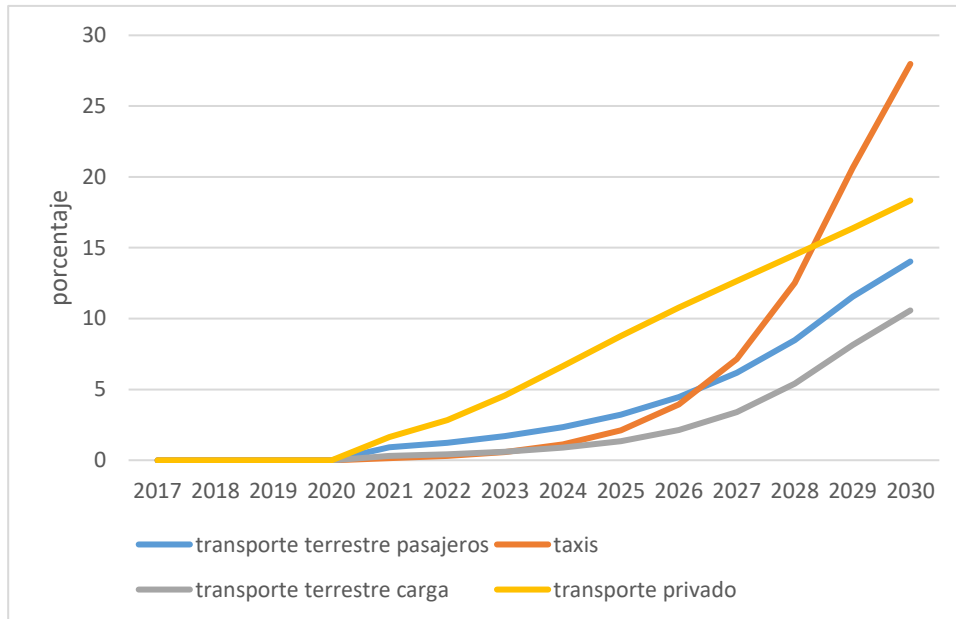
- GANAD:** en este escenario se incluyen elementos del Programa Integral de Reconversión Productiva y Ambiental de la Ganadería (PIRPAG). En particular, consideramos un escenario “pesimista” en el que 273,684 hectáreas dejan de ser empleadas en ganadería extensiva de baja productividad para pasar a pastoreo racional (1/3), sistemas silvopastoriles no intensivos (1/3), y sistemas silvopastoriles intensivos (1/3). El costo por hectárea es COP 2,293,747 o US\$637. El gobierno cubre el 20% de los costos mientras que los productores cubren el resto. Los aumentos de productividad varían entre 114% y 179% para la ganadería de carne, y entre 141% y 262% para la ganadería de leche (Estimaciones Programa Integral de Reconversión Productiva y Ambiental de la Ganadería -PIRPAG-, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Sostenible y CIAT 2021). Ciertamente, se trata de un incremento sustancial de la productividad ganadera. Además, este escenario supone que 12.5% de las hectáreas que cambian de sistema se destinan a conservación. Este escenario corresponde con las políticas a apoyar en el componente 3.2. de la Matriz de Políticas y el resultado 2.2 de la Matriz de Resultados del PBP.
- PLAST:** en este escenario, se simula la introducción de un impuesto a los plásticos de un solo uso. Específicamente, se gravan las ventas del producto de empaques de plástico con

una tasa que, empleando información de cuentas nacionales, generaría una recaudación equivalente a 14 mil millones de pesos. La tasa del impuesto así calculado es 0.2%. El escenario supone que la recaudación del impuesto se transfiere a los hogares y empresas. En cualquier caso, respecto de los demás escenarios, el escenario PLAST tiene efectos que resultan imperceptibles, por su pequeño tamaño. Este escenario corresponde con las políticas a apoyar en el subcomponente 3.4 de la Matriz de Políticas y el resultado 2.4 de la Matriz de Resultados del PBP.

- **TRNSELE:** este escenario simula un incremento de la movilidad eléctrica según proyecciones del Plan Energético Nacional y sus anexos ([PEN 2020-2050](#)). El escenario supone que parte del transporte público y privado se electrifican. Para ello, se introducen cambios en los coeficientes insumo-producto de las actividades de transporte en la base de datos de IEEM. Por un lado, se reduce el coeficiente insumo-producto que representa la utilización de combustibles fósiles por parte de los sectores del transporte. Por otro lado, se incrementa el coeficiente insumo-producto que representa la utilización de electricidad por parte de los sectores del transporte. Los cambios se introducen teniendo en cuenta el volumen de energía que se obtiene de cada insumo energético pero ajustado por las ganancias de eficiencia que se obtienen al pasar a una movilidad eléctrica (ver Banerjee and Cicowiez, 2021; Godínez-Zamora et al., 2020). Este escenario corresponde con las políticas a apoyar en el subcomponente 4.1 de la Matriz de Políticas y el resultado 3.1 de la Matriz de Resultados del PBP.

