

Resumen

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA DESCARBONIZACIÓN DE LA ECONOMÍA DE COSTA RICA

Evaluación del
Plan Nacional de Descarbonización
bajo incertidumbre



David G. Groves, James Syme, Edmundo Molina-Perez,
Carlos Calvo, Luis Víctor-Gallardo, Guido Godinez-Zamora,
Jairo Quirós-Tortós, Felipe De León, Andrea Meza Murillo,
Valentina Saavedra Gómez, Adrien Vogt-Schilb

COAUTORES



EN APOYO A



Descargue el estudio completo aquí: [dx.doi.org/10.18235/0002867](https://doi.org/10.18235/0002867)

Este estudio es producto de una colaboración entre el Laboratorio de Investigación de Potencia y Energía Eléctrica (EPERLab) de la Universidad de Costa Rica, la RAND Corporation, la Dirección de Cambio Climático (DCC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual (CC-IGO 3.0 BY-NC-SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial, sea como obra original o como cualquier obra derivada, siempre que se le otorgue el reconocimiento al BID y que las obras derivadas estén sujetas a una licencia que prevea los mismos términos y condiciones que la licencia aplicable a la obra original.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Acerca de RAND Social and Economic Well-Being

RAND Social and Economic Well-Being es una división de RAND Corporation que busca mejorar la salud y el bienestar social y económico de comunidades de todo el mundo. Esta investigación se llevó a cabo en el marco del programa Community Health and Environmental Policy. Dicho programa se centra en temas como infraestructura, ciencia y tecnología, co-construcción de políticas públicas, promoción de la salud comunitaria, migración y dinámica de la población, transporte, energía, y clima y medio ambiente, así como en otras materias de políticas públicas en las que influyen el entorno natural y el construido, la tecnología y las organizaciones e instituciones comunitarias que inciden en el bienestar. [Para obtener más información, envíe un correo electrónico a: \[chep@rand.org\]\(mailto:chep@rand.org\)](mailto:chep@rand.org).

Acerca del EPERLab, Universidad de Costa Rica

El Laboratorio de Investigación de Potencia y Energía Eléctrica (EPERLab) de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica desarrolla herramientas de planificación relacionadas con el nexo entre el clima, el suelo, la energía y el agua, y ejecuta investigaciones de vanguardia relacionadas con la vinculación de dichos factores con la sociedad. Su objetivo es proporcionar soluciones prácticas e innovadoras a los sectores académicos y no académicos mediante el trabajo conjunto con equipos multidisciplinarios y transdisciplinarios que generen alianzas con los sectores público y privado a fin de crear y proporcionar conocimientos rigurosos a distintos públicos. Desde su fundación en 2013, EPERLab ha colaborado con distintos ministerios que prestan apoyo técnico en el diseño de políticas públicas. [Para obtener más información, envíe un correo electrónico a: \[eperlab.eie@ucr.ac.cr\]\(mailto:eperlab.eie@ucr.ac.cr\)](mailto:eperlab.eie@ucr.ac.cr).

Acerca de la Dirección de Cambio Climático de Costa Rica

La Dirección de Cambio Climático de Costa Rica es una oficina del Ministerio de Energía y Medio Ambiente, responsable de la articulación de políticas públicas sobre el cambio climático en el país. Desde su creación en 2010 viene trabajando con la sociedad civil, el sector privado, el mundo académico y otras partes del sector público para descarbonizar la economía de Costa Rica y aumentar la resiliencia de su sector social y económico. [Para obtener más información, envíe un correo electrónico a: \[cambioclimatico@minae.go.cr\]\(mailto:cambioclimatico@minae.go.cr\)](mailto:cambioclimatico@minae.go.cr)

Acerca del Banco Interamericano de Desarrollo

El Banco Interamericano de Desarrollo tiene como misión mejorar vidas. Fundado en 1959, el BID es una de las principales fuentes de financiamiento a largo plazo para el desarrollo económico, social e institucional de América Latina y el Caribe. El BID también realiza proyectos de investigación de vanguardia y ofrece asesoría sobre políticas, asistencia técnica y capacitación a clientes públicos y privados en toda la región. Las opiniones expresadas en esta obra son las de sus autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del BID o de su Directorio Ejecutivo ni de los países que estos representan. [Para obtener más información, envíe un correo electrónico a: \[press@iadb.org\]\(mailto:press@iadb.org\)](mailto:press@iadb.org)

Agradecimientos

Este informe fue escrito por David G. Groves, James Syme, Edmundo Molina-Perez, y Carlos Calvo (RAND); Luis Víctor-Gallardo, Guido Godínez-Zamora, Jairo Quirós-Tortós (EPERLab, Universidad de Costa Rica); Felipe De León (Dirección de Cambio Climático), Andrea Meza Murillo (Ministerio de Ambiente y Energía); y Valentina Saavedra Gómez y Adrien Vogt-Schilb (Banco Interamericano de Desarrollo). El equipo del BID trabajó bajo la supervisión de José Ramón Gómez, representante del BID en Costa Rica, y Graham Watkins, jefe de la división de cambio climático del BID.

Apreciamos la provisión de la Plataforma de Modelación Económico-Ambiental Integrada (IEEM; un modelo de equilibrio general de la economía costarricense) por parte del Banco Central de Costa Rica, mediante una asociación con Onil Banerjee del Banco Interamericano de Desarrollo. Muchas partes interesadas participaron en tres series de talleres y proporcionaron información y retroalimentación por escrito. Agradecemos también a Ana Rita Chacón Araya, Andrea Denzinger, Andrés Pica Téllez, Cristian Salas Parra, Diana Madrigal Barquero, Francisco Alpízar, Giulia Carcasci, Javier Abarca Jiménez, Johnny Montenegro Ballester, Juan Alfredo Rihm Silva, Juan Manuel Murguía, Juliana Salles Almeida, Magda Carolina Correal Sarmiento, Marcela Jaramillo Gil, Mauricio Bayona Pulido, Onil Banerjee, Priscilla Gutiérrez, Rebeca Madrigal, Rodrigo Palma, Rosa Vásquez, Silvia Ortiz Stradtmann, Stephane Hallegatte, Sylvia Larrea y Xiomara González Hernández por sus comentarios y sugerencias. Por último, nos gustaría reconocer la revisión cuidadosa, los comentarios y las sugerencias de nuestros revisores formales: el Dr. León Clark (Universidad de Maryland) y el Dr. Fabían Villalobos (RAND Corporation). Este documento fue traducido a español por Adriana Cantor. Diseño: Orlando Pérez Sunsín. Coordinación editorial: Diego Arguedas Ortiz y Stephanie Altamirano Zeledón.



Acerca de este estudio

El Plan Nacional de Descarbonización propone una serie de acciones organizadas en torno a diez ejes de acción que representan los principales sectores económicos y de infraestructura de la economía, con objetivo de llegar a cero emisiones netas al 2050. Este estudio tiene por objeto informar a los formuladores de políticas públicas de Costa Rica, así como a otras partes interesadas, acerca de los costos y beneficios del Plan Nacional de Descarbonización y de oportunidades para robustecerlo. El presente documento presenta el resumen ejecutivo del estudio, el cual está disponible en su integralidad en español y en inglés en los sitios web de la DCC, del BID y de la RAND.

El estudio es producto de una colaboración entre el Laboratorio de Investigación de Potencia y Energía Eléctrica (EPERLab) de la Universidad de Costa Rica, la RAND Corporation, la Dirección de Cambio Climático de Costa Rica (DCC) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Ha sido financiado por

el fondo de Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático (RG-T2713) y por el Fondo Climático Francés (RG-T3193) del BID. Este estudio está basado y amplía un estudio anterior financiado por el programa de estudios económicos (RG-K1447) del BID que fue realizado en 2019 y en el que se evaluaron los costos y beneficios de la descarbonización únicamente del sector del transporte, que fue publicado en una revista académica.

El marco analítico elaborado para este estudio se irá perfeccionando en futuros proyectos mediante la inclusión de modelos detallados del sector del suelo y el agua, los cuales están siendo desarrollados por la Universidad de Costa Rica, y son utilizados para apoyar la actualización de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de Costa Rica.

