

MAKING DEVELOPMENT HAPPEN

TRANSICIÓN VERDE Y FORMALIZACIÓN LABORAL EN COLOMBIA

IMPLEMENTACIÓN
REFORMA PRODUCTIVIDAD
DESARROLLO POLÍTICAS
INFRAESTRUCTURAS
COMPETENCIAS ACCESO
EQUIDAD **EDUCACIÓN**
INVERSION AVANCES
BIENESTAR
PERTINENCIA
CALIDAD

Making Development Happen

Volume 7

Transición verde y formalización laboral en Colombia



Las opiniones expresadas y los argumentos utilizados son responsabilidad única de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista oficial de la OCDE, del Centro de Desarrollo de la OCDE ni de sus países miembros.

Tanto este documento como cualquier mapa que se incluya en él no conllevan perjuicio alguno respecto al estatus o la soberanía de cualquier territorio, a la delimitación de fronteras y límites internacionales, ni al nombre de cualquier territorio, ciudad o área.

© Portada diseñada por el Centro de Desarrollo de la OCDE

© OCDE 2023

Prólogo

La edición 15° del informe *Perspectivas económicas de América Latina* (LEO por sus siglas en inglés) se trazó como objetivo analizar a profundidad los desafíos y oportunidades que trae la implementación de una transición verde y justa en la región de América Latina y el Caribe (ALC). El informe explora diferentes acciones de política pública para avanzar sistémicamente en la transición a través de la promoción de una nueva matriz energética y productiva, y la creación de empleos formales de calidad. A su vez, enfatiza la necesidad de continuar con esta transición como una forma de acelerar un nuevo contrato social y reducir las disparidades sociales. Además, el informe incluye recomendaciones sobre cómo la agenda verde internacional podría beneficiar a la región de ALC a través de nuevas alianzas y herramientas para financiar la transición verde.

El presente documento, preparado en el marco de la edición 15° del LEO, tiene como objetivo analizar los posibles efectos que tendrá la transición verde sobre el mercado laboral colombiano y, especialmente, sobre la creación de empleo verde y formal. En los últimos años, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia ha promovido una serie de lineamientos de política pública, medidas regulatorias, y proyectos que buscan hacer frente al cambio climático. Entre ellos, se aprobó la Ley 2169 de 2021, la cual tiene como objetivo establecer metas y medidas mínimas para alcanzar la carbono neutralidad, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono en el país en el corto, mediano y largo plazo, en el marco de los compromisos internacionales asumidos por el país sobre la materia. El análisis a continuación brinda algunos insumos analíticos para el debate y la toma de decisiones de política pública que permitirían asegurar que el impacto neto de la transición verde sobre la creación de empleo verde y formal será positivo en Colombia.

Agradecimientos

El presente documento se elaboró en el marco de la edición 2022 del reporte *Perspectivas económicas de América Latina: Hacia una transición verde y justa*, publicado anualmente por el Centro de Desarrollo de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), la Comisión Europea, el Banco de Desarrollo de América Latina CAF, y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL ONU). Este reporte se elabora en el marco de la Facilidad Regional de la Unión Europea para el Desarrollo en Transición para América Latina y el Caribe.

Este documento se elaboró bajo la supervisión de Sebastian Nieto Parra, jefe para América Latina y el Caribe en el Centro de Desarrollo de la OCDE. El documento fue preparado por Thomas Manfredi (Centro de Desarrollo de la OCDE) y Nathalia Montoya González (Centro de Desarrollo de la OCDE), con la colaboración de Richard Valery Jaimes Bonilla (Laboratorio de Sostenibilidad Empresarial, Pontificia Universidad Javeriana). Camila Ramírez (Centro de Desarrollo de la OCDE) brindó una excelente asistencia de investigación. Igualmente, este documento se ha beneficiado de comentarios y discusiones realizadas con Ricardo Espinoza e Ivan Bornacelly (Centro para las Competencias de la OCDE), el equipo de Cohesión Social del Centro de Desarrollo de la OCDE, y el resto del equipo de América Latina y el Caribe del Centro de Desarrollo de la OCDE. Un agradecimiento especial a los funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, así como de la Delegación de Colombia ante la OCDE, por una revisión anterior a este documento y por el suministro de información necesaria para la preparación de este estudio. La División de Comunicaciones y Publicaciones del Centro de Desarrollo de la OCDE, en especial Delphine Grandrieux, Elizabeth Nash y Melodie Descours, participó en el proceso de diseño y producción. Para la realización de este documento, el cual sirvió de base para la producción del LEO 2022, se contó en parte con recursos otorgados por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

Tabla de contenido

Prólogo	3
Agradecimientos	4
Resumen ejecutivo	8
1 Introducción	9
Lineamientos de política pública para la mitigación y la adaptación en Colombia	14
Alcance y estructura del análisis de los efectos sobre el mercado laboral	15
2 Características de los sectores verdes y marrones en el mercado laboral de Colombia	17
Los diez sectores marrones de la economía colombiana	19
Los diez sectores con mayor potencial verde en la economía colombiana	22
3 ¿Cómo afectaría la transición verde al mercado laboral colombiano?	25
Contracción de los empleos tradicionales en sectores marrones	27
Cambio en las emisiones de GEI por trabajador	27
Cambio en el empleo en sectores marrones	28
Creación de nuevos empleos verdes y reverdecimiento de los empleos marrones tradicionales	32
La transición verde deberá contar con niveles de inversión suficientes para asegurar un impacto positivo sobre la creación neta de empleo formal	33
4 Características de los trabajadores en los sectores verdes y marrones	40
Características de los trabajadores en los sectores marrones y verdes	41
¿Qué tan dinámicos son los sectores marrones y los sectores con potencial verde en la reasignación de trabajadores?	43
5 ¿Qué tan importante es la mejora en competencias para facilitar la transición de trabajadores hacia empleos más verdes?	48
Tendencias del empleo verde calificado en Colombia	49
Mejores políticas para atender la nueva demanda de competencias verdes	50

6 Conclusiones y mensajes principales	53
Referencias	55
Anexo A. Definición de empleos verdes	60
Anexo B. Enfoque metodológico	62
Metodología y limitaciones	62
Escenario sin política	62
Escenarios con política en sectores marrones	63
Escenarios con política en sectores potencialmente verdes	63
Limitaciones	63
Cuadros	
Cuadro 1.1. Actividades económicas emergentes en el marco de la economía verde	12
Cuadro 2.1. Metas en materia de adaptación para sectores marrones	22
Cuadro 2.2. Los diez sectores con mayor potencial verde en 2021	23
Cuadro 3.1. Escenarios del posible impacto de las políticas de mitigación sobre el valor agregado	27
Cuadro 3.2. Equivalencias entre clasificaciones de sectores	30
Cuadro 3.3. Escenarios del posible impacto de las políticas de adaptación sobre el valor agregado	32
Cuadro 3.4. Cambios porcentuales en la creación de empleos en los sectores verdes en 2030, bajo escenario base	34
Cuadro 3.5. Cambios porcentuales en la creación de empleos en los sectores marrones en 2030, bajo un escenario de alto impacto	35
Cuadro 3.6. Metas en materia de adaptación al cambio climático de sectores con potencial de reverdecimiento	35
Cuadro 3.7. Metas en materia de medios de implementación	38
Cuadro 5.1. No todas las transformaciones en el marco de la transición verde requerirán un cambio fundamental en las competencias usadas en las ocupaciones	50
Gráficos	
Gráfico 1.1. Colombia enfrenta grandes desafíos en materia de adaptación dada su alta vulnerabilidad, mientras que cuenta con una ventaja comparativa en materia de mitigación	10
Gráfico 1.2. Impactos del cambio climático en los mercados laborales	11
Gráfico 1.3. Participación por módulo y subcategoría en las emisiones totales de GEI, 2018	16
Gráfico 2.1. En la última década, la economía colombiana ha intensificado sus emisiones y los sectores productivos no están convergiendo a la carbono-neutralidad	18
Gráfico 2.2. Los diez sectores con mayor intensidad de emisiones, o “sectores marrones”, generan más del 80% de las emisiones del aparato productivo en Colombia	19
Gráfico 2.3. Si bien los diez sectores marrones emplean casi al 11% de la fuerza laboral, existe gran heterogeneidad entre ellos en cuanto a las intensidades de emisiones por trabajador	20
Gráfico 2.4. Si bien los sectores marrones generan la mayoría de las emisiones de la economía, el crecimiento del resto de los sectores ha venido acompañado de más emisiones	21
Gráfico 2.5. Varios de los sectores potencialmente verdes dependen de los insumos producidos por los sectores marrones	24
Gráfico 3.1. Impacto indirecto de las políticas medioambientales	26
Gráfico 3.2. Una reducción de las emisiones deberá traer una reducción en la intensidad de las emisiones de CO ₂ por trabajador en sectores marrones a 2030	28
Gráfico 3.3. Una reducción en las emisiones deberá traer un descenso en los empleos tradicionales en sectores marrones a 2030	29
Gráfico 3.4. Cambio de empleo en Colombia, utilizando los sectores del IPCC	31
Gráfico 3.5. La estrategia de mitigación y adaptación creará nuevos empleos en sectores potencialmente verdes	33