La Figura 3.4 muestra el porcentaje de vehículos eléctricos que utilizan cada una de las actividades vinculadas al transporte. Las proyecciones del PEN suponen que, para 2030, casi 28 por ciento de los taxis serán eléctricos, un escenario optimista para el país. En este escenario, también suponemos un aumento de la participación de fuentes de energía renovable diferentes de la hidroeléctrica en la matriz energética de Colombia. En particular, se supone que 17 por ciento de la energía eléctrica se obtiene de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables (Gobierno de Colombia, 2020).

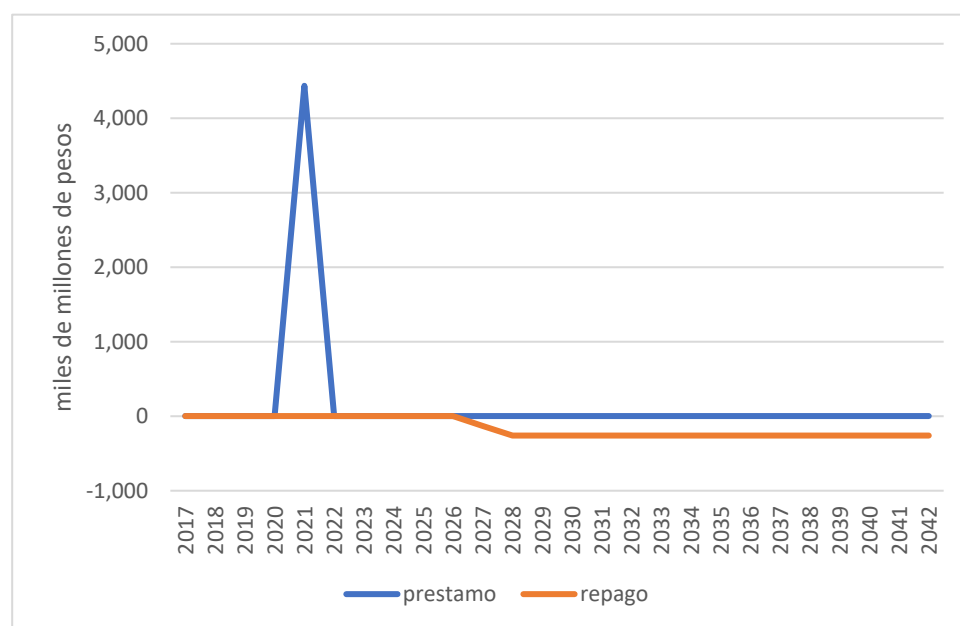
Figura 3.4: participación vehículos eléctricos en actividades vinculadas al transporte (porcentaje)



- CARBON:** introducción de un impuesto a la utilización de carbón mineral. Así, el carbón destinado a la exportación se excluye del impuesto. En particular, se introduce el impuesto de acuerdo con el siguiente cronograma: 20%, 40% y 60% en 2024, 2025 y 2026, respectivamente. Este escenario corresponde con las políticas a apoyar en el subcomponente 2.2 de la Matriz de Políticas y el resultado 1.2 de la Matriz de Resultados del PBP. En particular se fundamenta la expedición de la media de reforma tributaria radicada por el GdC en abril de 2021, la cual contenía un capítulo de impuestos y contribuciones para el ambiente. Este proyecto de Ley fue retirado del Congreso de la República, debido al desarrollo de fuertes protestas sociales, sin embargo, se incluye en el análisis ante la expectativa del GdC de presentar un nuevo proyecto para la expedición de una Ley de Crecimiento Limpio para el segundo semestre de 2021.
- COMBI:** este escenario combina todos los anteriores excepto los vinculados con incrementos de impuestos (i.e., PLAST y CARBON). Además, este escenario incorpora (a) el préstamo del BID por US\$600 millones que se desembolsa completo en 2021, y (b) el cofinanciamiento por US\$625,756,800 también desembolsado completo en 2021. Así, el préstamo total que recibe Colombia asciende a US\$1,225,756,800.

- **COMBIREPAY:** este escenario agrega al escenario COMBI el repago del crédito con el BID. Específicamente, a partir de la segunda mitad de 2027 (i.e., el período de gracia es 5.5 años) y durante un período de 17 años, Colombia devuelve el préstamo de US\$1,225,756,800. Es decir, el período de repago comienza la segunda mitad de 2027 y se extiende hasta la segunda mitad de 2044. La tasa de interés utilizada es 0.246 por ciento anual basada en el LIBOR (ver Figura 3.5). El escenario supone que el gobierno colombiano incrementa sus ingresos corrientes para repagar el crédito del BID. En particular, el préstamo se repaga mediante un incremento de la recaudación tributaria respecto del escenario COMBI.

Figura 3.5: definición del escenario COMBIREPAY (miles de millones de pesos)



3.3. Resultados

En este apartado presentamos resultados para los 9 escenarios descritos más arriba. La Figura 3.6 muestra los cambios en el uso de la tierra para el período 2030. La Figura 3.7 muestra los efectos sobre consumo privado e inversión privada para el período 2021-2030. La Figura 3.8 muestra los efectos sobre varios indicadores macroeconómicos en 2030. La Tabla 3.1 resume los efectos macroeconómicos, incluyendo el impacto de los distintos escenarios sobre los ahorros genuinos de Colombia. La Figura 3.9 muestra los efectos sobre las producciones sectoriales en 2030. La Figura 3.10 se concentra en los efectos sobre la cadena de valor foresto-industrial. La

Figura 3.11 muestra los efectos sobre ahorro genuino (ver Banerjee et al., 2021). La Figura 3.12 muestra los efectos sobre las emisiones de CO₂ originadas en el uso de productos energéticos.