Este estudio forma parte de una serie de análisis económicos del Plan Nacional de Descarbonización que está realizando el BID. Otros estudios en desarrollo incluyen un análisis de las opciones para alinear la estrategia fiscal de Costa Rica con los objetivos de descarbonización, una evaluación de las opciones para financiar un pago por servicios ecosistémicos ampliado, y el diseño de un programa de inversión para implementar el Plan Nacional de Descarbonización. Por último, este estudio constituye un valioso ejemplo para otros países e instituciones de desarrollo interesados en evaluar estrategias de descarbonización.

Este estudio tiene por objeto informar a los formuladores de políticas públicas de Costa Rica, así como a otras partes interesadas, acerca de los costos y beneficios del Plan Nacional de Descarbonización y de oportunidades para robustecerlo.

Prólogo

Las crisis sanitaria y económica han revelado las limitaciones de los sistemas de crecimiento actuales. La relación desequilibrada que tenemos con el medioambiente nos expone a pandemias zoonóticas como la de covid-19, y el déficit de desarrollo social hacen que los mismos hogares que enfrentan las mayores dificultades económicas sean los que sufran más de crisis ambientales como esta pandemia. En Costa Rica como en el mundo, hoy la prioridad es detener la pandemia, aliviar su impacto social, y reactivar los motores de la economía.

Pero no podemos regresar a la antigua normalidad. Esta crisis nos da un indicio sobre los impactos que traerá la crisis climática si no cambiamos el paradigma de desarrollo. Debemos avanzar hacia una recuperación sostenible que genere empleos y propicie el crecimiento, pero también que aumente inclusividad, incremente nuestra resiliencia, reduzca las emisiones de gases de efecto de invernadero, y proteja nuestros ecosistemas.

La economía verde, azul y naranja es la manera de salir de esta crisis. La sostenibilidad ambiental puede conllevar beneficios sociales y económicos. El estudio que tiene en sus manos demuestra que la implementación del Plan Nacional de Descarbonización le traerá \$41.000 millones en beneficios netos a la economía de Costa Rica entre 2020 y 2050. Los territorios rurales podrían ser los que más se benefician. La mejora de los rendimientos agrícolas y los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques, como el apoyo al turismo, valen mucho más que las inversiones necesarias para reducir las emisiones en la agricultura y la ganadería y que el valor financiero de la tierra dedicada a los bosques que capturan carbono de la atmósfera al crecer.

En las ciudades, los beneficios de la descarbonización también son mayores a los costos. Los ahorros de energía, la reducción de accidentes, la mejora de la competitividad ligada a la reducción de las presas y la reducción de los impactos económicos de la contaminación del aire sobre la salud compensan con creces los costos inicialmente más altos de cambiarse a vehículos eléctricos y de construir infraestructura para modernizar al transporte público. Las ganancias de eficiencia en la industria y el valor económico de los materiales reciclados son otros beneficios de la descarbonización. El Plan Nacional de Descarbonización no implica un sacrificio económico para Costa Rica. Al contrario: bien ejecutado, puede ser provechoso para todos y todas.

La historia de Costa Rica demuestra que el crecimiento verde es posible. Los esfuerzos de conservación y restauración de ecosistemas en los 30 últimos años son ejemplo en este tema. Además de revertir la deforestación y reducir drásticamente sus emisiones, el país consiguió crear nuevos modelos de negocios para sus agricultores con cultivos que llegan a nichos de altísima calidad y hacer de Costa Rica la destinación símbolo de ecoturismo en la que se volvió.

Ahora la transición hacia una economía con cero emisiones netas tienen que llevarla a cabo también los sectores productivos, las empresas, y la sociedad civil, con el apoyo del gobierno.

Para hacerlo, durante dos años de trabajo con el Banco Interamericano de Desarrollo, hemos facilitado el diseño participativo de estrategias de desarrollo carbono neutral. Empezamos por construir con la Universidad de Costa Rica modelos que permitan cuantificar las visiones de los diferentes sectores en un marco común, aprovechando la experiencia de analistas de la RAND, elegidos entre los mejores internacionalmente. Este esfuerzo facilita que las políticas públicas se beneficien tanto de la ciencia académica y del conocimiento que los actores de cada sector traen a la mesa.

El análisis costo-beneficio presentado aquí fue nutrido de información provista por actores de los sectores energía, transporte, edificaciones, industria, residuos, agricultura y ganadería y bosques. Sin dejar que la pandemia los detenga, discutieron en talleres virtuales los objetivos de desarrollo, más allá de la reducción de emisiones, que el Plan debe traer consigo. Gracias a ellos, nuestros equipos han podido cuantificar los efectos que el Plan trae sobre temas como la descontaminación y descongestión de las ciudades, los servicios ecosistémicos provistos por los sistemas naturales, la productividad de los sistemas agrícolas y la importación de combustibles fósiles.

El año 2020 nos ha planteado retos mayúsculos y los años que vienen serán complejos y difíciles de navegar. La descarbonización ofrece una oportunidad de pensar en un futuro más próspero, más sustentable, más limpio, y en mayor armonía con la naturaleza. Pero este futuro no puede ser impuesto desde arriba: tiene que ser construido por cada persona, cada comunidad, cada empresa, y cada entidad pública. El trabajo presentado aquí contribuye con ideas y ejemplos de cómo los gobiernos y cooperantes internacionales pueden facilitar este proceso.



Carlos Alvarado Quesada

Presidente de la República de Costa Rica

A stylized, handwritten signature in black ink, positioned above a horizontal line.



Andrea Meza Murillo

Ministra de Ambiente y Energía de Costa Rica

A stylized, handwritten signature in black ink, positioned above a horizontal line.



RESUMEN

Costa Rica ha asumido un papel de liderazgo mundial en la descarbonización mediante su Plan Nacional de Descarbonización, el cual tiene por objeto alcanzar cero emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) para 2050 (Gobierno de Costa Rica, 2019). De hecho, prácticamente todos los países del mundo han ratificado el Acuerdo de París, con el objetivo general de estabilizar el aumento de la temperatura global a un nivel muy por debajo de 2 °C, y lo más cerca posible a 1,5 °C (Naciones Unidas, 2015). Este objetivo requiere que los países diseñen planes para alcanzar cero emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) para 2050 y reducir drásticamente las emisiones de otros GEI antes de finales de siglo (BID y DDPLAC, 2019). Lograr la reducción de emisiones de CO₂ es de particular importancia, dado que es el principal GEI y tiene una larga vida atmosférica: una vez emitido, puede permanecer en la atmósfera durante siglos (GIECC, 2018).

El Plan Nacional de Descarbonización establece amplias medidas y objetivos sectoriales para lograr la descarbonización¹ en diez líneas de acción. Los objetivos centrales de esta estrategia son:

- 1. Mejorar el aprovechamiento de los importantes recursos naturales de Costa Rica, específicamente sus recursos de energía renovable hidroeléctrica, solar y eólica que potencialmente pueden proporcionar electricidad limpia a todos los sectores de la economía.**
- 2. Mejorar la eficiencia y el acceso al transporte público.**
- 3. Preservar y mejorar la capacidad de captura de carbono de los abundantes recursos forestales de Costa Rica.**
- 4. Mejorar los procesos para reducir el uso de energía y la intensidad de carbono en edificios, la industria, la agricultura y la ganadería.**
- 5. Recolectar, tratar y reutilizar los residuos líquidos y sólidos.**

Para facilitar estos cambios, el Plan Nacional de Descarbonización establece una amplia gama de reformas políticas e institucionales (Gobierno de Costa Rica, 2019).

Poco más de un año después de la publicación del Plan Nacional de Descarbonización la pandemia COVID-19 golpeó al mundo, infringiendo graves efectos socioeconómicos en las familias y empresas costarricenses. La prioridad inmediata es detener la crisis sanitaria, atender sus repercusiones sociales y reactivar la economía. La buena noticia es que existen oportunidades de recuperación que a su vez pueden abordar muchos de los desafíos sociales, ambientales, políticos y económicos previos a la pandemia COVID-19 (Saget, Vogt-Schilb, y Luu, 2020). Por ejemplo, mejoras en movilidad mediante un sistema de transporte público

¹ En Costa Rica, descarbonización y cero emisiones netas significa que todas las emisiones de GEI (no solo de CO₂) no excedan la captura natural de los bosques.

modernizado, mejoras en las condiciones sanitarias y ambientales gracias a la reducción del uso de combustibles fósiles contaminantes o de aguas residuales no tratadas, y el aumento del empleo en zonas rurales gracias a los esfuerzos de descarbonización en el sector de uso del suelo pueden aumentar la sostenibilidad y la equidad de la economía. Ahora más que nunca, resulta imprescindible comprender mejor los costos y beneficios asociados a la descarbonización a fin de asegurar su alineación con la recuperación económica y el desarrollo que tanto se necesitan.