Gráfico 4.1. A pesar de que Colombia ha mejorado el nivel de educación de su fuerza laboral, la participación de las mujeres se ha mantenido baja	41
Gráfico 4.2. Los empleos verdes tienen trabajadores con más edad que otros sectores, mayor experiencia laboral y nivel de educación, mayor probabilidad de ser hombres y menor probabilidad de ser informales	43
Gráfico 4.3. Rotación de trabajadores en sectores marrones y verdes	44
Gráfico 4.4. Salarios de los sectores verdes, de los sectores marrones y del resto de la economía	45
Gráfico 4.5. El mayor nivel educativo y la menor informalidad de los trabajadores juegan un papel importante en la determinación de las primas salariales en los sectores verdes y marrones	46
Gráfico 4.6. Mientras los sectores con potencial verde han creado empleos en la última década, varios sectores marrones han destruido empleos	47
Gráfico 5.1. El crecimiento del empleo será diferente entre trabajadores con niveles de cualificación baja, media y alta	49
Gráfico A A.1. La mayoría de los empleos de la economía colombiana son neutrales, con poca variación a lo largo del tiempo	61

Recuadros

Recuadro 1.1. Definiciones clave	13
Recuadro 1.2. Metas y medidas mínimas para avanzar hacia la carbono-neutralidad y la resiliencia climática	14
Recuadro 3.1. Proyección de la evolución del empleo como resultado de la política ambiental utilizando una contabilización alternativa de las emisiones	30
Recuadro 3.2. Impacto de las políticas públicas para reducir la deforestación	37
Recuadro 5.1. Previsión sistemática de las nuevas demandas de competencias verdes	51

Resumen ejecutivo

Al igual que en el resto de los países de América Latina, la transición verde traerá grandes desafíos en Colombia, pero también la oportunidad de construir un nuevo modelo de desarrollo que sea más sostenible, inclusivo y que genere mayor valor agregado. Por un lado, este proceso involucrará la transformación del aparato productivo y, en particular, la renovación de varios sectores económicos para mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por otro lado, la transición verde demandará la creación de nuevas prácticas en materia de adaptación para fortalecer la resiliencia del país ante eventos climáticos extremos. La aprobación de la Ley 2169 de 2021 en Colombia se une a una serie de esfuerzos del país para impulsar el progreso de la transición verde y hacer frente al cambio climático. Esta ley tiene como objetivo promover el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono-neutralidad y resiliencia climática. Anticipar las futuras disrupciones en el mercado laboral como consecuencia de la transformación del aparato productivo a lo largo de la transición verde es clave para asegurar que dicha transición no solo sea sostenible sino también justa e inclusiva.

El presente documento analiza los posibles efectos de la transición verde sobre la creación de empleo verde y formal en Colombia. A lo largo del análisis, se denominan sectores marrones a los diez sectores de la economía que generan más emisiones de GEI por unidad de valor agregado. Por el contrario, los sectores productivos con mayor potencial de contribuir a los objetivos de mitigación y adaptación se identifican como sectores potencialmente verdes. Por un lado, se espera que la estrategia de mitigación de las emisiones de GEI provoque una desaceleración del crecimiento del valor agregado en sectores marrones y, por lo tanto, de la generación de empleo en dichos sectores. Por otro lado, se espera que la implementación de la estrategia de mitigación y adaptación fortalezca el crecimiento de los sectores verdes emergentes y cree nuevos empleos verdes y formales. Los resultados del análisis sugieren que, en un escenario de Colombia en 2030 en el cual se cumple la meta nacional de mitigación de GEI, asumiendo que se mantiene una tasa anual de reducción de las emisiones de GEI en sectores marrones del 5% con respecto al año base (2019), y asumiendo también que los sectores verdes contarán con un punto porcentual adicional en sus niveles de inversión, la creación neta acumulada de empleo verde y formal podría ser positiva en 2030.

Estos resultados reafirman que la descarbonización de los sectores marrones debe estar acompañada de niveles de inversión adecuados en sectores potencialmente verdes, tanto pública como privada, tanto en capital humano como en físico, para mitigar las posibles disrupciones que la descarbonización generaría en el mercado laboral. La inversión en sectores potencialmente verdes, a su vez, podría contribuir a los esfuerzos por incrementar la formalización laboral en el país, teniendo en cuenta que los empleos verdes son, en general, más formales que en el resto de la economía. Finalmente, teniendo en cuenta la estructura actual de las competencias de los trabajadores informales y formales, este documento presenta algunas bases para el análisis de las competencias necesarias para acompañar la transición de trabajadores hacia empleos más verdes.

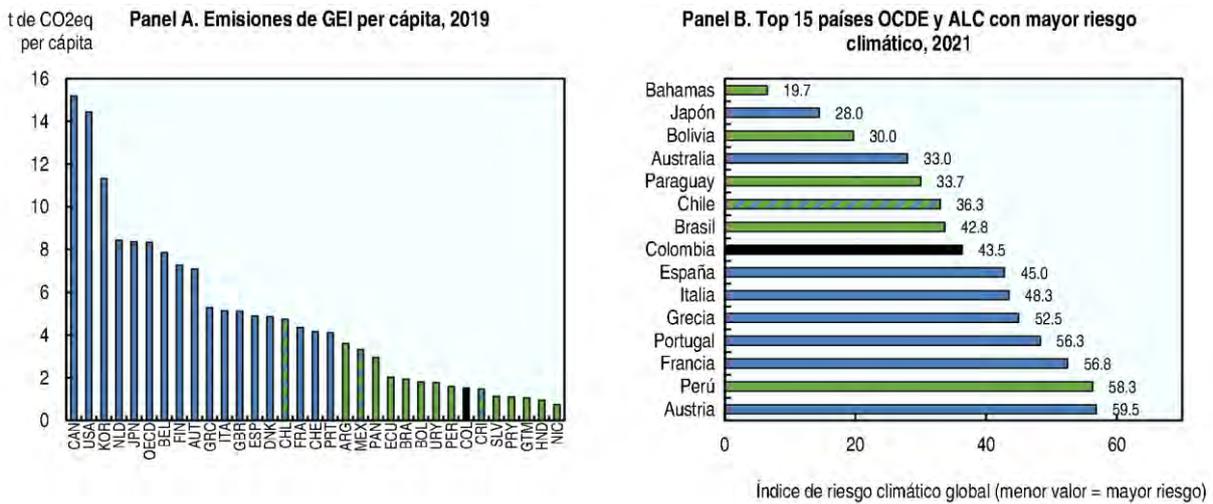
1 Introducción

Colombia enfrentará grandes desafíos en los próximos años para hacer frente al cambio climático. Impulsar la transición verde demandará una movilización importante de recursos y acciones que permitan progresar hacia los objetivos de desarrollo sostenible. Colombia definió recientemente una serie de metas y medidas mínimas en materia de mitigación de las emisiones de GEI y de adaptación al cambio climático. Los efectos de la transición verde sobre el mercado laboral, tanto directos como indirectos, serán mixtos. Atender las disrupciones en el mercado laboral es clave para asegurar que la transición verde sea también justa e inclusiva. Por este motivo, la anticipación de dichos efectos para el diseño de mejores políticas públicas es fundamental, especialmente para acompañar a los trabajadores a lo largo de las transformaciones del aparato productivo.

La región de América Latina y el Caribe (ALC) atravesó la mayor desaceleración económica de los últimos dos siglos como consecuencia de la crisis producida por la pandemia del COVID-19, registrando una caída del producto de cerca del 7.0% y un deterioro de varios indicadores sociales relativos a la pobreza, la desigualdad y el empleo (OCDE et al., 2021^[1]). La recuperación económica registrada en 2021 no consiguió revertir completamente los retrocesos provocados por la pandemia. En 2021, la informalidad laboral se situó por encima de su nivel de 2019, acentuándose en particular entre trabajadores jóvenes. El periodo de recuperación actual está además enmarcado en un complejo contexto económico, que incluye una elevada inflación, un incierto panorama internacional relacionado con la guerra en Ucrania, y la retracción de los estímulos fiscales y monetarios desplegados durante la pandemia. El recrudecimiento de los eventos climáticos extremos como consecuencia del calentamiento global se suma a desafíos socioeconómicos persistentes clave, como es el caso de la formalización laboral (OCDE et al., 2022^[2]).

Hacer frente al cambio climático traerá consigo grandes desafíos para el aparato productivo, para la política fiscal, para los mercados laborales y para las sociedades en su conjunto. La implementación de políticas públicas para la mitigación de las emisiones de GEI generará disrupciones en el aparato productivo, especialmente en los sectores económicos que generan más emisiones. En materia de emisiones totales de GEI, Colombia actualmente cuenta con una ventaja comparativa considerable frente a la mayoría de los países OCDE, e incluso frente a varios países de ALC. Mientras en Colombia sumó apenas 1.53 toneladas de CO₂e per cápita en 2019, el promedio en países OCDE fue de 8.34 toneladas de CO₂e per cápita. En el mismo año, las emisiones en Colombia también contrastan con las de otros países de ALC como Chile (4.75), Argentina (3.61) y México (3.33) (ver Panel A Gráfico 1.1). Colombia deberá también implementar medidas de política pública para frenar la degradación de sus ecosistemas y biodiversidad (OCDE, 2022^[3]).