Los cambios en el área forestal resultan directamente de los shocks simulados (ver Figura 3.6). En particular, los escenarios NODEFOR, CONSERV, PSA y GANAD suponen, todos ellos, un incremento del área forestal. En el primer caso, las hectáreas deforestadas se reducen hasta eliminarse en 2030, en términos netos. En el escenario combinado (COMBI), el área forestal es 2.1 millones de hectáreas más grande en que en el escenario base. Además, también se incrementa el área con plantaciones forestales que se explotan comercialmente. Al mismo tiempo, se reducen las áreas agrícolas.

Los resultados macroeconómicos muestran efectos positivos del escenario COMBI sobre indicadores tales como PIB y consumo e inversión privados. Los componentes del escenario COMBI que explican este resultado principalmente son las ganancias de eficiencia que se generan en los escenarios GANAD y TRNSELE. En el primer caso, se incrementan los rendimientos del sector ganadero. En el segundo caso, se reducen los requerimientos energéticos al sustituir vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos. En los primeros tres escenarios, se reduce el área agrícola porque se reduce la tasa de deforestación – recordemos que el escenario base supone que las áreas deforestadas se utilizan en la producción agrícola. Como consecuencia, se generan efectos negativos sobre el consumo privado debido a la reducción en el nivel de producción de las actividades agrícolas.

Además, en el escenario de pago por servicios ambientales (PSA), se impone una carga extra sobre el gobierno que debe financiar transferencias monetarias a los productores agropecuarios y un incremento del gasto público con gastos administrativos y de mantenimiento. Este componente genera un efecto desplazamiento que impacta negativamente sobre la inversión privada y, en consecuencia, sobre la tasa de crecimiento del PIB. En el escenario de conservación (CONSERV), en cambio, las ganancias de productividad vinculadas con la adopción de sistemas de producción agroforestales y silvopastoriles permiten compensar, al menos en parte, la reducción en el área agrícola que genera la reducción de la deforestación. En consecuencia, hacia el final del período de simulación, la caída del consumo y la inversión privados se reduce.

En términos sectoriales, el sector que muestra las ganancias de producción más importantes es el eléctrico. En particular, el escenario que promueve la movilidad eléctrica (TRNSELE) genera,

naturalmente, un aumento de la demanda de electricidad. Al mismo tiempo, se reduce la demanda (y la producción) de refinados de petróleo. En los sectores primarios, vemos reducciones de la producción agrícola que, como dijimos, resulta de la reducción del área agrícola que no logra compensarse con los aumentos de productividad agrícola simulados. Sin embargo, en el caso de la ganadería, y producto de la implementación de sistemas de pastoreo racional y sistemas silvopastoriles en el escenario GANAD, esta caída es sustancialmente menor que en los cultivos.

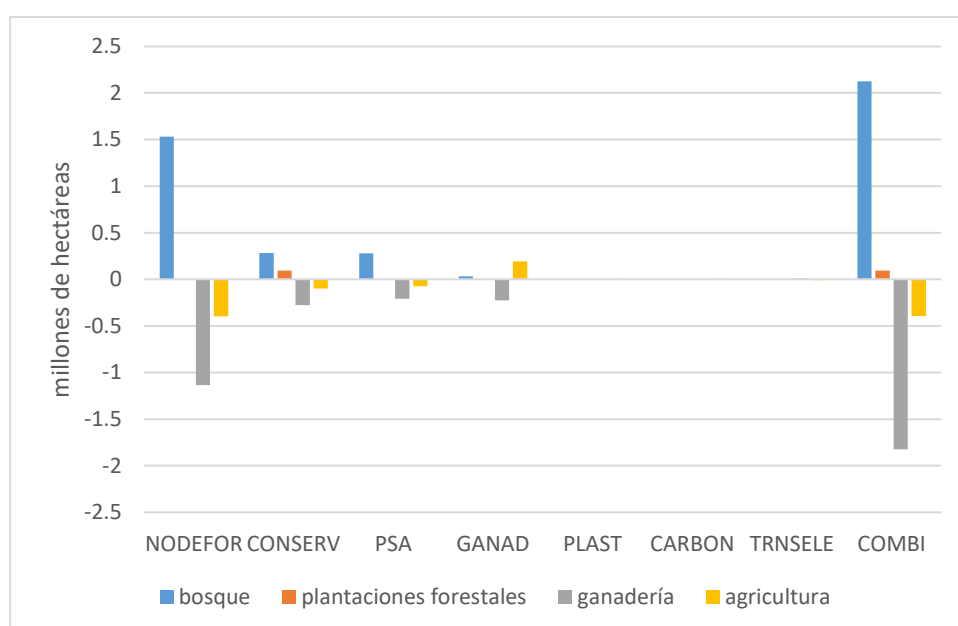
En el caso de la silvicultura, se observan incrementos de la producción que resultan del incremento del área con plantaciones forestales en el escenario de conservación (ver Figura 3.10). Asimismo, y como consecuencia de lo anterior, también se incrementa la producción del sector maderero. En particular, la relación insumo-producto entre silvicultura e industria de la madera, hace que la promoción del sector forestal impacte sobre toda la cadena de valor foresto-industrial (i.e., “aguas abajo”).