En este estudio aplicamos una metodología novedosa de toma de decisión bajo incertidumbre profunda para evaluar si la implementación del Plan Nacional de Descarbonización tiene sentido económico para Costa Rica más allá del cumplimiento de sus compromisos internacionales, analizando si los beneficios del plan superan los costos para el país. Si este es el caso, entonces el Plan es aún más digno de una acción colectiva.

Para diseñar el análisis, consultamos con las partes interesadas nacionales que representan a más de 50 agencias gubernamentales, industrias y organizaciones no gubernamentales de Costa Rica para comprender mejor la forma en que la descarbonización interactúa con objetivos de desarrollo sectoriales (apéndice). Creamos un nuevo marco analítico que integra modelos de los sectores de transporte, electricidad, edificios, industria, residuos, agricultura, ganadería y bosques. Dicho marco nos permite estimar las emisiones de GEI en escenarios sin esfuerzos de descarbonización y escenarios con la implementación del Plan.

El marco de modelación estima los costos y beneficios que la implementación del Plan Nacional de Descarbonización traería a Costa Rica como nación. No examinamos en detalle qué costos y beneficios corresponden a un hogar, grupo de ingresos, empresa o agencia gubernamental en particular, sino que nos centramos en el efecto compuesto. Tampoco evaluamos qué instrumentos de política específicos o cambios institucionales serían necesarios para implementar el Plan; en lugar de ello, evaluamos directamente el efecto de las transformaciones sectoriales que figuran en el Plan Nacional de Descarbonización (cuadro 1). Por ejemplo, el Plan contempla que la movilidad en el futuro debería depender más del transporte público y que los autobuses deberían funcionar con electricidad u otras tecnologías cero-carbono.

No realizamos supuestos ni predicciones en lo que respecta a modelos de negocio para autobuses eléctricos o las repercusiones sobre las tarifas que pagan los pasajeros. Más bien mostramos que si Costa Rica implementa estos cambios puede verse beneficiada como nación gracias al ahorro de energía y a la reducción de accidentes y de la congestión vehicular. Esto justifica la importancia de perseguir estos objetivos, y de diseñar modelos de negocio que conduzcan a la adopción de autobuses cero emisiones y distribuyan sus beneficios económicos entre las empresas de autobuses, los usuarios y el gobierno.

CUADRO 1

El Plan es avanzar en todos los sectores hacia cero emisiones netas

Acciones de descarbonización representativas del Plan Nacional de Descarbonización, organizada por sector y por Eje del Plan.

Sectores	Eje del Plan	Acciones
Movilidad y transporte	  	<ul style="list-style-type: none"> - Electrificación de la flota pública y privada. - Conversión del transporte de carga a uno libre de petróleo. - Mayor uso del transporte público y vehículos privados compartidos. - Despliegue del tren eléctrico de pasajeros en la gran área metropolitana. - Estabilización de la flota de motocicletas para 2025, y planificación de su descarbonización. - Infraestructura para recarga de electricidad y abastecimiento de hidrógeno. - Trenes eléctricos para pasajeros y de carga.
Sistema de Electricidad		<ul style="list-style-type: none"> - Lograr y mantener generación 100% renovable del sistema eléctrico - Actualización de los sistemas de transmisión y distribución para apoyar la electrificación de la economía.
Edificios		<ul style="list-style-type: none"> - Electrificación y aumento de la eficiencia energética. - Adopción de prácticas y tecnologías de construcción de bajas emisiones.
Industria		<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de los procesos para reducir el uso de energía. - Electrificación de procesos. - Mejoras en los procesos para reducir las emisiones.
Gestión de residuos		<ul style="list-style-type: none"> - Aumento del reciclaje y el compostaje. - Cobertura completa del sistema de alcantarillado y saneamiento.
Agricultura		<ul style="list-style-type: none"> - Mejores prácticas agrícolas.
Ganadería		<ul style="list-style-type: none"> - Mejoras en la gestión de pastizales y estiércol.
Soluciones basadas en la naturaleza		<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento y aumento de los bosques. - Restauración y protección de las zonas costeras y rurales.

Para incorporar la incertidumbre utilizamos el método de toma de decisiones robusta (Lempert et al., 2003; Groves y Lempert, 2007; Lempert, 2019), que permite el análisis de miles de futuros plausibles para explorar los riesgos y oportunidades asociados con la descarbonización. Como parte de este proceso hemos desarrollado una herramienta interactiva que facilita la discusión con las partes interesadas de los supuestos y resultados del estudio.²

Costos y beneficios de la descarbonización según los supuestos de referencia

En nuestro escenario de referencia, la implementación del Plan Nacional de Descarbonización conduciría a cero emisiones netas de GEI para 2050 y proporcionaría unos \$41 mil millones en beneficios netos en toda la economía de Costa Rica entre 2020 y 2050, descontados a una tasa del 5% anual.³ El Plan Nacional de Descarbonización ahorraría o proporcionaría \$78 mil millones en beneficios, y sus costos serían de unos \$37 mil millones. Existe una gran incertidumbre en torno a estas estimaciones, pero el análisis muestra que, en la gran mayoría de los supuestos plausibles sobre el futuro, el Plan alcanzaría o casi alcanzaría sus objetivos de reducción de emisiones y lo haría con un beneficio económico neto.

Si no se cuenta con un enfoque y una inversión coordinada en materia de descarbonización, las emisiones netas de GEI de Costa Rica podrían aumentar de unos 12 megatones de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en la actualidad

a cerca de 19 MtCO₂e en 2050. Desviar esta trayectoria para llegar a cero emisiones netas al 2050 requerirá una transformación sustancial en la forma en que la economía usa energía y en cómo se utilizan y preservan los recursos naturales. Si Costa Rica implementa con éxito su Plan Nacional de Descarbonización, alcanzaría cero emisiones netas para 2050 (gráfico 1). Las mayores reducciones de emisiones netas se producirían en el sector del transporte, el cual podría ver una reducción de 7,4 MtCO₂e para 2050. También se produciría una reducción significativa en los sectores agrícola, ganadero y forestal, con un total de 6 MtCO₂e. Las reducciones en edificios, industria y residuos suponen una reducción adicional de 5.4 MtCO₂e.

La implementación del Plan Nacional de Descarbonización conduciría a cero emisiones netas de GEI para 2050 y proporcionaría unos \$41 mil millones en beneficios netos en toda la economía entre 2020 y 2050, descontados a una tasa del 5% anual.