Gráfico 1.1. Colombia enfrenta grandes desafíos en materia de adaptación dada su alta vulnerabilidad, mientras que cuenta con una ventaja comparativa en materia de mitigación

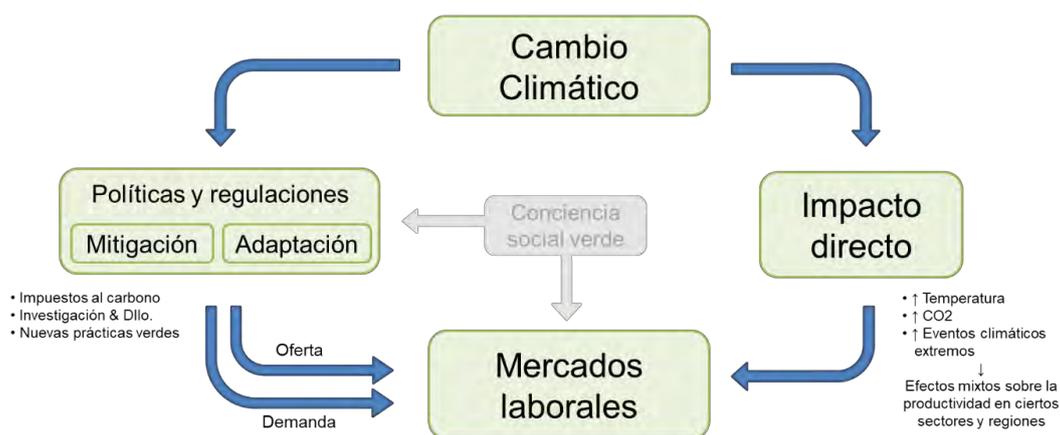


Nota: Las barras verdes representan a los países de la región de ALC y las barras azules representan países miembros de la OCDE. Panel A: Los GEI se refieren a la suma de siete gases que tienen efectos directos sobre el cambio climático: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆) y trifluoruro de nitrógeno (NF₃). Los datos se expresan en toneladas per cápita de equivalentes de CO₂ y se refieren a las emisiones directas brutas de las actividades humanas. Panel B: El Índice de Riesgo Climático Global 2021 analiza en qué medida los países se han visto afectados por los impactos de los siniestros relacionados con el clima (tormentas, inundaciones, olas de calor, etc.). Fuente: Panel A: OCDE (2022^[4]). Panel B: Eckstein, Künzel and Schäfer (2021^[5]).

En simultáneo, los gobiernos deberán implementar políticas públicas para fortalecer la adaptación al cambio climático. Estas tienen el objetivo de atenuar su impacto social, reducir la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, e incrementar la resiliencia climática. Sin embargo, Colombia no cuenta con la misma ventaja comparativa en materia de adaptación que tiene frente a los desafíos en materia de mitigación. De hecho, Colombia se encuentra más expuesto a eventos climáticos extremos en comparación con la mayoría de los países OCDE y algunos de la región de ALC. De acuerdo con el Índice Global de Riesgo Climático de 2021, Colombia ocupó la posición 28 a nivel mundial entre los países que más han sido afectados por eventos climáticos extremos, incluyendo tormentas, inundaciones, olas de calor, entre otros (Eckstein, Künzel and Schäfer, 2021^[5]) (ver Panel B Gráfico 1.1). La alta vulnerabilidad del país a eventos climáticos extremos asociados al cambio climático pone en evidencia la necesidad de hacer mayores esfuerzos en materia de adaptación y de fortalecimiento de la resiliencia climática del país.

Los impactos socioeconómicos del cambio climático y de la transición verde serán mixtos. El cambio climático tendrá efectos directos sobre varios sectores productivos y sobre el mercado laboral, a través de factores como el aumento de la temperatura y el incremento de eventos climáticos extremos. Temperaturas más altas en una región determinada podrían, por ejemplo, cambiar la vocación productiva de las tierras. Por otro lado, el aparato productivo y el mercado laboral recibirán impactos indirectos a través de la implementación de las políticas y las regulaciones para la mitigación y la adaptación, tales como los impuestos al carbono, los requerimientos de nuevas prácticas verdes, y los esfuerzos en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías verdes, entre otros (ver Gráfico 1.2). Si bien la transición verde puede tener un impacto positivo en materia de creación de empleos en algunos sectores potencialmente verdes, también es posible que genere incertidumbre y provoque una contracción del crecimiento y el empleo en sectores marrones (ver definiciones en el Recuadro 1.1). Los incentivos institucionales y económicos hacia ciertos sectores económicos con potencial de contribuir a los objetivos de la transición verde impulsarán el crecimiento y el empleo en estos sectores. Igualmente, la implementación de barreras a la producción intensiva en emisiones de GEI impactará negativamente a los sectores económicos que más emisiones generan actualmente, los cuales se tornarán progresivamente menos atractivos y eficientes.

Gráfico 1.2. Impactos del cambio climático en los mercados laborales



Fuente: Adaptado de Martínez-Fernández, Hinojosa & Miranda (2010^[6]).

Varias actividades económicas emergentes en el marco de la transición verde prometen crear nuevas oportunidades de empleo formal a los trabajadores. Algunos ejemplos de estas actividades incluyen la fabricación de biocombustibles, la bioeconomía, la producción de energía solar y eólica, la economía circular, el turismo sostenible, la restauración de ecosistemas y su conservación, y la economía azul, entre otras (Golman and Ernst, 2022^[7]). Si bien algunas de estas actividades tienen gran potencial de absorber

trabajadores informales, otras son poco intensivas en trabajo y tienen poco potencial para absorber empleados informales y para formalizarse. Por ejemplo, la generación de energía eólica es una actividad muy intensiva en capital, pero no tanto en mano de obra y, por lo general, demanda mano de obra formal y altamente calificada. Por lo tanto, tiene un bajo potencial de absorber a trabajadores informales. Por el contrario, actividades como la recolección de residuos y la gestión del reciclaje, que hacen parte de la economía circular, son altamente intensivas en trabajo y en general demandan mano de obra con poca calificación. De esta manera, tienen gran potencial tanto para absorber a trabajadores informales como para formalizarse (ver Cuadro 1.1). Conocer las dimensiones y características de la fuerza de trabajo es esencial para garantizar una transición justa para todos en el mercado laboral (OIT, 2021^[8]).

Cuadro 1.1. Actividades económicas emergentes en el marco de la economía verde

Actividad económica	Ejemplos de ocupaciones	Nivel de competencias de la mano de obra	Capital requerido	Intensidad del trabajo	Potencial de absorber trabajadores informales	Potencial para formalizarse
Energía solar	Ingenieros especializados, profesionales, técnicos y operarios en producción, I+D y software, logística, construcción y transporte	Medio alto	Medio	Medio	Medio bajo	Ya formal
Biocombustibles		Medio bajo	Medio bajo	Alto	Medio	Medio
Energía eólica		Alto	Alto	Medio bajo	Bajo	Ya formal
Bioeconomía		Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio
Economía circular	Recolectores de residuos, gestores de reciclaje	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto
Turismo sostenible	Guías, restaurantes, productores de artesanías, educadores ambientales	Medio bajo	Bajo	Alto	Medio bajo	Medio
Restauración y conservación de ecosistemas, y adaptación	Reforestación, protección y conservación de laderas, suelos y agua, revestimiento de ríos y construcción de diques	Medio bajo	Bajo	Alto	Alto	Medio
Economía azul	Energía de olas y mareas, restauración de ecosistemas marinos, pesca sostenible	Medio bajo	Medio alto	Alto	Alto	Medio

Fuente: Adaptado de Golman y Ernst (2022^[7]).

Para acompañar la transición de los trabajadores de empleos marrones hacia empleos más verdes, será necesario adaptar las competencias de los trabajadores, en especial de aquellos que actualmente trabajan en los sectores con mayores emisiones de GEI. Enmarcar la transformación del empleo en una transición “justa” implica la adopción de medidas para planificar e invertir en empleos y sectores social y ambientalmente sostenibles (OCDE, 2017^[9]). Para ello, es necesario crear empleos en sectores bajos en emisiones, anticipar cambios en los patrones del mercado laboral y facilitar la reconversión profesional y la movilidad de los trabajadores (OCDE, 2017^[9]).

Entre los principios rectores de la transición hacia economías y sociedades ambientalmente sostenibles señalados por la OIT (2015^[10]) y recogidos por el Acuerdo de París (UNFCCC, 2020^[11]), se subraya la necesidad de constituir un marco de transición justa para todos con el fin de promover la creación de empleos decentes y prever la repercusión en el empleo, favoreciendo una protección social adecuada, el desarrollo de competencias, y el diálogo social. Una amplia gama de políticas puede ser utilizada para este objetivo, incluyendo programas de capacitación y mejora de las competencias, capacitación para la búsqueda de trabajo y medidas de soporte para asegurar una transición justa (OCDE, 2019^[12]). A su vez, reforzar los sistemas de protección social a través de la formalización es urgente para la región, dado que permitiría atenuar los impactos de las catástrofes naturales y las consecuencias adversas que temporalmente puedan tener las políticas de sostenibilidad ambiental en trabajadores de aquellos sectores y actividades menos sostenibles (OCDE et al., 2021^[11]).