La Figura 3.10 compara el crecimiento de la producción de silvicultura y madera con la producción total (ver PIB); como vemos, ambos sectores productivos incrementan sus niveles de producción muy por sobre el promedio. La industria automotriz y los servicios de transporte también incrementan sus niveles de producción en 2030 cuando los comparamos con el escenario base. El incremento de la inversión impacta positivamente sobre el sector de construcciones y, también debido a relaciones insumo-producto, sobre el sector productor de cemento. En general, los servicios muestran incrementos de su producción debido al crecimiento del PIB y del ingreso de los hogares que se registra en el escenario combinado COMBI.

Actualmente, es ampliamente aceptado que el PIB no es un indicador adecuado para la medición del desarrollo económico sostenible (Banerjee et al., 2021, 2020b; HM Treasury, 2020; Lange et al., 2018; Polasky et al., 2015; Stiglitz et al., 2010, 2009). En consecuencia, aquí consideramos los impactos del Programa sobre ahorros genuinos, un indicador de la riqueza que integra los tres pilares del desarrollo económico sostenible (i.e., capital fabricado, capital humana y capital natural). En términos de capital natural, la Figura 3.11 muestra los cambios en la riqueza respecto del escenario base. Como vemos, la reducción de la deforestación y de las emisiones (ver Figura 3.12) tienen efectos positivos sobre este indicador. Es decir, incrementos del área forestal (i.e., menor deforestación respecto del escenario base) y reducciones de las emisiones de CO₂ incrementan el ahorro genuino o, en otras palabras, el stock de capital natural. En particular, los escenarios NODEFOR, CONSERV y TRNSELE son los que más contribuyen a explicar el

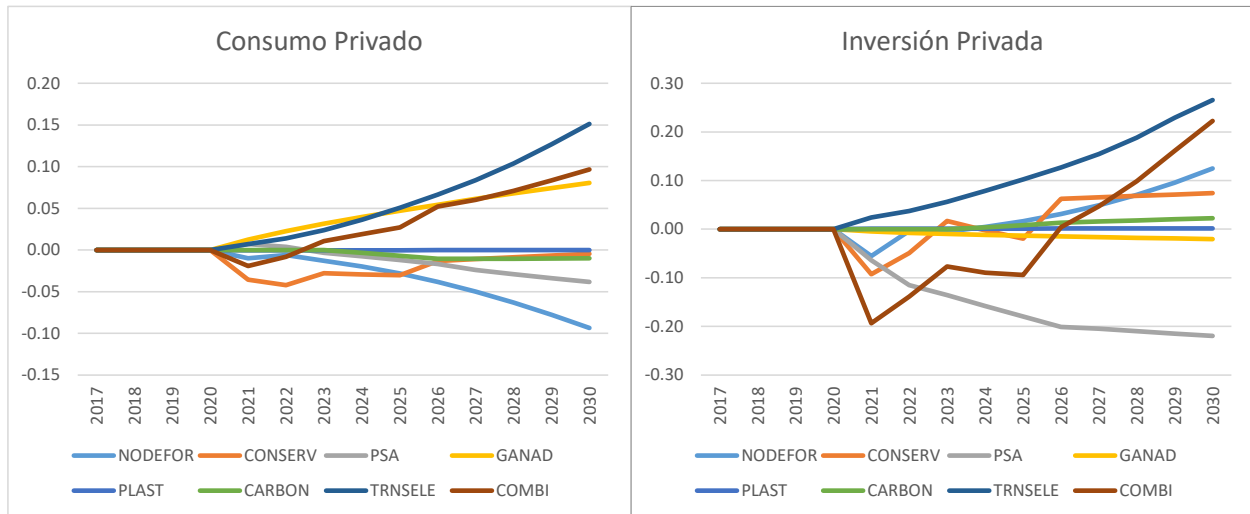
incremento de la riqueza en el escenario COMBI durante el período 2021-2030. En los dos primeros, se reduce fuertemente la deforestación. En el tercero, se reducen las emisiones de CO2 como consecuencia de la adopción de vehículos eléctricos. Por su parte, en el escenario GANAD, las emisiones de CO2 se incrementan como consecuencia del crecimiento que experimentan las producciones de ganadería, cultivos y la industria alimentaria. La reducción de la riqueza en el escenario PSA se explica por la reducción de la inversión privada que se genera por el incremento del gasto público financiado, al menos parcialmente, con impuestos.