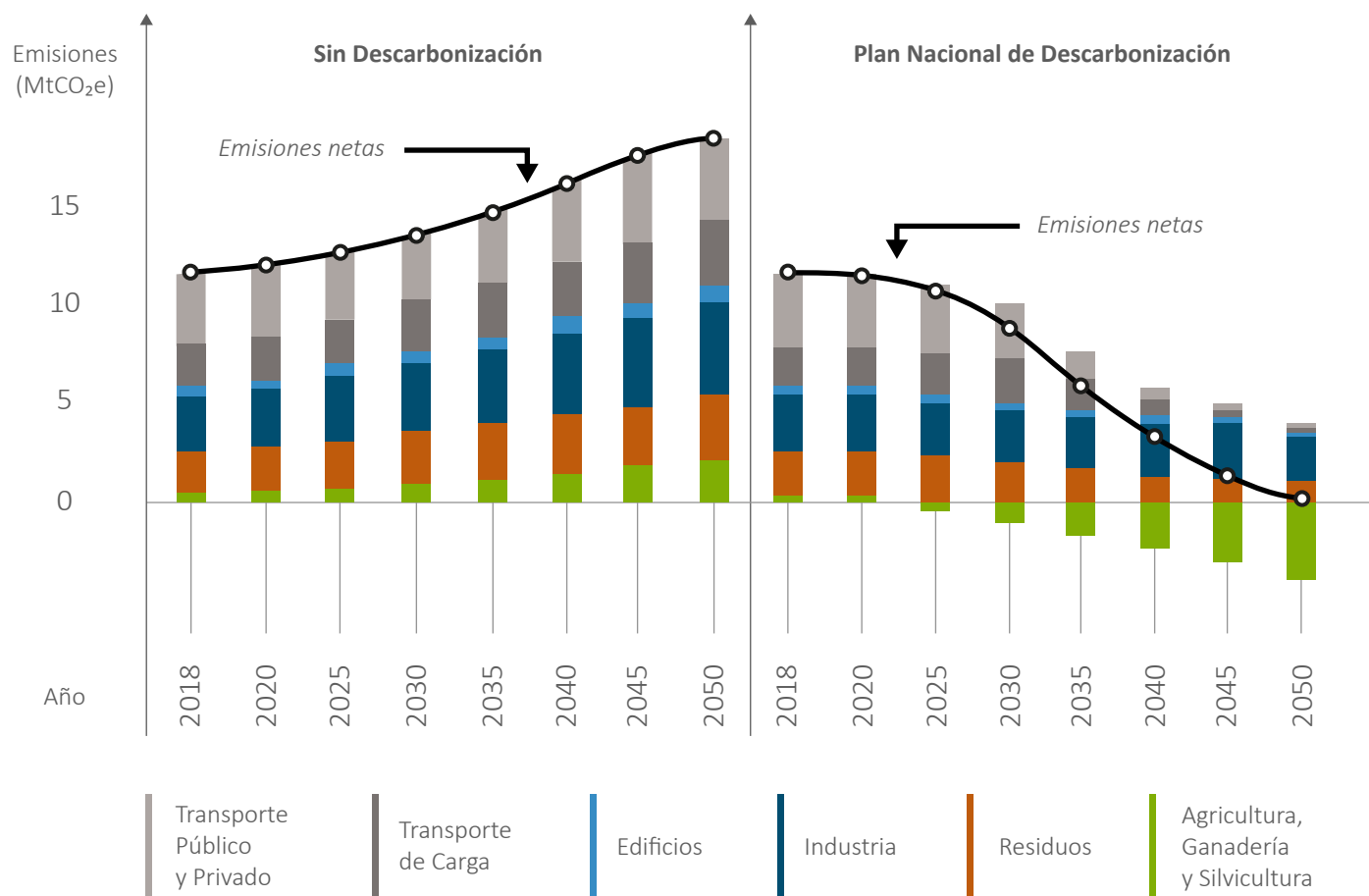
² Se puede acceder a la herramienta interactiva en <https://tinyurl.com/CR-Decarb-CBA>

³ Todos los costos y beneficios se expresan en dólares estadounidenses.
El 5% anual es la tasa sugerida por el Banco Central de Costa Rica.

GRÁFICO 1

Lograr cero emisiones netas requiere reducir fuentes e incrementar sumideros de emisiones

Emisiones de gases de efecto invernadero, por sector, a lo largo del tiempo, sin descarbonización (izquierda) y con la implementación del Plan Nacional de Descarbonización (derecha) según los supuestos de referencia. Las emisiones del sector eléctrico son demasiado pequeñas para aparecer en la gráfica.



Según los supuestos de referencia, la completa implementación de todas las líneas de acción del Plan generaría unos \$41 mil millones en beneficios netos. Los mayores beneficios provienen de acciones que inciden en las emisiones netas del transporte, la agricultura, la ganadería y los bosques (gráfico 2a).

En los sectores de la agricultura, la ganadería y la silvicultura, los servicios ecosistémicos que prestan los bosques, tales como los productos forestales, los beneficios para el agua y el suelo, el apoyo al turismo y al patrimonio cultural, así como la mejora de los rendimientos superan con creces las inversiones necesarias para descarbonizar y el costo de oportunidad de las tierras dedicadas a los bosques, lo que proveería beneficios netos descontados de cerca de \$22 mil millones. El transporte público y privado, junto con el de carga,

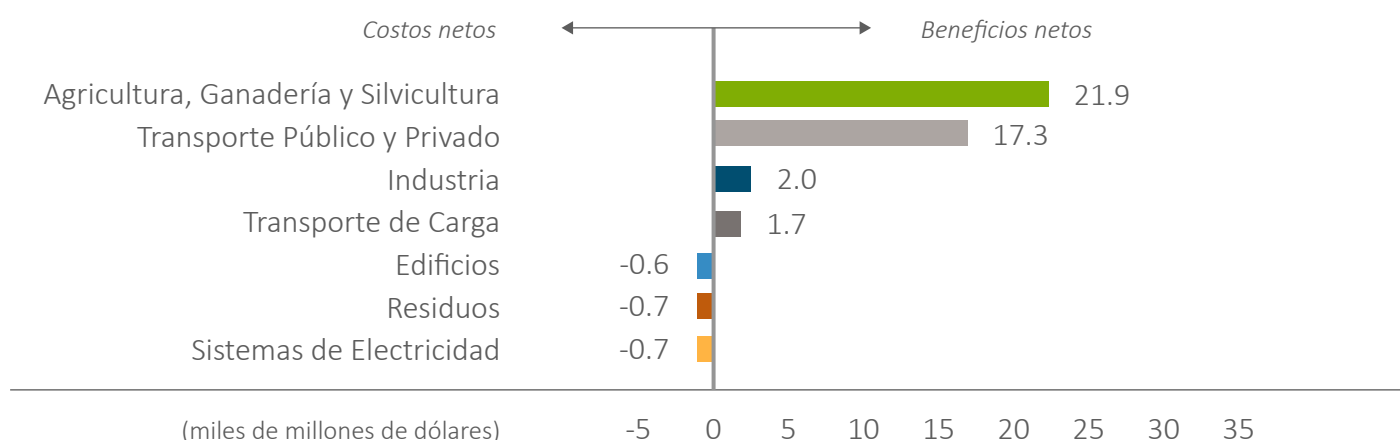
proporcionaría \$19. mil millones en beneficios netos bajo supuestos de referencia, ya que los beneficios económicos derivados del ahorro de energía, el menor número de accidentes, el tiempo ahorrado gracias a la reducción de la congestión vehicular y la disminución de los efectos negativos de la contaminación atmosférica en la salud compensan con creces los costos iniciales más elevados del cambio a los vehículos eléctricos y la construcción de infraestructura para el transporte público (Godínez-Zamora et al., 2020).

El aumento de la eficiencia en la industria y el valor económico de los materiales reciclados y las aguas residuales tratadas dan como resultado un moderado beneficio neto para la industria y los residuos: \$1.3 mil millones en conjunto. El gráfico 2a muestra modestos costos netos para las líneas de acción de electricidad y edificios. Sin embargo, los beneficios de una electricidad más barata se contabilizan en las líneas de acción de transporte, industria y edificios.

GRÁFICO 2a

Rural y urbano: los mayores beneficios vienen de uso de suelo y transporte

Beneficios netos descontados de la implementación del Plan Nacional de Descarbonización según los supuestos de referencia, por línea de acción.