Recuadro 1.1. Definiciones clave

A continuación, se presenta un resumen de las principales definiciones utilizadas a lo largo del análisis empírico, analizadas con mayor detalle en la siguiente sección y en el Anexo A.

Sectores marrones

Los diez sectores de la economía colombiana que generan más emisiones de GEI por unidad de valor agregado se denominan sectores marrones (ver Gráfico 2.2). Estos diez sectores generan más del 80% de las emisiones del aparato productivo colombiano, es decir, del total de emisiones de GEI producidas por todas las actividades económicas reportadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Esta categorización se explica con mayor detalle a continuación (ver Sección 2).

Sectores verdes

Los diez sectores de la economía colombiana que tienen mayor potencial de contribuir a los objetivos de mitigación y adaptación se denominan sectores verdes. Empíricamente, este potencial se identifica con base en la proporción de trabajadores del sector que ocupan empleos verdes (Vona et al, 2018^[13]). Los diez sectores verdes de la economía colombiana son, entonces, aquellos que emplean una mayor proporción de trabajadores en empleos potencialmente verdes. Bajo esta identificación, los sectores identificados como verdes pueden también emplear trabajadores en empleos tradicionales. Esta categorización se explica con mayor detalle a continuación (ver Sección 2).

Empleos verdes

Los empleos u ocupaciones verdes son aquellos que contribuyen a reducir el impacto ambiental de las empresas y de los sectores económicos (OIT/CEDEFOP, 2011^[14]). Por lo tanto, son aquellos que a su vez contribuyen al alcance de los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático. Esta definición implica que casi todos los empleos pueden volverse más verdes. Para efectos prácticos del presente análisis, los empleos verdes se identifican siguiendo la clasificación de ocupaciones definida por Vona et al. (2018^[13]), la cual se explica con mayor detalle en el Anexo A.

Habilidades verdes

Las habilidades verdes son el conjunto de conocimientos, capacidades y aptitudes de los trabajadores necesarias para construir una sociedad sostenible y más eficiente en el uso de los recursos naturales (OCDE/CEDEFOP, 2015^[15]). Las habilidades verdes permiten implementar estándares y procesos para proteger la biodiversidad, reducir el consumo de agua, energía y materiales, y desarrollar e implementar tecnologías verdes, como las energías renovables, entre otros.

El alto nivel de descontento social en ALC y la presencia de una amplia agenda de reformas socioeconómicas pendientes ponen de relieve la necesidad de crear consensos amplios entre los ciudadanos (OCDE et al., 2021^[1]). La creación de un consenso social respecto a las reformas necesarias para asegurar un desarrollo inclusivo y sostenible es uno de los pendientes clave en la pospandemia. Entre los desafíos que estas reformas deben afrontar, destaca particularmente la creación de empleos formales de calidad, garantizando al mismo tiempo la sostenibilidad medioambiental a largo plazo.

Además de que crecerá la demanda de inversión para la financiación de la transición verde, es importante mencionar que la descarbonización de la economía impactará de manera considerable los ingresos fiscales de varios países de América Latina, especialmente aquellos de países productores de hidrocarburos. El fortalecimiento de fuentes domésticas alternativas de ingresos fiscales, como los impuestos al carbono, y la ampliación del acceso a mecanismos de financiación de organizaciones

multilaterales será fundamental para contrarrestar la contracción en los ingresos por la descarbonización de sectores marrones (Titelman et al., 2022^[16]).

Lineamientos de política pública para la mitigación y la adaptación en Colombia

Colombia ha puesto en marcha una serie de acciones para impulsar la transición verde y hacer frente al cambio climático. Colombia ha adherido a varios compromisos ambiciosos, nacionales e internacionales, en materia de mitigación de las emisiones de GEI y de adaptación al cambio climático. A nivel global, Colombia contribuye a la agenda internacional de cambio climático mediante su participación en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (ONU, 1992^[17]), el Protocolo de Kioto (ONU, 1998^[18]) y el Acuerdo de París (ONU, 2015^[19]). A nivel nacional, la Política Nacional de Cambio Climático de 2017 (MADS, 2017^[20]) y la Ley de Cambio Climático de 2018 (Congreso de Colombia, 2018^[21]) establecieron las directrices base para la gestión del cambio climático en el país. La Ley de Cambio Climático de 2018, en particular, define la arquitectura institucional dedicada a la mitigación y adaptación al cambio climático. Entre los organismos responsables, esta ley creó el Consejo Nacional de Cambio Climático como órgano permanente de consulta de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático. Además, creó el Sistema de Información para el Cambio Climático, el cual define los instrumentos financieros y económicos para la gestión del cambio climático (Congreso de Colombia, 2018^[21]).

En 2020, Colombia publicó la actualización de la *Contribución Determinada a Nivel Nacional* (NDC, por sus siglas en inglés) para el periodo 2020-2030 (Gobierno de Colombia, 2020^[22]). La NDC 2020-30 define los lineamientos en materia de (i) mitigación de gases de efecto invernadero, (ii) adaptación al cambio climático, y (iii) medios de implementación para el desarrollo bajo en carbono, adaptado y resiliente al cambio climático. Además, el Departamento Nacional de Planeación de Colombia aprobó el CONPES 4088 (DNP, 2022^[23]) que define acciones orientadas a fortalecer la estrategia del país ante el cambio climático bajo cuatro ejes de acción: la conservación y el uso sostenible de ecosistemas, el fortalecimiento de capacidades técnicas para la gestión del cambio climático, el desarrollo agropecuario y forestal bajo en carbono y resiliente al clima, y el fortalecimiento del sector manufacturero para reducir sus aportes a las emisiones de GEI y su vulnerabilidad.

En 2021, se aprobó la Ley 2169 (Congreso de Colombia, 2021^[24]) que definió una serie de objetivos, metas y medidas para la descarbonización del aparato productivo (entre otros). Las metas establecidas en dicha ley, detalladas en el Recuadro 1.2, serán utilizadas para el análisis empírico de las secciones a continuación. Como se detalla en la Sección 3, a condición de contar con suficientes niveles de inversión, el impacto de la transición verde sobre el empleo a 2030 podría ser positivo, de acuerdo con el enfoque metodológico detallado en el Anexo A y el Anexo B.

Recuadro 1.2. Metas y medidas mínimas para avanzar hacia la carbono-neutralidad y la resiliencia climática

En 2021, Colombia estableció una serie de metas y medidas ambiciosas con el objetivo de impulsar el desarrollo bajo en carbono y la resiliencia climática, al igual que una serie de lineamientos de política pública, mediante la aprobación de la Ley 2169 (Congreso de Colombia, 2021^[24]). En materia de carbono-neutralidad, esta ley promete poner en marcha una serie de medidas para avanzar hacia las siguientes metas en materia de mitigación:

- i. Reducir en un 51% las emisiones de GEI con respecto al escenario de referencia de la NDC. Esto se traduce en un máximo de emisiones de 169.4 millones de toneladas de CO₂e en 2030.

- ii. Alcanzar la carbono-neutralidad a 2050.
- iii. Establecer presupuestos de carbono para el periodo 2020-2030, a más tardar en 2023.
- iv. Reducir las emisiones de carbono negro en un 40% respecto a 2014. Esto se traduce en un máximo de emisiones de carbono negro de 9 195 toneladas en 2030.
- v. Reducir la deforestación neta de bosque natural a 0 hectáreas por año a 2030.

En materia de adaptación al cambio climático, esta ley fija metas para siete sectores clave de la economía e identifica una serie de medidas por sector para alcanzarlas. Los sectores implicados incluyen (i) vivienda, ciudad y territorio; (ii) salud y protección social; (iii) minas y energía, (iv) industria, comercio y turismo; (v) transporte; (vi) agropecuario, pesquero y desarrollo rural; y (vii) ambiente y desarrollo sostenible. Las metas definidas en la ley se encuentran detalladas en el Cuadro 2.1, Cuadro 3.6, y Cuadro 3.7.

Esta ley también define una serie de disposiciones para el seguimiento de los niveles de emisiones de GEI, el impulso de proyectos de hidrógeno verde, el reconocimiento de predios privados como áreas de conservación y la creación del sistema nacional de áreas de conservación y el registro nacional de zonas deforestadas. También ordena la elaboración de un plan de implementación y seguimiento de las disposiciones incluidas en la ley y crea dos fondos especializados para la financiación de la promoción del ascenso tecnológico (Congreso de Colombia, 2021^[24]).