Figura 3.6: uso de la tierra (desvío respecto de la base en millones de hectáreas)



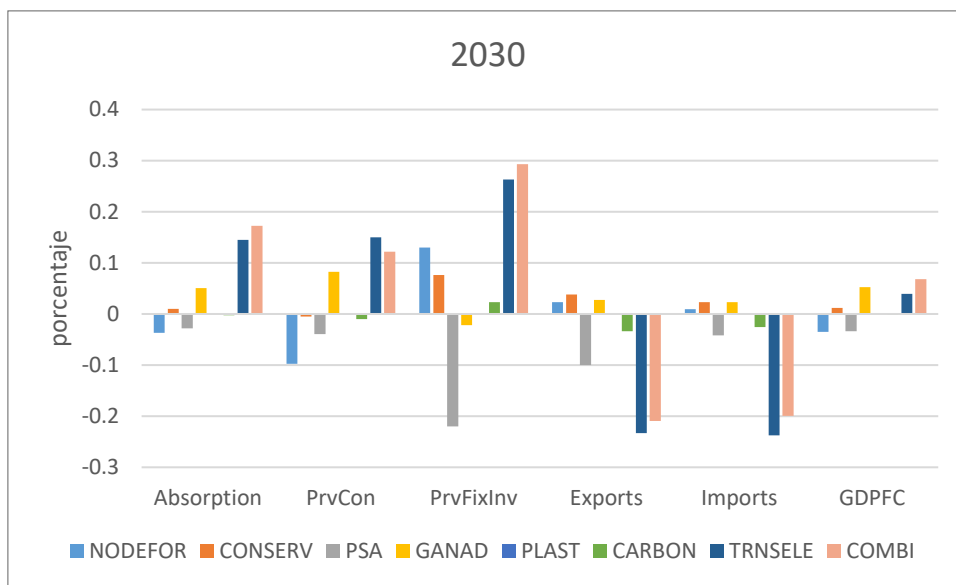
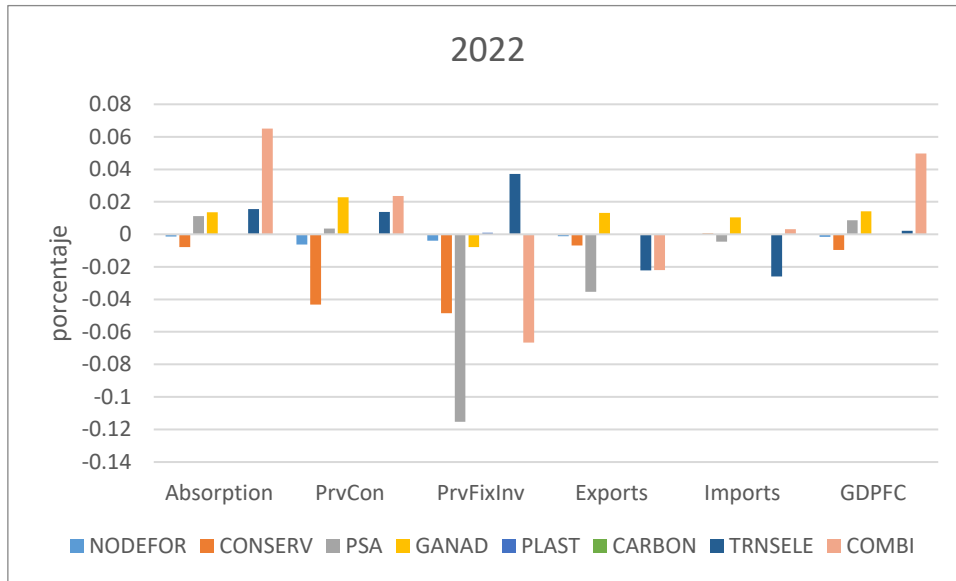
Fuente: estimación de los autores empleando IEEM-COL.

Figura 3.7: consumo privado e inversión privada en 2017-2030 (desvío porcentual respecto a la base).



Fuente: estimación de los autores empleando IEEM-COL.

Figura 3.8: indicadores macroeconómicos en 2022 y 2030 (desvío porcentual respecto a la base)



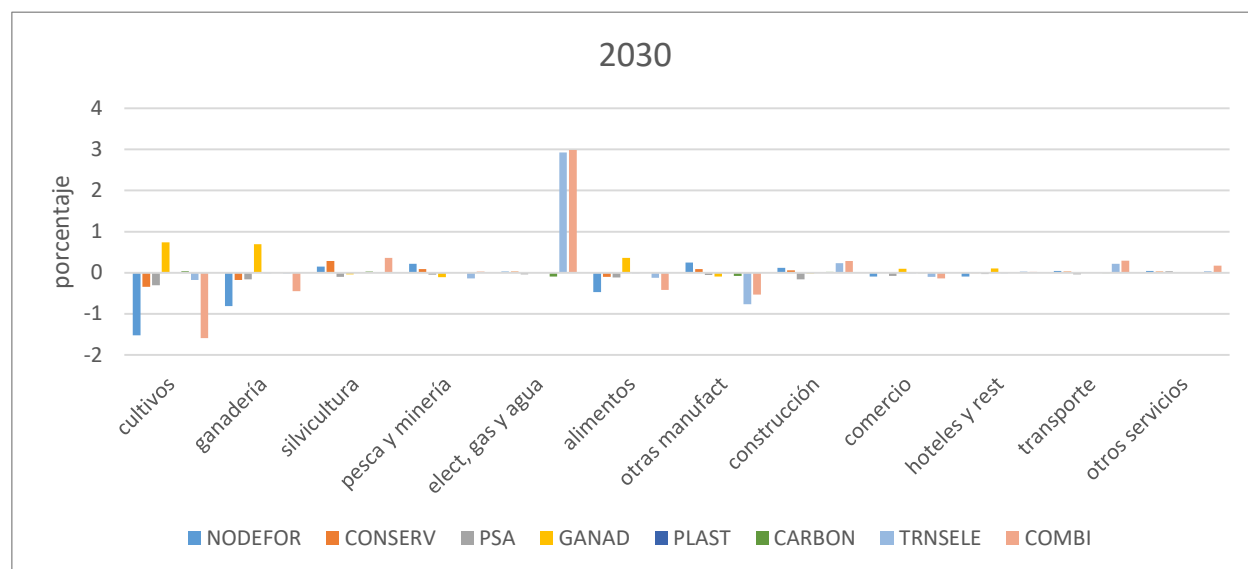
Fuente: estimación de los autores empleando IEEM-COL.