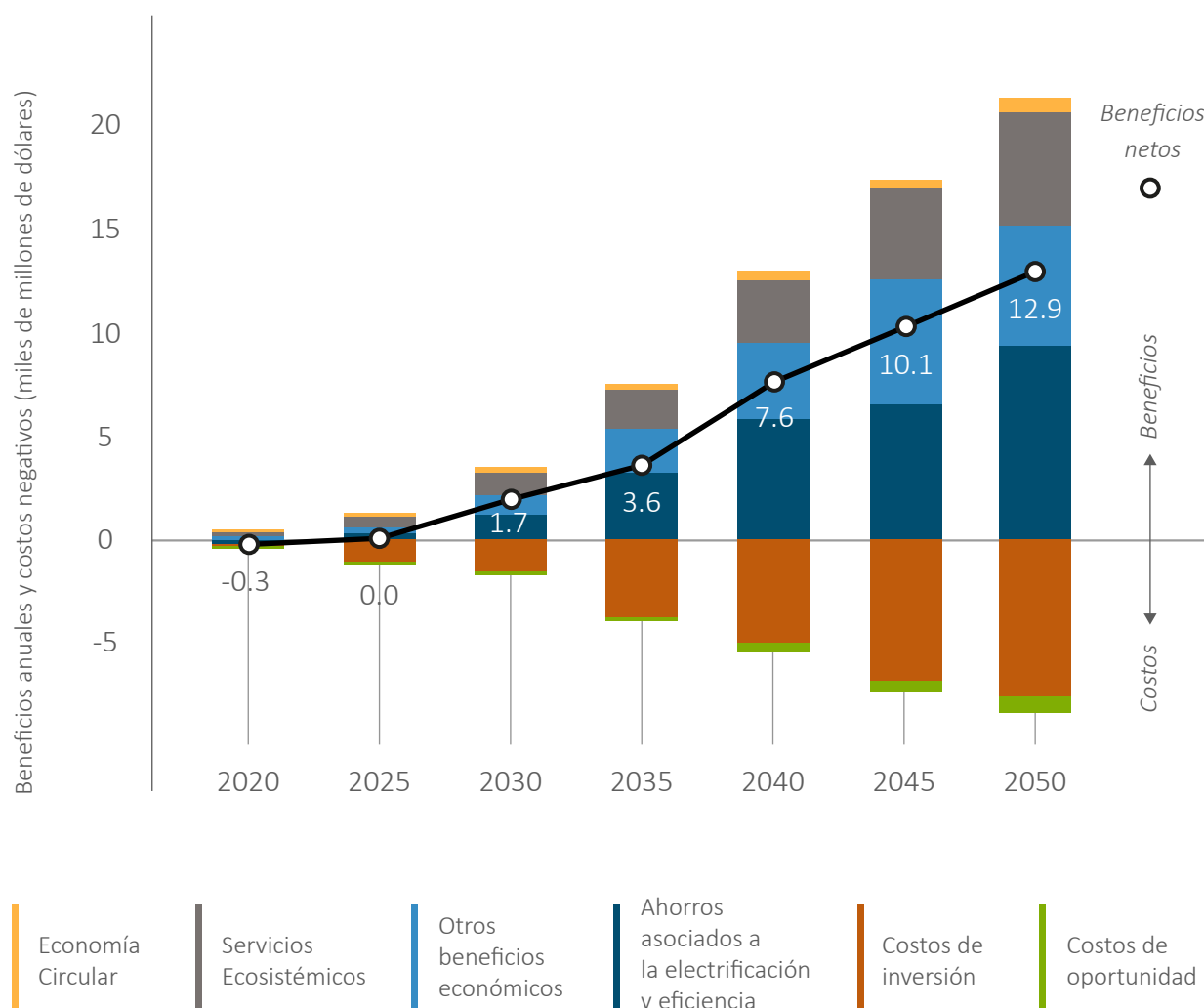


El gráfico 2b muestra los beneficios y los costos a lo largo del tiempo. La categoría más grande de beneficios consiste en los ahorros derivados de la electrificación y la eficiencia energética. Esto incluye la reducción de los costos de combustible en el sector del transporte debido a la adopción de vehículos eléctricos y de hidrógeno y el ahorro de costos energéticos en los sectores de la construcción y la industria gracias a medidas de eficiencia energética. Los servicios ecosistémicos incluyen los productos forestales no maderables, beneficios para la calidad del agua y el suelo asociados a la conservación de ecosistemas, y el apoyo al turismo y al patrimonio cultural suministrado por los mismos. La economía circular incluye los beneficios del reciclaje de materiales y la reutilización de aguas residuales. Los otros beneficios económicos incluyen ahorros en salud y el aumento de la productividad.

GRÁFICO 2b

Una buena inversión: los beneficios de la descarbonización aumentan en el tiempo

Costos y beneficios de la implementación del Plan Nacional de Descarbonización en el tiempo, por categoría.



Para implementar el Plan, Costa Rica incurrirá en costos de inversión y costos de oportunidad. Los costos de inversión incluyen elementos como el costo de los baterías asociados a la movilidad eléctrica y de los buses para mejorar el transporte público, la compra de equipos energéticamente eficientes y la conversión del uso de energía de los edificios en electricidad. Los costos de oportunidad incluyen los relacionados con la conservación de los bosques primarios en lugar de utilizar la tierra para la producción de madera, la agricultura o la ganadería.

La mayoría de los costos y beneficios del plan están relacionados con el sector privado. Por ejemplo, la mayor parte del costo de la implementación de las líneas de acción en materia de transporte corresponden a inversiones necesarias para que los automovilistas adquieran vehículos eléctricos, y los mismos automovilistas son quienes, con el tiempo, se beneficiarán de los menores costos de energía y mantenimiento. Sin embargo, nuestro estudio se centra en los costos y beneficios del plan de descarbonización a nivel nacional.

La distribución de los costos y beneficios del plan entre los actores económicos y a lo largo del tiempo, y en particular el costo fiscal del Plan Nacional de Descarbonización, depende de que instrumentos de política usa el gobierno para implementarlo. Si, por ejemplo, el gobierno subvenciona los vehículos eléctricos para incentivar su adopción, esto haría que parte del costo pasara de los automovilistas a los contribuyentes. Si el gobierno contratara deuda externa para financiar dicha subvención, esto desplazaría los costos de los contribuyentes actuales a los contribuyentes del futuro. Lo mismo cabe decir de los costos asociados con la descarbonización de edificios y residuos. En este estudio no analizamos estas cuestiones de distribución.

El gráfico 3 muestra las emisiones y los beneficios netos por sector. Destaca que unas pocas líneas de acción conducen a grandes reducciones de las emisiones y a significativos beneficios económicos netos— agricultura, silvicultura, ganadería y transporte público y privado. Si bien el desarrollo histórico en esos sectores ha dado lugar a importantes beneficios económicos, también ha tenido repercusiones económicas involuntarias. Por ejemplo, la congestión vehicular, los accidentes de tránsito, y los efectos de la contaminación vehicular sobre la salud hoy suponen costos significativos para la sociedad (aproximadamente \$5 mil millones anuales). Las estrategias de descarbonización para el sector del transporte reducirían tanto las emisiones como estos costos económicos asociados con el transporte. De igual manera, el desarrollo de la agricultura y la ganadería en Costa Rica (y en todos los demás países) ha reducido valiosos servicios ecosistémicos. Las actividades que reducen las emisiones y aumentan su captura, como una mejor gestión de los bosques o una mejor gestión del estiércol, también pueden restaurar muchos de estos servicios ecosistémicos perdidos.

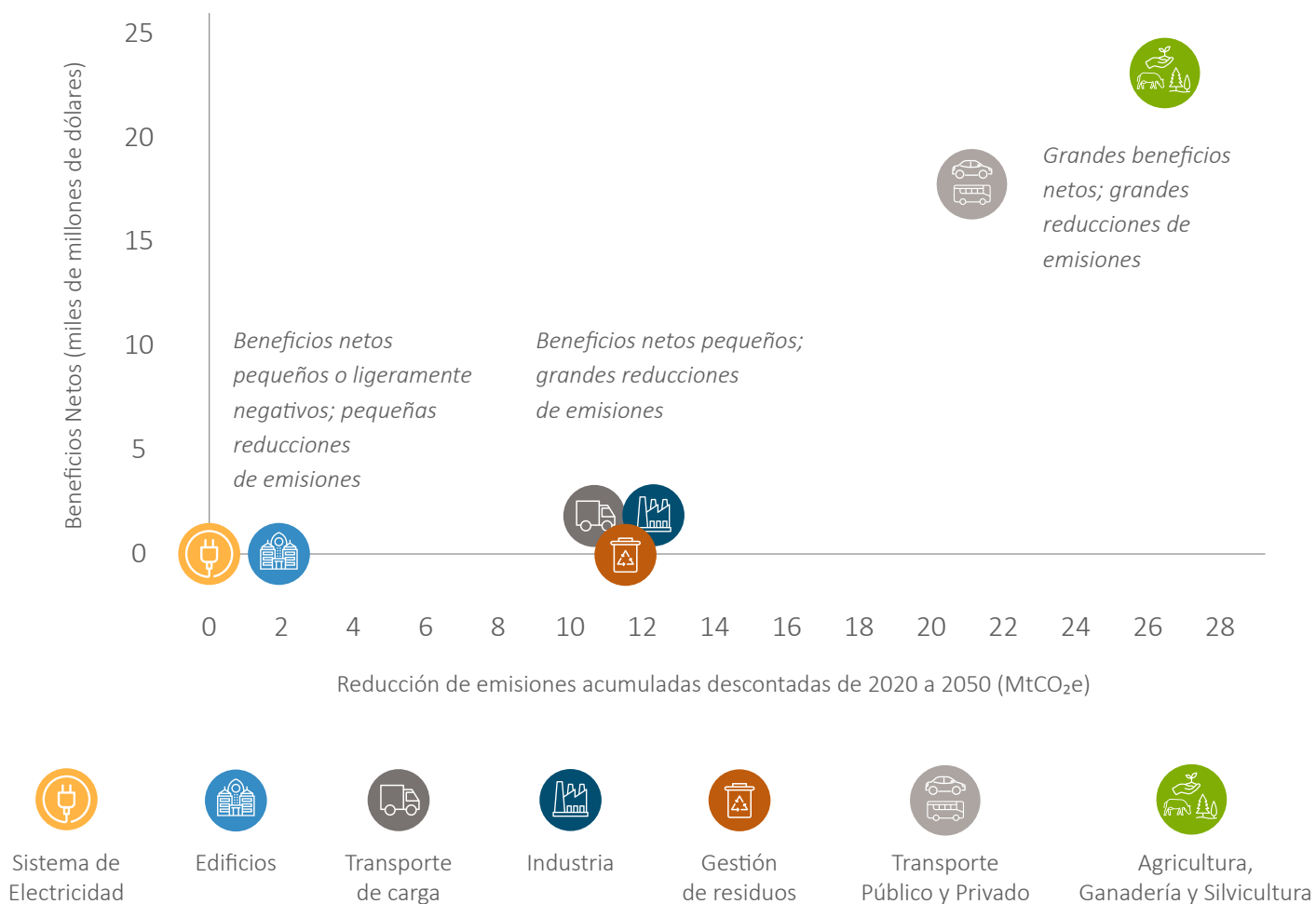
Existe un gran potencial para reducir las emisiones de GEI mediante las líneas de acción del transporte de carga, industria y residuos; y los beneficios son de escala similar a los costos. Por ejemplo, hay beneficios significativos debido a la mejora de la eficiencia económica y a la reutilización de los residuos sólidos y líquidos, pero las inversiones necesarias para lograr esos beneficios también son cuantiosas.