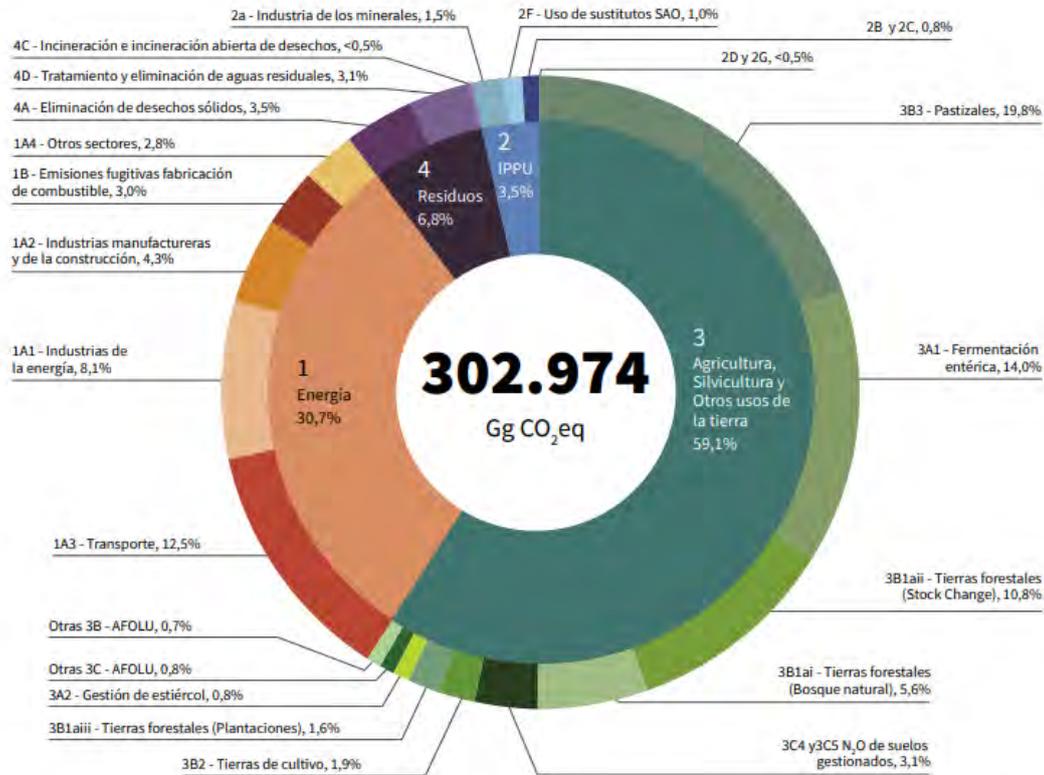
En materia de empleo, la Ley 2169 incluye dos hitos clave para la creación de empleos verdes. Por un lado, establece que la transición justa de la fuerza laboral debe estar en línea con la transformación de la economía hacia mecanismos de producción sostenibles. Esto incluye la reconversión de empleos verdes (ver Recuadro 1.1) que otorguen calidad de vida e inclusión social (Congreso de Colombia, 2021^[24]). Por otro lado, se solicita al Ministerio de Trabajo, con el apoyo de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático, establecer una estrategia y acciones de transición justa de la fuerza laboral en el tránsito del país hacia la carbono-neutralidad. Estas acciones deberán incluir la generación de nuevas oportunidades de capacitación y formación para el trabajo, y la reducción de brechas en el acceso a empleos verdes, atendiendo de manera prioritaria las necesidades de los segmentos poblacionales más vulnerables (Congreso de Colombia, 2021^[24]). En línea con el análisis cubierto en la última sección de este documento, estas medidas son fundamentales para cumplir con las competencias necesarias en la reasignación de trabajadores en empleos verdes.

Alcance y estructura del análisis de los efectos sobre el mercado laboral

Más allá de la descarbonización del aparato productivo, Colombia enfrentará desafíos para cambiar prácticas en diferentes sectores para avanzar hacia la carbono-neutralidad. En 2018, Colombia emitió en total casi 303 millones de toneladas de CO₂e, de las cuales el 59.1% corresponden a las generadas por la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU por sus siglas en inglés), seguidas por las emisiones correspondientes a las generadas por energía con un 30.7%, residuos con un 6.8% y finalmente procesos industriales y uso de productos con un 3.5% del total de las emisiones del país (ver Gráfico 1.3) (IDEAM et al., 2021^[25]).

El análisis a continuación en este documento se concentra únicamente en un subconjunto del total de estas emisiones de GEI. Con el fin de analizar el posible efecto sobre el mercado laboral, el análisis se enfoca en las emisiones de GEI provenientes de las actividades económicas del país y se basa en datos del DANE (2022^[26]) sobre las emisiones al aire por actividades económicas productivas, según la clasificación industrial internacional uniforme (i.e. CIIU Rev. 4 A.C). Así, el proceso de cumplir con la reducción en un 51% las emisiones de GEI en 2030 con respecto al escenario de referencia de la NDC va más allá de los resultados esperados en las actividades económicas.

Gráfico 1.3. Participación por módulo y subcategoría en las emisiones totales de GEI, 2018



Fuente: Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (IDEAM et al., 2021^[25]).

A condición de contar con niveles de inversión suficientes, la implementación de la Ley 2169 (Congreso de Colombia, 2021^[24]) tiene el potencial de dinamizar la creación neta de empleo y contribuir a aumentar el crecimiento del país. Para asegurar una transición justa en materia laboral, es fundamental conocer las características del empleo en el país y estimar el impacto de las políticas que fomentan activamente el paso hacia una economía ambientalmente sostenible. El presente documento aborda estos dos aspectos para el caso de Colombia.

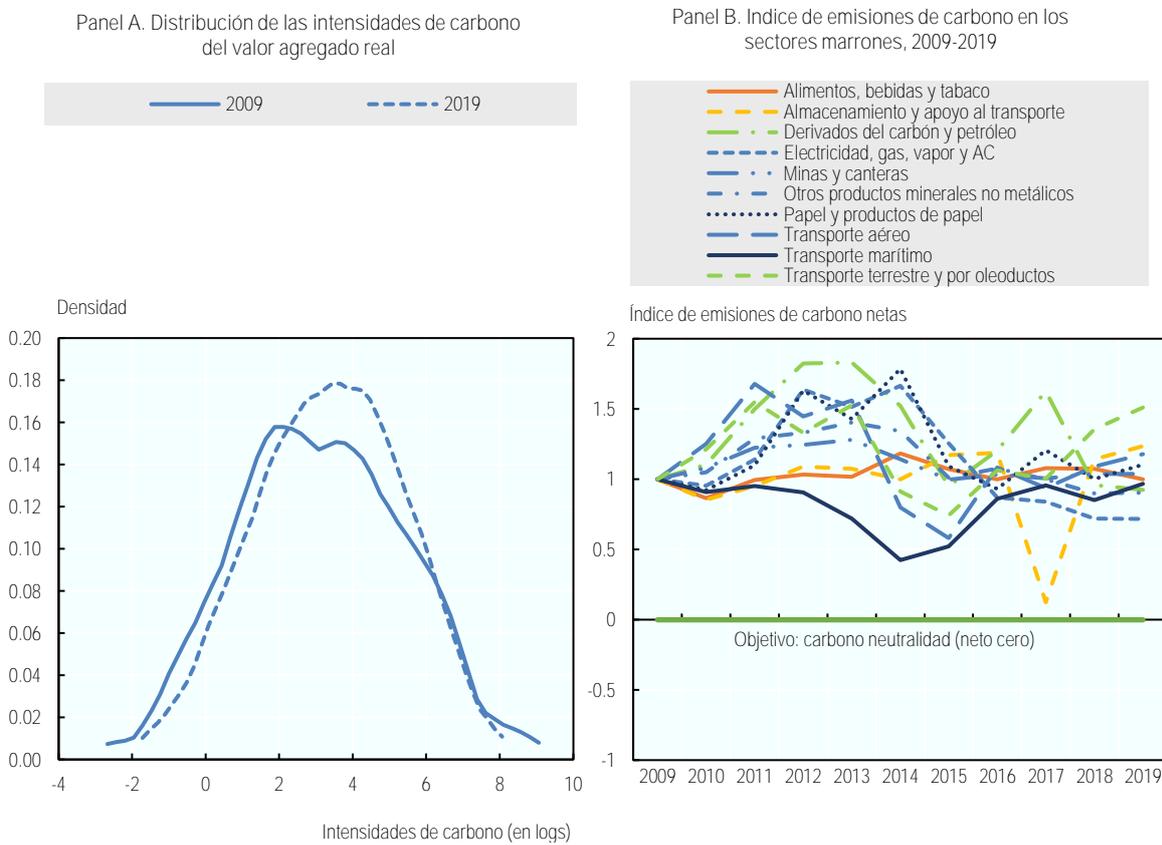
El resto de este documento se organiza de la siguiente manera. En la segunda sección se analiza cuán verde es el mercado laboral colombiano, en otras palabras, se identifica cuáles sectores de la economía colombiana generan más emisiones de GEI —denominados sectores marrones— y cuáles tienen mayor potencial de contribuir a los objetivos de mitigación de las emisiones de GEI y de adaptación al cambio climático —denominados sectores potencialmente verdes—. Con base en dicha clasificación de los sectores de la economía colombiana, la tercera sección construye varios escenarios para analizar de qué manera el mercado laboral se puede ver afectado por el cumplimiento de las metas que Colombia ha fijado en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Es decir, se analiza la contracción del empleo en sectores marrones y la creación de empleo en sectores potencialmente verdes. La cuarta sección analiza qué tanto los trabajadores empleados en los sectores marrones pueden transitar hacia empleos más verdes. La quinta sección analiza el rol de las competencias en la reasignación de trabajadores en empleos más verdes. Finalmente, se presentan las principales conclusiones en la sexta sección.