Tabla 3.1: indicadores macroeconómicos en millones de dólares (desvío acumulado respecto a la base 2021-2030)

Item	NODEFOR	CONSERV	PSA	GANAD	PLAST	CARBON	TRNSELE	COMBI
PIB	-511.9	58.7	-326.4	1,043.9	3.4	-61.0	511.4	1,889.0
Ahorro Genuinos	2,475.1	1,248.6	-1,213.4	270.3	5.2	91.6	1,469.9	3,274.5
Consumo Privado	-1,062.9	-484.9	-420.4	1,268.7	-6.0	-165.5	1,761.6	2,673.8
Inversión Privada	250.8	162.8	-1,153.1	-92.7	8.3	72.5	885.8	1,032.8
Exportaciones	-7.7	76.6	-383.8	138.6	0.6	-99.2	-576.1	-1,200.8
Importaciones	-15.6	73.9	-169.5	145.4	-0.1	-102.2	-817.6	17.7

Fuente: estimación de los autores empleando IEEM-COL.

Figura 3.9: producción sectorial en 2030 (desvío porcentual respecto a la base)



Fuente: estimación de los autores empleando IEEM.

Figura 3.10: producción cadena de valor foresto-industrial (silvicultura y madera) en 2030 (desvío porcentual respecto a la base)