Por último, las medidas de descarbonización en electricidad y edificios darían lugar a reducciones de emisiones mucho menores y a costos netos modestos. Esto se debe al bajo nivel de emisiones que actualmente se asocia a estos sectores y, en el caso de la electricidad, a que consideramos la mayor parte de los beneficios que trae la electricidad renovable en el sector del transporte.

GRÁFICO 3

Los dos esenciales: uso de suelo y transporte dominan tanto en términos económicos como ambientales

Beneficios netos y reducción de emisiones, acumulados y descontados entre 2020 y 2050, por línea de acción.



Maximización de los beneficios de la descarbonización bajo incertidumbre

Un programa de transformación económica de 30 años entraña muchas incertidumbres. Existe incertidumbre acerca de cómo la población y la economía costarricense crecerá y cambiará en las próximas décadas. Existe incertidumbre acerca de la disponibilidad y costos de las nuevas tecnologías necesarias para la descarbonización. Existe incertidumbre acerca del estado y funcionamiento de los vastos recursos forestales

de Costa Rica, que juegan un papel clave en la captura de CO₂. También existe incertidumbre en cuanto a la eficacia del Plan para impulsar los cambios necesarios para descarbonizar.

Exploramos las emisiones y los beneficios netos del Plan Nacional de Descarbonización a través de una amplia gama de diferentes supuestos sobre el futuro. Concretamente, repetimos nuestros cálculos de emisiones, beneficios, y costos para 3.003 futuros plausibles, reflejando diferentes supuestos sobre 300 incertidumbres resumidas en el cuadro 2, y 47 factores adicionales utilizados para estimar los beneficios y costos individuales del Plan. Algunas de estas incertidumbres afectan las condiciones tecnológicas y socioeconómicas subyacentes que impulsan las emisiones- incertidumbres de los impulsores - y algunos afectan la eficacia de las acciones de descarbonización - incertidumbres de la descarbonización.

CUADRO 2

Los futuros que podrían ser.
Incertidumbres evaluadas en este estudio

Para cada uno de los sectores, una serie de elementos deben considerarse en incertidumbre para realizar este análisis.

Sector	Incertidumbres de los impulsores	Incertidumbres de la descarbonización
Todos	Tasa de crecimiento económico	-
Movilidad y transporte	<div>- Demanda de transporte (vinculada al crecimiento económico)</div> <div>- Costo de los combustibles</div> <div>- Costos de infraestructura para la electrificación, cambios de combustible y cambios modales</div> <div>- Costos tecnológicos</div> <div>- Elasticidad de la demanda de los diferentes medios de transporte</div> <div>- Tasas de adopción de nuevas tecnologías</div>	<div>- Crecimiento del transporte público eléctrico y de hidrógeno</div> <div>- Crecimiento del transporte eléctrico privado y de carga</div> <div>- Crecimiento del transporte de hidrógenode carga pesada</div> <div>- Crecimiento de la proporción del transporte no motorizado y del uso del transporte público</div>
Sistema de Electricidad	<div>- Costo de nuevas energías renovables</div>	<div>- Desarrollo de nuevas energías renovables para satisfacer la creciente demanda</div>

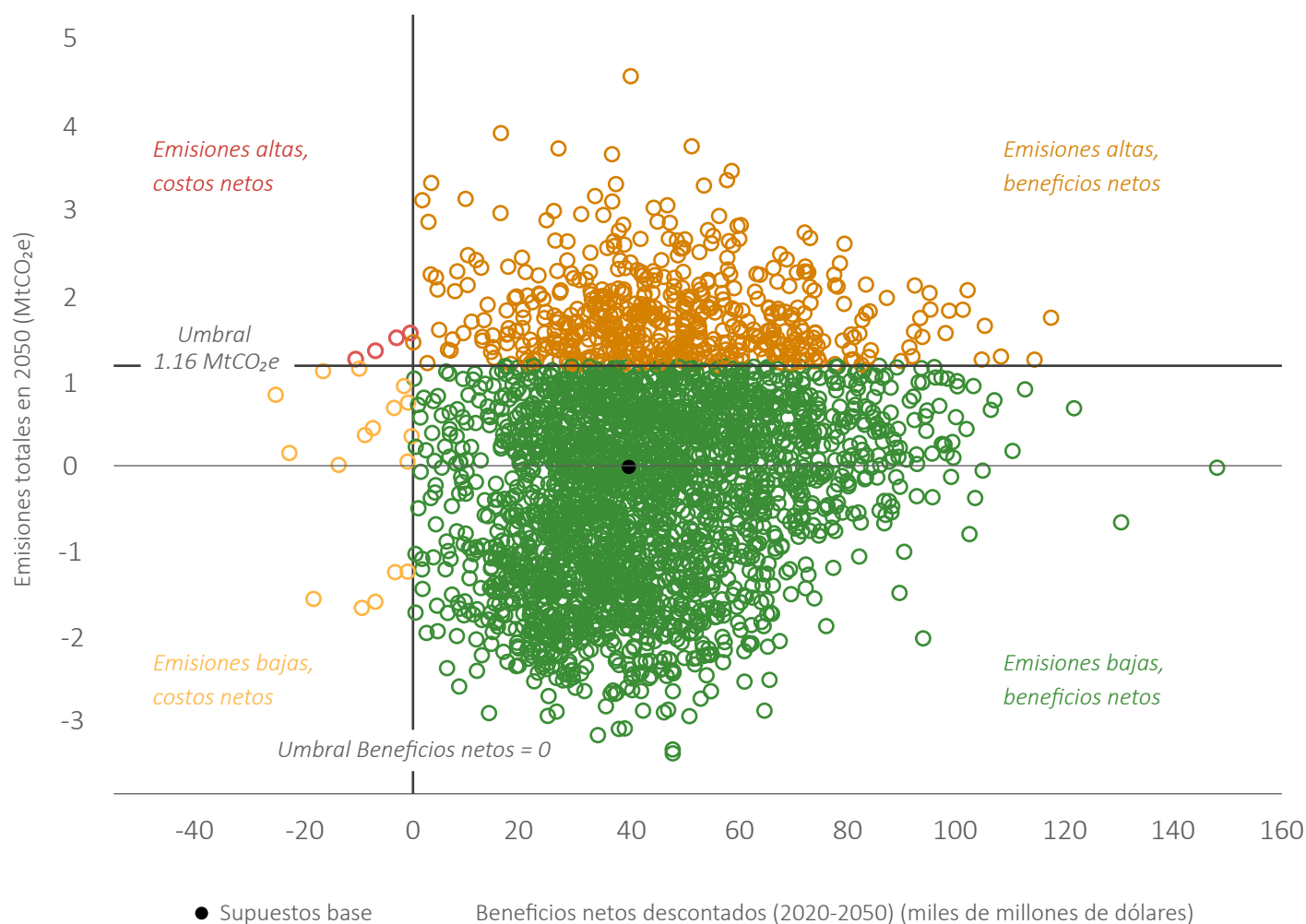
Sector	Incertidumbres de los impulsores	Incertidumbres de la descarbonización
Edificios	<ul style="list-style-type: none"> - Población - Tasas de ocupación de las viviendas - Actividad económica comercial 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de la energía de las viviendas - Porcentaje de electrificación de los hogares - Uso de energía por cantidad de actividad económica - Porcentaje de electrificación comercial
Industria	<ul style="list-style-type: none"> - Producción de cemento y otros productos industriales - Tasas de descarbonización del cemento y otros productos industriales - Valor industrial añadido 	<ul style="list-style-type: none"> - Tasas de descarbonización del cemento y otras producciones industriales (incertidumbre tanto del impulsor como de la descarbonización) - Demanda de energía por valor - Eficiencia del uso de energía no eléctrica - Electrificación de la actividad industrial
Gestión de residuos	<ul style="list-style-type: none"> - Población - Actividad industrial - Residuos per cápita y por valor de la producción industrial 	<ul style="list-style-type: none"> - Proporción de residuos que se reciclan y se convierten en abono - Porcentaje de aguas residuales tratadas - Metano capturado en los vertederos
Agricultura, ganadería y soluciones basadas en la naturaleza	<ul style="list-style-type: none"> - Valor añadido de la agricultura y la ganadería - Cambio en la superficie utilizada para el cultivo y el pastoreo 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia energética en la agricultura y la ganadería - Electrificación de las actividades agrícolas y ganaderas - Cambio en la intensidad de GEI de la producción agrícola - Cambio en las emisiones de GEI proveniente de animales y estiércol - Tasas de deforestación - Cambio en la captura de carbono por bosques húmedos, secos, de palmeras y manglares