2 Características de los sectores verdes y marrones en el mercado laboral de Colombia

Colombia ha adoptado una serie de metas y medidas ambiciosas en materia de mitigación de GEI y de adaptación al cambio climático. Para cumplirlas, el país deberá revertir la reciente tendencia que evidencia una intensificación de las emisiones de GEI del aparato productivo. En primer lugar, es necesario identificar cuáles sectores de la economía contribuyen más a las emisiones globales de GEI en Colombia —denominados sectores marrones—. En segundo lugar, es clave identificar cuáles sectores de la economía tienen mayor potencial de contribuir a las metas de carbono-neutralidad y de resiliencia climática —denominados sectores potencialmente verdes—.

Colombia enfrenta el desafío de reverdecer su aparato productivo y su mercado laboral, revirtiendo la tendencia de los últimos años. Si bien Colombia se encuentra entre los países con menores niveles de emisiones de GEI per cápita entre países OCDE (ver Panel A Gráfico 1.1), la economía colombiana en su conjunto ha incrementado la intensidad de emisiones de GEI en los últimos diez años. En particular, la distribución de las intensidades de carbono del valor agregado real de los sectores del país se ha desplazado hacia la derecha, tal como lo ilustra el Panel A del Gráfico 2.1. Esto se traduce en que, a lo largo de la última década, se ha avanzado en el sentido opuesto al objetivo de impulsar un crecimiento más verde que avance hacia la carbono-neutralidad. Adicionalmente, entre los diez sectores con mayores emisiones de GEI, no se observa una tendencia de convergencia hacia la carbono-neutralidad durante el mismo periodo. Esta tendencia resalta la necesidad de acciones de política pública que encaminen a los sectores económicos hacia un crecimiento verde y hacia el cero neto (ver Panel B Gráfico 2.1).

Gráfico 2.1. En la última década, la economía colombiana ha intensificado sus emisiones y los sectores productivos no están convergiendo a la carbono-neutralidad



Nota: Panel A: Kernel = epanechnikov, bandwidth = 0.9487. Los datos sobre industrias se refieren a CIU rev. 3 desde 2009 hasta 2019. Panel B: Índice de emisiones de carbono netas, 2009=1. Las intensidades de carbono del valor agregado real se calculan como la razón entre el total de las emisiones y el valor agregado real.

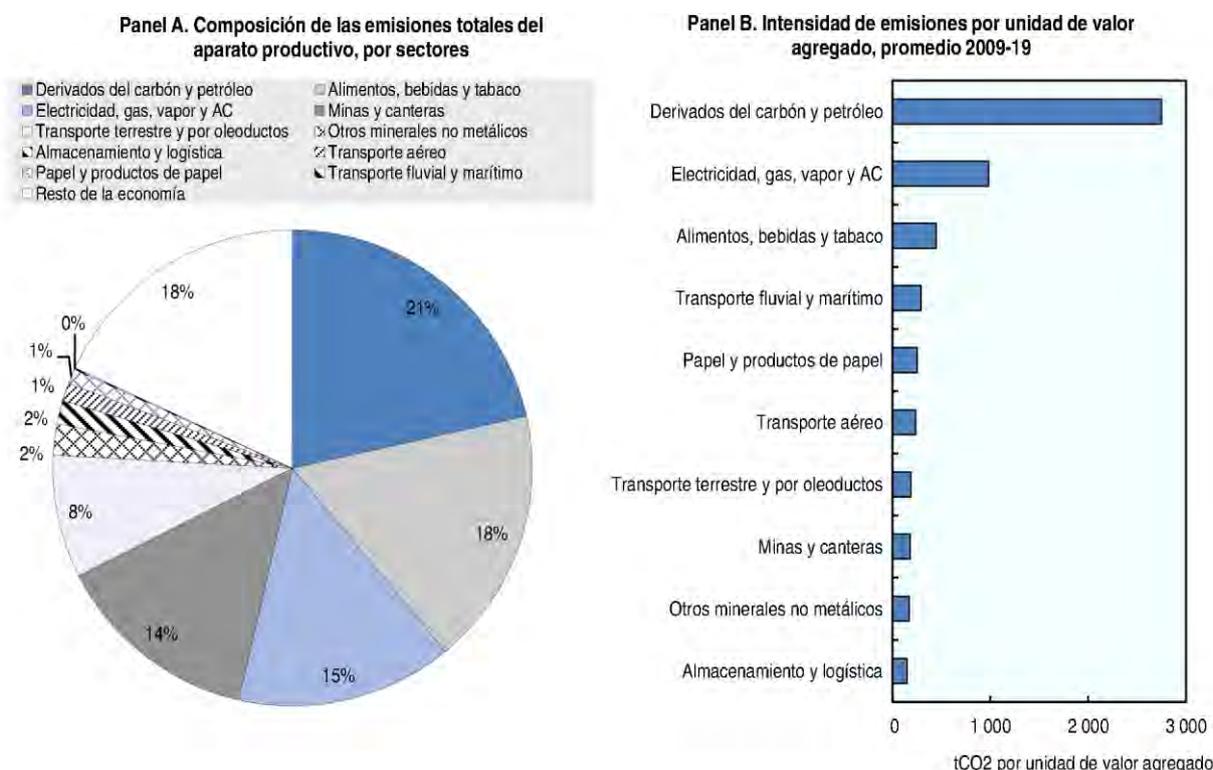
Fuente: Elaboración propia usando datos comparables de OECD.Stats (OCDE, 2022^[27]) con base en datos primarios de la 'Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales – Emisiones al aire' del DANE (2022^[26]) y Cuentas Nacionales Anuales del DANE (2022^[28]).

Los diez sectores marrones de la economía colombiana

En el presente documento, los sectores marrones se definen como los diez sectores productivos con mayores niveles de emisiones de GEI por unidad de valor agregado. En Colombia, estos diez sectores generan más del 80% de las emisiones de GEI del aparato productivo, es decir, del total de emisiones de GEI producidas por todas las actividades económicas reportadas por el DANE. Sin embargo, estos diez sectores presentan una gran heterogeneidad entre ellos en cuanto a la intensidad de sus emisiones (ver sectores en el Gráfico 2.2). De hecho, los cinco primeros sectores suman ya el 76% de las emisiones del aparato productivo. Estos cinco sectores incluyen ‘derivados del carbón y petróleo’ (21.4%), ‘electricidad, gas, vapor y aire acondicionado (AC)’ (17.5%), ‘alimentos, bebidas y tabaco’ (14.6%), ‘minas y canteras’ (13.9%), y ‘transporte terrestre y por oleoductos’ (8.3%).

Si bien algunos de estos sectores son relativamente eficientes, teniendo en cuenta que sus emisiones son relativamente bajas con respecto a sus altos niveles de valor agregado, como ‘minas y canteras’ y ‘transporte terrestre y por oleoductos’, otros sectores como los ‘derivados del carbón y petróleo’ y ‘electricidad, gas, vapor y AC’ aún reportan niveles de emisiones de 2 750 tCO₂ y 985 tCO₂ por unidad de valor agregado, respectivamente. Esto sitúa a estos últimos en los primeros lugares de sectores con mayor intensidad de emisiones de carbono (ver Panel B Gráfico 2.2). A estos cinco primeros sectores les siguen los sectores de ‘otros minerales no metálicos’ (2.1%), ‘almacenamiento y apoyo al transporte’ (1.6%), ‘transporte aéreo’ (1.2%), ‘papel y productos de papel’ (1%), y ‘transporte fluvial y marítimo’ (0.1%) (ver Panel A Gráfico 2.2). El resto de la economía colombiana genera el 18% restante de las emisiones del aparato productivo.