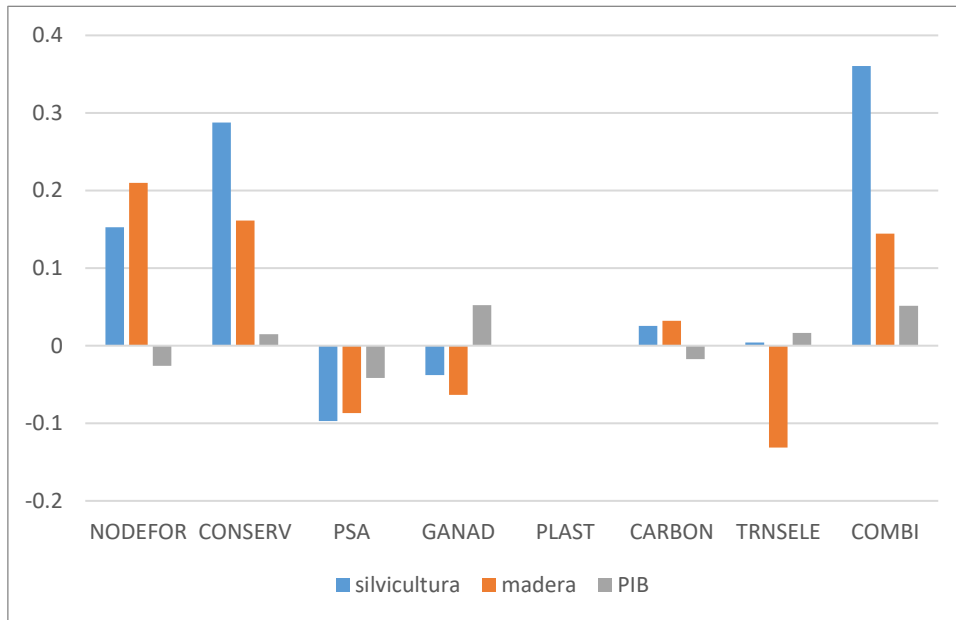
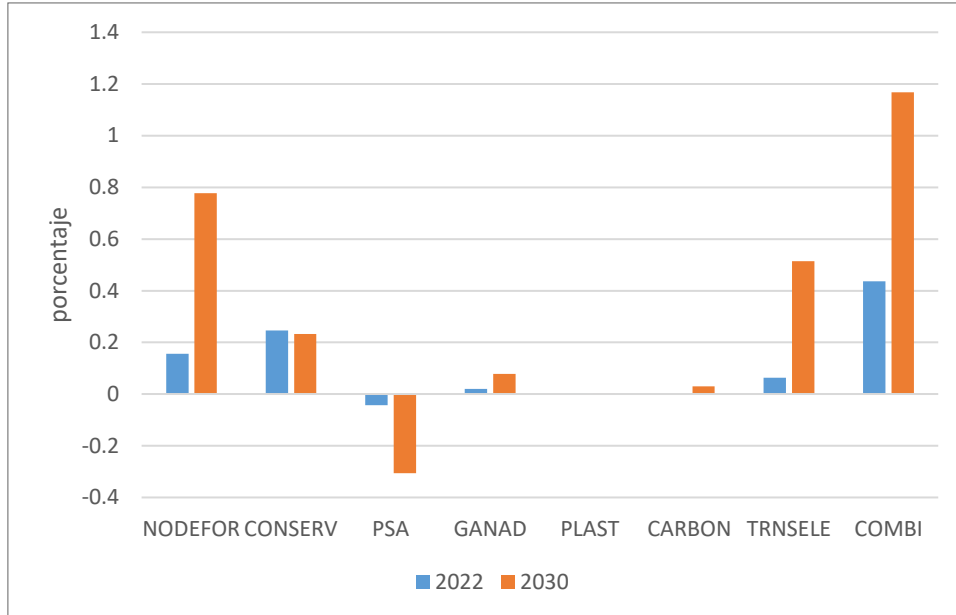
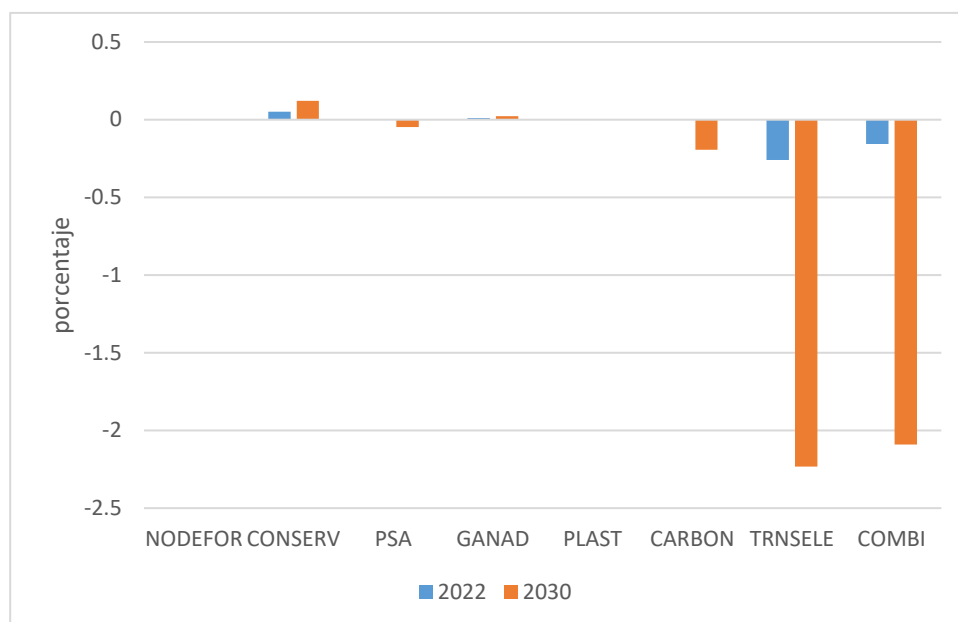


Figura 3.11: ahorro genuino en 2022 y 2030 (desvío porcentual respecto a la base)



Fuente: estimación de los autores empleando IEEM.

Figura 3.12: emisiones de CO2 2022 y 2030 (desvío porcentual respecto a la base)



Fuente: estimación de los autores empleando IEEM.

La Tabla 3.2 muestra el valor presente neto de las políticas simuladas en cada uno de los escenarios. En cada caso, se muestran dos estimaciones. La primera, solo utiliza la variación equivalente para el cálculo del VPN siguiendo al abordaje desarrollado en Banerjee et al. (2019). La segunda, en cambio, suma las ganancias ambientales que se obtienen como descrito en Banerjee et al., (2020b). Para ello, se suman a la variación equivalente los componentes ambientales del ahorro genuino y la riqueza. En particular, consideramos tanto los cambios en el valor del capital natural, área forestal en este caso, como así también los cambios en las emisiones de CO2. En todos los casos, se emplea la tasa de descuento del BID de 12%. El cálculo de VPN se realiza empleando resultados para los períodos 2021-2030 y 2021-2044. En el segundo caso, el período considerado permite incorporar el período de repago del crédito. Como vemos, el paquete de medida evaluado en este documento resultaría ser costo-efectivo. La tasa interna de retorno se estimó 20.9 por ciento a partir de los resultados sobre VPN con repago para el período 2021-2044.