Encontramos que, para la gran mayoría de los casos, implementar el Plan Nacional de Descarbonización conduciría a casi cero emisiones netas, y lo haría con beneficios netos positivos (gráfico 4).

GRÁFICO 4

Una excelente apuesta: en todos los escenarios excepto 21 de los 3.003 evaluados, la descarbonización trae beneficios económicos netos

Como resultado de la metodología, el informe generó 3.003 futuros plausibles. Aquí están ordenados según los beneficios (o costos) netos y las emisiones totales en el año 2050. La mayoría de estos cuadrados, marcados aquí de color verde, además están por debajo del umbral de bajas emisiones de 1.16MtCO₂e.



El cuadro 3 resume la distribución de las reducciones de emisiones, los beneficios, los costos y los beneficios netos en los distintos futuros plausibles. Estas distribuciones no deben interpretarse de manera probabilística, sino que sugieren la gama de resultados plausibles para cada línea de acción. Para entender el significado de los rangos calculados de emisiones y beneficios netos para los esfuerzos de descarbonización en Costa Rica, identificamos las condiciones que conducirían a altas emisiones o a beneficios netos bajos.

En el sector transporte, nuestro análisis destaca el riesgo de un crecimiento descontrolado de vehículos privados basados en combustibles fósiles. Incumplir los objetivos del Plan Nacional de Descarbonización en cuanto a la electrificación del parque automotor, la adopción de otras tecnologías cero-carbono y el uso de transporte público en lugar de automóviles personales significaría un aumento de las emisiones de carbono y un empeoramiento de las repercusiones económicas de la contaminación atmosférica, los accidentes y el tiempo productivo perdido en la congestión vehicular—especialmente en los escenarios de un crecimiento económico mayor al tendencial, que traería un crecimiento aún mayor para el sector transporte. Por lo tanto, es crucial que el gobierno desarrolle políticas que apoyen el transporte público, el ciclismo, los desplazamientos a pie y las tecnologías de cero emisiones para el transporte público, privado y de carga. Esto es particularmente cierto si la evolución de los costos de la tecnología en sí no logra ofrecer incentivos suficientes para que los usuarios y las empresas hagan el cambio.

Del mismo modo, nuestro análisis destaca la importancia de reducir las emisiones procedentes de la ganadería y los procesos industriales, en particular si el futuro crecimiento económico se traduce en altos niveles de actividad en estos sectores. Por último, el éxito de la reducción de las emisiones del Plan Nacional de Descarbonización se basa en supuestos sobre el potencial de descarbonización de los bosques. Si el carbono liberado por la deforestación es mayor de lo que evaluamos ahora, entonces las acciones del Plan, tal como las modelamos, pueden no conducir a una captura suficiente para alcanzar cero emisiones netas para 2050.



CUADRO 3

Buenas perspectivas: desempeños económicos y ambientales plausibles del Plan

Rangos de reducción de emisiones, beneficios, costos, y beneficios netos de la implementación del Plan Nacional de Descarbonización, por línea de acción y total, a través de los 3.003 escenarios considerados (primer cuartil; valor en el escenario de referencia; tercer cuartil).

Línea de Acción	Reducción de emisiones para 2050 (MtCO ₂ e)	Beneficios (miles de millones de dólares)	Costos (miles de millones de dólares)	Beneficios netos (miles de millones de dólares)
Movilidad y transporte	4,9; 7,4; 9,4	32,2; 42,9; 51,6	6,7; 23,9; 18,9	15,5; 19,0; 42,2
Sistema de Electricidad	0; 0; 0	0; 0; 0	1,8; 0,7; 3,5	-3,5; -0,7; -1,8
Edificios	0,4; 0,5; 0,6	1,4; 1,8; 2,0	1,9; 4,9; 4,8	-3,1; -0,6; -0,2
Industria	1,8; 2,6; 3,0	3,3; 4,2; 5,1	2,1; 2,1; 3,4	0,6; 2,0; 2,2
Gestión de residuos	2,0; 2,3; 2,5	3,0; 3,5; 3,8	3,9; 4,2; 4,9	-1,4; -0,7; 21,5
Agricultura, ganadería y soluciones basadas en la naturaleza	5,6; 6,0; 6,2	19,4; 25,2; 25,1	3,2; 3,3; 4,0	15,9; 21,9; 21,5
Total	15,5; 18,8; 21,2	62,6; 77,7; 84,6	20,8; 36,8; 36,4	29,7; 40,9; 57,0

NOTA: Estos resultados no implican probabilidades de reducción de emisiones, los beneficios, los costos y los beneficios netos. Los resultados describen la distribución de los resultados en un amplio análisis de los supuestos sobre las condiciones futuras.

La buena noticia es que prácticamente todos los futuros plausibles explorados en este estudio darían lugar a grandes beneficios netos, a pesar de que existe mucha incertidumbre. Es posible reducir parte de esta incertidumbre mediante la mejora de los datos y los modelos, que, en parte, se está llevando a cabo actualmente. La elaboración de estimaciones más precisas de los diversos factores de costo y beneficio reduciría considerablemente la incertidumbre estimada en este análisis. Algunos factores inciertos no se pueden resolver ahora y será necesario monitorearlos.

En general, se espera que sectores como el transporte y la silvicultura aporten grandes beneficios netos. Si los supuestos clave de estas estimaciones no se sostienen, puede ser necesario hacer ajustes para garantizar beneficios netos altos. Por ejemplo, si los beneficios para el ecosistema derivados de las prácticas forestales mejoradas son menores de lo previsto, entonces la búsqueda de más beneficios en otros sectores conexos, como los sectores de la agricultura o la ganadería, puede ser una compensación importante.



Facilitando la descarbonización en Costa Rica y en el mundo

Las conclusiones de este estudio pueden desempeñar un papel importante para asegurar una sólida implementación del Plan Nacional de Descarbonización, logrando el alcance de sus objetivos en un futuro incierto. En nuestro análisis confirmamos qué líneas de acción son más decisivas para el éxito del Plan—transporte y silvicultura—y luego identificamos ciertas condiciones clave necesarias para lograr emisiones netas cercanas a cero con un gran beneficio económico neto. Las conclusiones de este estudio tienden a respaldar la relevancia del Plan Nacional de Descarbonización, demostrando que la reducción de las emisiones también puede dar lugar a importantes beneficios netos para los costarricenses. Esto puede ayudar a atraer apoyo para la inversión inicial y los cambios regulatorios necesarios.