Gráfico 2.2. Los diez sectores con mayor intensidad de emisiones, o “sectores marrones”, generan más del 80% de las emisiones del aparato productivo en Colombia

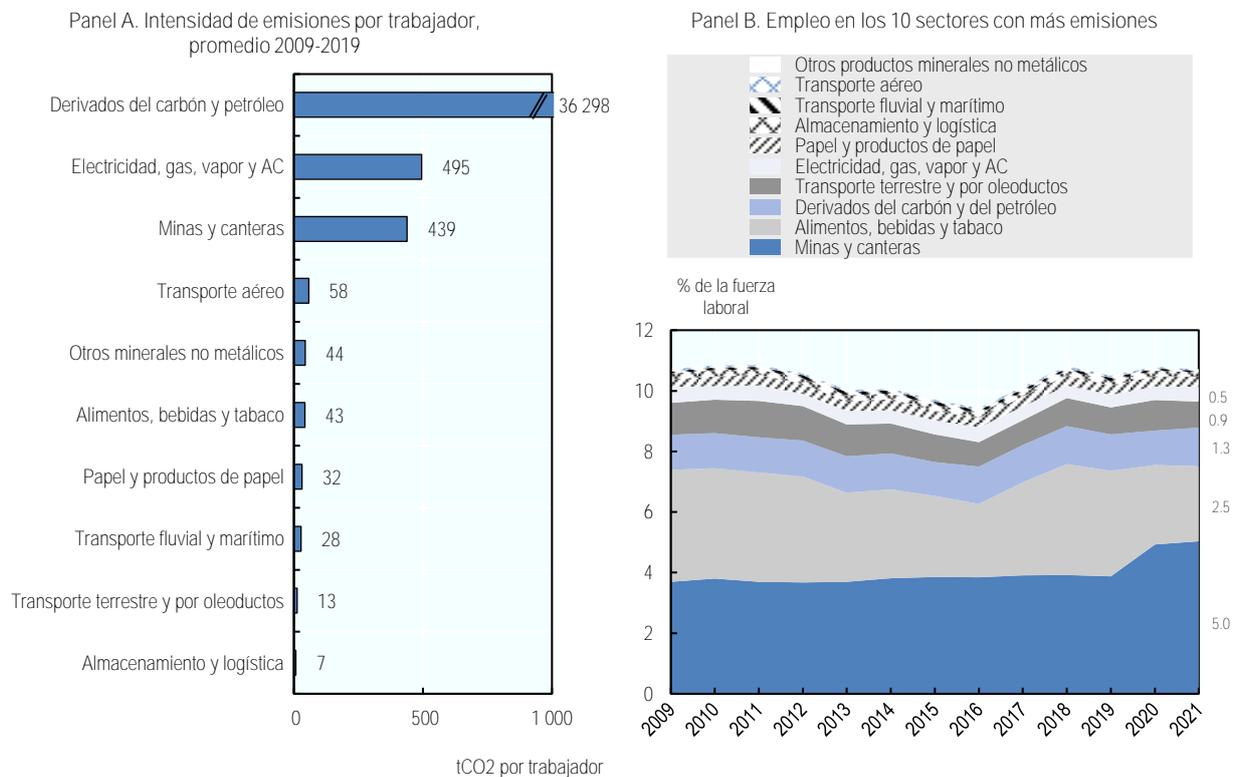


Nota: Panel A: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU rev. 3 desde 2009 hasta 2019. Las industrias marrones se definen como las 10 principales industrias en términos de emisiones de GEI por unidad de valor agregado. Derivados del carbón y petróleo incluye “coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles”.

Fuente: Panel A: Elaboración propia a partir de OECD.Stats, usando datos primarios de DANE (2022_[26]). Panel B: Elaboración propia usando datos OCDE (2022_[27]) y DANE (2022_[28]).

En cuanto a generación de empleo, los diez sectores marrones de la economía colombiana generan apenas el 10% del empleo del país. Entre los sectores marrones que generaron mayor empleo en 2021, destacan los sectores de ‘minas y canteras’ (5%), ‘alimentos, bebidas y tabaco’ (2.5%), ‘derivados del carbón y del petróleo’ (1.3%) y ‘transporte terrestre y por oleoductos’ (0.9%) (ver Panel B Gráfico 2.3). En los últimos años, mientras algunos sectores han aumentado su contribución al total del empleo, como el sector de ‘minas y canteras’, el cual pasó de generar 3.7% del empleo total en 2009 a 5% en 2021, otros sectores, como ‘alimentos, bebidas y tabaco’, han contraído su contribución al empleo total de la economía, pasando de generar 3.7% del empleo total en 2009 a 2.5% en 2021 (Panel B Gráfico 2.3). El sector de ‘derivados del carbón y petróleo’ tiene la particularidad de tener una intensidad de las emisiones por trabajador bastante alta (Panel A Gráfico 2.3), generando 36 298 tCO₂ promedio entre 2009 y 2019. Esto es 73 veces mayor que el segundo sector más intenso en emisiones por trabajador (‘electricidad, gas, vapor y AC’). A pesar de esto, el sector de ‘derivados del carbón y petróleo’ generó apenas un 1.3% del empleo total del país en 2021 (Panel B Gráfico 2.3).

Gráfico 2.3. Si bien los diez sectores marrones emplean casi al 11% de la fuerza laboral, existe gran heterogeneidad entre ellos en cuanto a las intensidades de emisiones por trabajador



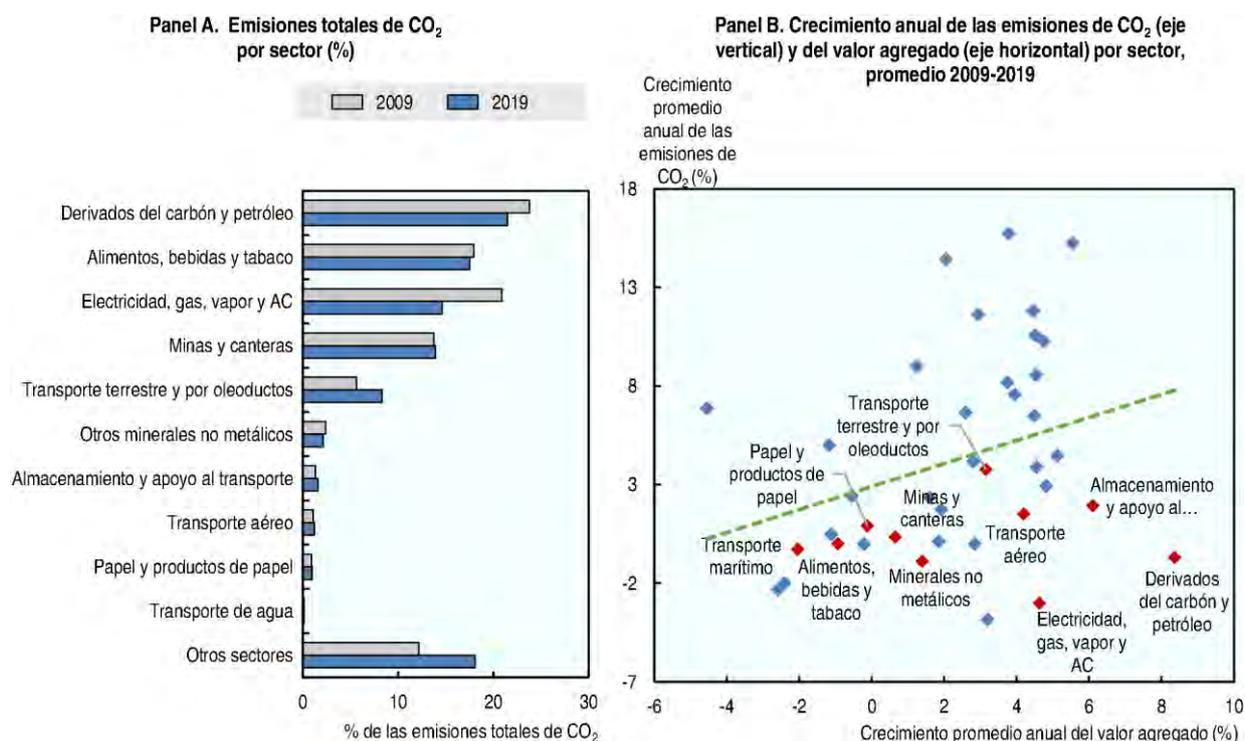
Nota: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU rev. 3 desde 2009 hasta 2019. A partir de 2020 se refieren a CIIU rev. 4. Derivados del carbón y petróleo incluyen coque y refinados del petróleo.

Fuente: Panel A: Elaboración propia usando datos OCDE (2022^[27]), DANE (2022^[28]), y GEIH (DANE, 2022^[29]). Panel B: Estimaciones basadas en Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022^[29]).

Más allá de los diez sectores marrones, el resto de los sectores de la economía colombiana, de los que se dispone de datos, han mostrado un incremento significativo en sus niveles de emisiones de GEI durante los últimos años. En ocasiones, estos incrementos han sido a tasas de crecimiento superiores al crecimiento promedio de su valor agregado. Entre 2009 y 2019, la participación del resto de los sectores de la economía (es decir, sectores no marrones) en las emisiones totales del aparato productivo de GEI

creció del 12% al 18%. En contraste, la participación de la mayoría de los sectores marrones se contrajo en el mismo periodo (ver Panel A Gráfico 2.4). De hecho, entre todos los sectores que tuvieron un crecimiento positivo del valor agregado en la última década, la mayoría presentó a la par un crecimiento en las emisiones de GEI en el mismo periodo. Además, dos sectores marrones, ‘derivados del carbón y petróleo’ y ‘almacenamiento y apoyo al transporte’, encabezan los sectores con mayor crecimiento del valor agregado en la última década (ver Panel B Gráfico 2.4).

Gráfico 2.4. Si bien los sectores marrones generan la mayoría de las emisiones de la economía, el crecimiento del resto de los sectores ha venido acompañado de más emisiones



Nota: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU rev. 3 desde 2009 hasta 2019. Panel B: Las industrias marrones se grafican en color rojo. El gráfico solo incluye 40 sectores.

Fuente: Elaboración propia usando datos OCDE (2022^[27]) y DANE (2022^[28]).