Tabla 3.2a: valor presente neto; solo variación equivalente 2021-2030 (millones de dólares)

	Nominal	GDPshr
NODEFOR	-466.6	-0.16
CONSERV	-321.5	-0.11
PSA	-165.2	-0.06
GANAD	602.5	0.21
PLAST	-3.7	0.00
CARBON	-67.3	-0.02
TRNSELE	788.0	0.27
COMBI	1,608.1	0.56
COMBIREPAY	1,562.4	0.55

Tabla 3.2b: valor presente neto; variación equivalente combinada con efectos ambientales 2021-2030 (millones de dólares)

	Nominal	GDPshr
NODEFOR	434.6	0.15
CONSERV	-183.0	-0.06
PSA	-307.5	-0.11
GANAD	622.8	0.22
PLAST	-3.7	0.00
CARBON	-56.0	-0.02
TRNSELE	921.9	0.32
COMBI	2,333.7	0.81
COMBIREPAY	2,287.9	0.80

Tabla 3.2c: valor presente neto; solo variación equivalente 2021-2044 (millones de dólares)

	Nominal	GDPshr
NODEFOR	-1,590.3	-0.55
CONSERV	-316.6	-0.11
PSA	-525.4	-0.18
GANAD	1,089.1	0.38
PLAST	-3.1	0.00
CARBON	-53.6	-0.02
TRNSELE	2,309.0	0.81
COMBI	2,335.1	0.81
COMBIREPAY	2,113.8	0.74

Tabla 3.2d: valor presente neto; variación equivalente combinada con efectos ambientales 2021-2044 (millones de dólares)

	Nominal	GDPshr
NODEFOR	487.3	0.17
CONSERV	128.5	0.04
PSA	-660.8	-0.23
GANAD	1,114.0	0.39
PLAST	-3.3	0.00
CARBON	-38.6	-0.01
TRNSELE	2,653.6	0.93
COMBI	4,448.4	1.55
COMBIREPAY	4,227.6	1.47

4. Conclusión

En este trabajo, evaluamos la viabilidad económica de varias medidas de política incorporadas dentro del Programa de Crecimiento Sostenible y Resiliencia de Colombia parcialmente financiado a través del proyecto CO-L1264. Para ello utilizamos IEEM, un modelo de EGC desarrollado en el BID que contempla la interacción entre economía y medio ambiente. Los resultados obtenidos muestran que los beneficios del Programa de Crecimiento Sostenible y Resiliencia de Colombia son superiores a sus costos.

Referencias

- Banerjee, O., Cicowiez, M., 2021. Efectos Económicos y Ambientales del Plan de Descarbonización de Costa Rica: Una Aplicación de la Plataforma IEEM al Sector de Energía y Transporte. Inter-American Development Bank Working Paper IDB-WP-01194.
- Banerjee, O., Cicowiez, M., 2020. The Integrated Economic-Environmental Modeling (IEEM) Platform, IEEM Platform Technical Guides: IEEM Mathematical Statement, IDB Technical Note No. 01842. Inter-American Development Bank, Washington DC.
- Banerjee, O., Cicowiez, M., Malek, Ž., Verburg, P.H., Vargas, H.R., Goodwin, S., 2020a. The Value of Biodiversity in Economic Decision Making: Applying the IEEM+ESM Approach to Conservation Strategies in Colombia, Contribution to the Dasgupta Review on the Economics of Biodiversity. Inter-American Development Bank, Washington D.C.
- Banerjee, O., Cicowiez, M., Malek, Z., Verburg, P.H., Vargas, R., Goodwin, S., 2020b. The Value of Biodiversity in Economic Decision Making: Applying the IEEM+ESM Approach to Conservation Strategies in Colombia (Inter-American Development Bank Working Paper). Inter-American Development Bank, Washington D.C.
- Banerjee, O., Cicowiez, M., Moreda, A., 2019. Evaluating the Economic Viability of Public Investments in Tourism. *Journal of Benefit-Cost Analysis* 32, 1–30.
- Banerjee, O., Cicowiez, M., Vargas, R., Obst, C., Cala, J.R., Alvarez-Espinosa, A.C., Melo, S., Riveros, L., Romero, G., Meneses, D.S., 2021. Gross domestic product alone provides misleading policy guidance for post-conflict land use trajectories in Colombia. *Ecological Economics* 182, 106929. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106929>
- Gobierno de Colombia, 2020. Plan Energético Nacional 2020-2050: La Transformación Energética que Habilita el Desarrollo Sostenible. Gobierno de Colombia, Bogotá.
- Godínez-Zamora, G., Victor-Gallardo, L., Angulo-Paniagua, J., Ramos, E., Howells, M., Usher, W., De León, F., Meza, A., Quirós-Tortós, J., 2020. Decarbonising the transport and energy sectors: Technical feasibility and socioeconomic impacts in Costa Rica. *Energy Strategy Reviews* 32, 100573. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100573>
- HM Treasury, 2020. The Dasgupta Review- Independent Review on the Economics of Biodiversity, Interim Report. HM Treasury, London.
- Lange, G.-M., Wodon, Q., Carey, K., 2018. The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future. World Bank, Washington, D.C.
- Polasky, S., Bryant, B., Hawthorne, P., Johnson, J., Keeler, B., Pennington, D., 2015. Inclusive Wealth as a Metric of Sustainable Development. *Annual Review of Environment & Resources* 40, 445–466. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101813-013253>
- Stiglitz, J.E., Sen, A., Fitoussi, J.-P., 2010. *Mismeasuring Our Lives: Why GDP Doesn't Add Up*. The New Press, New York.
- Stiglitz, J.E., Sen, A., Fitoussi, J.-P., 2009. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress (CMEPSP). Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress, Paris.