También elaboramos un nuevo marco de modelización que ya está apoyando los compromisos de las partes interesadas a medida que Costa Rica actualiza su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) en virtud del Acuerdo de París, lo que está previsto que se complete en diciembre de 2020. Existen limitaciones importantes en este estudio que podrían mejorarse en los próximos meses y años. Si bien el modelo de los sectores del transporte y la electricidad es bastante avanzado, los modelos desarrollados para representar a los demás sectores son menos sofisticados y pueden ser mejorados.

Por último, este estudio se enmarca en un programa más amplio de investigación y política que informa acerca de la descarbonización a nivel mundial. Este trabajo muestra el valor de abordar el análisis de políticas públicas de manera que (1) sea participativo y aproveche la capacidad analítica y los conocimientos nacionales; (2) traduzca objetivo abstracto de cero emisiones netas para 2050 en acciones específicas a nivel sectorial y a lo largo del tiempo; (3) considere los costos y beneficios socioeconómicos más allá del

impacto de las medidas sectoriales en las emisiones de GEI, y (4) analice la incertidumbre a través de la evaluación de futuros plausibles. Este estudio ofrece ideas y modelos que son valiosos para otros países interesados en la descarbonización, y que pueden inspirar a instituciones de desarrollo a nivel mundial.

En nuestro análisis confirmamos qué líneas de acción son más decisivas para el éxito del Plan—transporte y silvicultura—y luego identificamos ciertas condiciones clave necesarias para lograr emisiones netas cercanas a cero con un gran beneficio económico neto. Las conclusiones de este estudio tienden a respaldar la relevancia del Plan Nacional de Descarbonización, demostrando que la reducción de las emisiones también puede dar lugar a importantes beneficios netos para los costarricenses.

Referencias

BID, DDPLAC, 2019. Cómo llegar a cero emisiones netas: Lecciones de América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo y Deep Decarbonization Pathways for Latin America and the Caribbean.

GIECC- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2018. “Summary for Policymakers.” In Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty, Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Gobierno de Costa Rica, 2019. Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050.

Godínez-Zamora, Guido y Victor-Gallardo, Luis y Angulo-Paniagua, Jam y Ramos, Eunice y Howells, Mark y Usher, Will y De Leon, Felipe y Meza, Andrea y Quirós-Tortós, Jairo, 2020. Decarbonising the transport and energy sectors: technical feasibility and socioeconomic impacts in Costa Rica. De próxima publicación en Energy Strategy Reviews 30.

Groves, David G., and Robert J. Lempert, “A New Analytic Method for Finding Policy-Relevant Scenarios,” Global Environmental Change, Vol. 17, No. 1, February 2007, pp. 73–85.

Lempert, R. J., Popper, S. W., & Bankes, S. C. (2003). Shaping the Next One Hundred Years: New Methods for Quantitative, Long-Term Policy Analysis. Retrieved from RAND Corporation, MR-1626-RPC

Lempert, R. J., Groves, D. G., Popper, S. W., & Bankes, S. C. (2006). A General, Analytic Method for Generating Robust Strategies and Narrative Scenarios. Management Science, 52 (4), 514–528.

Lempert, R. J. (2019). Robust Decision Making (RDM). In Decision Making under Deep Uncertainty.

Naciones Unidas (215). Acuerdo de Paris.

Saget, Catherine, Adrien Vogt-Schilb y Trang Luu. 2020. El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Internacional del Trabajo.

Apéndice

Este estudio está basado en valiosos insumos y retroalimentación que se obtuvieron durante numerosos talleres con partes interesadas, incluyendo las agencias y organizaciones siguientes:

- Acciona Energía
- Asociación Centroamericana para la economía, salud y el ambiente
- Alianza Empresarial para el Desarrollo
- Agencia Francesa de Desarrollo
- Aliarse: Amigos of Costa Rica
- Banco Central de Costa Rica
- Inter-American Development Bank
- Cámara Nacional de Productores de Leche
- Cámara Nacional de Autobuseros
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
- Centro Nacional de Información Geoambiental
- Cámara de Industrias de Costa Rica
- Consejo Consultivo Ciudadano de Cambio Climático
- Ministerio de Comercio Exterior
- Coopesantos: La Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos
- CORFOGA: Corporación Ganadera
- Centro Para la Sostenibilidad Urbana
- Consejo de Transporte Público
- Dirección Cambio Climático
- Dirección Nacional de Resolución Alternativa de Conflictos
- Departamento de Regulación de los Programas e la Salud y Ambiente
- Empresas Berthier EBI de Costa Rica S.A.
- Enel Green Power
- Fortech
- Fundecooperación Para el Desarrollo Sostenible
- Consejo de Construcción Verde de Costa Rica
- Geocycle
- GIZ: a German Development Agency
- Green Building Council – CR
- Instituto del Café de Costa Rica
- Instituto Costarricense de Electricidad
- Instituto Meteorológico Nacional
- Instituto Nacional de Aprendizaje
- Laica
- Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio
- Metalub
- Dirección de Gestión de Calidad Ambiental
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes
- Oficina Nacional Forestal
- Dirección de Gestión de Calidad Ambiental
- Pedal Movilidad Sostenible
- Refinadora Costarricense de Petróleo
- Red de Juventudes y Cambio Climático
- Secretaría de Planificación del Subsector Energía
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación
- South Pole Consultancy
- Tecnológico de Costa Rica
- Universidad para la Cooperación Internacional
- Universidad de Costa Rica
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- Viceministerio de Ambiente
- Viceministerio de Energía



Los líderes mundiales están buscando reactivar sus economías y, al mismo tiempo, preservar el clima y reducir el riesgo de futuras crisis ambientales. El Plan Nacional de Descarbonización de Costa Rica fija el objetivo de alcanzar cero emisiones netas al 2050 y expone una serie de medidas que las agencias del gobierno, el sector privado, y en general los ciudadanos costarricenses tendrán que implementar en toda la economía a fin de lograr la descarbonización. La medida en que la implementación del Plan puede formar parte de un esfuerzo de reactivación económica pospandemia depende de los costos y beneficios socioeconómicos que ese conlleve.

En este estudio, estimamos los costos y beneficios de la implementación del plan de descarbonización, basándonos en consultas con numerosos organismos gubernamentales, industrias y organizaciones no gubernamentales. En nuestro escenario de referencia, la descarbonización aporta 41 mil millones de dólares americanos en beneficios netos a Costa Rica entre 2020 y 2050, usando una tasa de descuento del 5%. En el sector de uso del suelo, la descarbonización da lugar a un aumento de la productividad agrícola y ganadera, mientras una mayor captura de carbono por los bosques genera mayores servicios ecosistémicos, tales como productos forestales no maderables, beneficios para el agua y el suelo, y apoyo al turismo y al patrimonio cultural. En el sector transporte, los beneficios económicos derivados del ahorro de energía, el menor número de accidentes, el tiempo ahorrado gracias a la reducción de las presas y la disminución de los efectos negativos de la contaminación atmosférica en la salud compensan con creces los costos iniciales del cambio a vehículos eléctricos y de la construcción de infraestructura para un transporte público con cero emisiones netas. El ahorro de energía en edificios, el aumento de la eficiencia en la industria y el valor económico de los materiales reciclados y del agua tratada completan nuestras estimaciones.

Reconociendo la incertidumbre sobre el futuro, evaluamos miles de futuros plausibles buscando explorar una gama de posibles rutas de descarbonización y de beneficios netos asociados para la economía costarricense. En todos salvo en 21 de los más de 3 mil futuros plausibles considerados, la implementación del plan de descarbonización da lugar a beneficios económicos superiores a los costos. Nuestros resultados también relevan la importancia de algunos factores para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas, incluyendo las tecnologías de cero emisiones y el cambio modal en el sector del transporte, el aumento de la captura de carbono en el sector forestal y la reducción de las emisiones en la ganadería y los procesos industriales. Este estudio ha contribuido a preparar modelos analíticos y crear capacidad para evaluar las estrategias de descarbonización que serán utilizadas para apoyar la actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Costa Rica— la cual constituye su compromiso con la comunidad internacional en virtud del Acuerdo de París. Nuestro enfoque también puede ser replicado en otros países interesados en analizar las implicaciones económicas de las rutas hacia una prosperidad libre de carbono.