Como se detalló en la sección anterior, la Ley 2169 (Congreso de Colombia, 2021^[24]) establece una serie de metas en materia de adaptación para estos sectores productivos. Por ejemplo, la ley establece como meta que a 2030 al menos el 10% de las empresas implementen estrategias o acciones de adaptación al cambio climático. Dicha ley fija al menos nueve metas para los sectores de minas y energía; industria, comercio y turismo; y transporte que impactarán positivamente en la actividad de los sectores marrones (ver Cuadro 2.1), contribuirán a mitigar sus emisiones y fortalecerán su capacidad de adaptación al cambio climático.

Cuadro 2.1. Metas en materia de adaptación para sectores marrones

	Metas
Sector Minas y Energía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incorporar a 2025, en un instrumento de planificación sectorial de hidrocarburos, en uno de minería de carbón y en uno de energía eléctrica, lineamientos de cambio climático orientados al aseguramiento de las condiciones de operatividad integral bajo nuevos escenarios de demandas operativas y ambientales. 2. Formular a 2025 una metodología de análisis de riesgos climáticos actualizada, junto con una estrategia de actualización periódica a nivel nacional y empresarial. 3. Implementar a 2025 un proyecto de adaptación basado en ecosistemas para el sector eléctrico, que contribuya a que las empresas del sector aseguren el cumplimiento de sus objetivos estratégicos.
Sector Industria, Comercio y Turismo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementar a 2030, como mínimo en el 10% de las empresas de los sectores priorizados con estrategias, acciones o proyectos de adaptación al cambio climático, abarcando pequeñas, medianas y grandes empresas de acuerdo con su nivel de vulnerabilidad.
Sector Transporte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementar a 2025 tres (3) herramientas para mejorar los sistemas de información geográfica de la infraestructura de transporte para la gestión del riesgo. 2. Elaborar a 2025 dos (2) documentos de lineamientos técnicos que tengan como objetivo la realización de estudios de riesgo para la infraestructura de transporte. 3. Formular a 2025 la Política para la Gestión de Riesgo de Desastres (GRO) y la Adaptación al Cambio Climático (ACC). 4. Diseñar e implementar a 2025 dos (2) metodologías para el cálculo del riesgo de la infraestructura de transporte. 5. Implementar a 2025 un (1) proyecto piloto para la aplicabilidad de los lineamientos de infraestructura verde vial.

Fuente: Ley 2169 de 2021 (Congreso de Colombia, 2021^[24]).

Los diez sectores con mayor potencial verde en la economía colombiana

No existe un consenso absoluto en cuanto a cuáles sectores de la economía se pueden clasificar como verdes. Además, los sectores identificados como tales pueden variar dependiendo de cada país. En primer lugar, es importante aclarar que extrapolar la estrategia de identificación de los sectores marrones a los sectores verdes sería complicado, es decir, clasificar los sectores en función de la intensidad de sus emisiones de GEI a nivel de sector o por trabajador. Esta definición enfrenta la limitación de identificar como verdes sectores con bajos niveles de emisiones que en realidad son neutrales, es decir, no contribuyen ni positiva ni negativamente al avance de los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático. Además, la variabilidad intrasectorial respecto al nivel de emisiones de diferentes empleos puede también ser problemática. Por este motivo, es frecuente que se consideren verdes solo ciertos subsectores de los grandes sectores económicos de un país (PNUMA, 2012^[30]).

Alternativamente, un sector económico se puede considerar relativamente verde en función de la composición de los empleos de sus trabajadores, en particular, cuántos de estos empleos son verdes (Vona et al, 2018^[13]). En el análisis a continuación, los diez sectores con mayor potencial verde, o sectores verdes, son aquellos que tienen una mayor composición de empleos verdes. Para empezar, la clasificación a nivel del empleo se hace con base en la categorización de ocupaciones verdes elaborada por Vona et al. (2018^[10]) y se explica con mayor detalle en el Anexo A. Bajo esta metodología, todos los empleos de la economía son categorizados como neutrales, verdes de baja intensidad, verdes de intensidad media o verdes de intensidad alta, dependiendo de las tareas que realizan. Posteriormente, se calcula la distribución de empleos verdes (es decir, excluyendo únicamente los empleos neutrales) entre los sectores de la economía. Los diez sectores que más emplean trabajadores en empleos verdes, independientemente de su nivel de intensidad, son definidos como sectores verdes.

Colombia tiene varios sectores con potencial de contribuir a sus objetivos en materia de mitigación y adaptación. Concretamente, los diez sectores de la economía colombiana que tienen una mayor proporción de trabajadores en empleos verdes incluyen la construcción (17.99%), la agricultura (17.92%), el transporte terrestre (12.87%), el comercio (10.32%), otras manufacturas (7.73%), actividades profesionales, científicas y técnicas (5.17%), la administración pública (4.59%), las actividades de salud humana y trabajo social (4.17%), otras actividades de servicios (3.13%) y la información y comunicación

(2.72%) (ver Cuadro 2.2). Estos diez sectores verdes suman el 86.61% del total de los empleos verdes de la economía colombiana en 2021.

Cuadro 2.2. Los diez sectores con mayor potencial verde en 2021

	Top 10 sectores con mayor potencial verde	Participación sobre el total de empleos verdes (87%)
1	Construcción	17.99%
2	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	17.92%
3	Transporte terrestre	12.87%
4	Comercio al por mayor y al por menor	10.32%
5	Otras manufacturas	7.73%
6	Actividades profesionales, científicas y técnicas	5.17%
7	Administración pública	4.59%
8	Actividades de salud humana y trabajo social	4.17%
9	Otras actividades de servicios	3.13%
10	Información y comunicación	2.72%

Fuente: Análisis propio usando la categorización de empleos (ocupaciones) verdes elaborada por Vona et al. (2018_[10]).

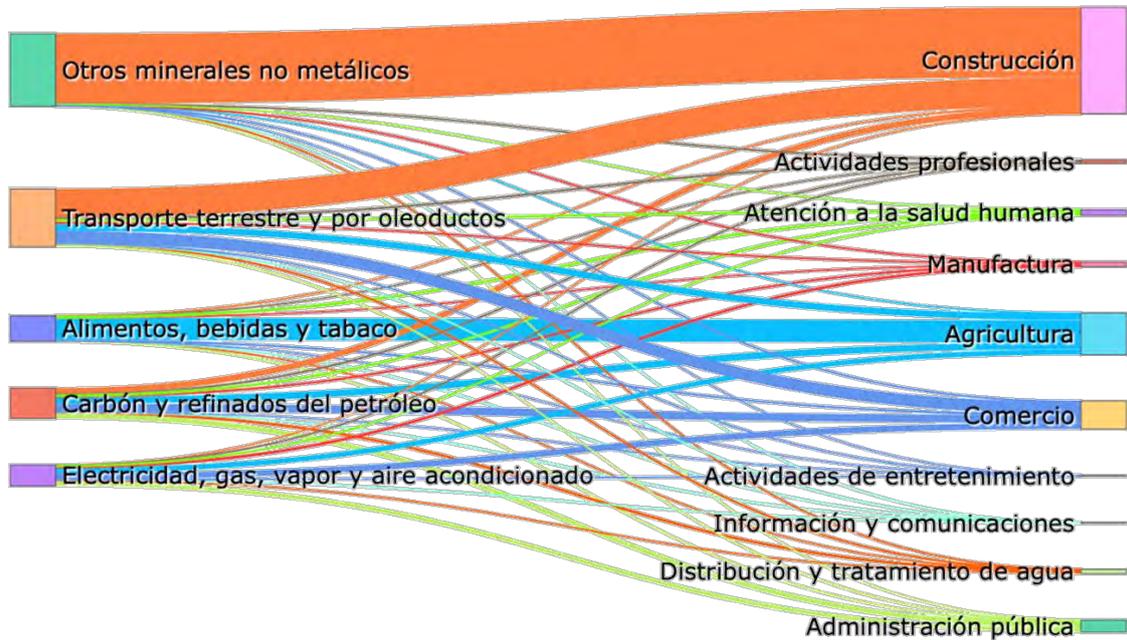
La metodología de categorización seleccionada también se utiliza porque la distribución del tipo de empleos en cada sector es altamente asimétrica. Por esta misma razón, estos sectores deben considerarse potencialmente verdes, dado que no todos los trabajos llevados a cabo en ellos son verdes. A medida que la tecnología y las habilidades se vuelven más verdes, y nuevas tareas verdes aparecen en los nuevos empleos, o se integran en los antiguos, estos sectores pueden beneficiarse más de la transición verde, en términos de mejora de las competencias de los trabajadores y de creación de empleo.

Es importante aclarar que este análisis supone que la distribución de tareas verdes en el mercado laboral colombiano es similar a la distribución de tareas verdes en los Estados Unidos (Vona et al, 2018_[13]). Este supuesto debe tomarse con mayor cautela cuanto más alejada esté la tecnología de producción de un país de la frontera tecnológica del país de referencia. Sin embargo, el ejercicio de prospectiva realizado en este documento supone que existirán mejoras en la frontera de tecnología para Colombia en los próximos años, gracias a las inversiones en investigación y desarrollo, y en capital físico y humano.

Finalmente, es importante mencionar que con frecuencia los sectores con potencial verde son dependientes de los insumos generados por los sectores marrones. En particular, sectores con gran potencial de reverdecimiento, tales como la construcción, dependen fundamentalmente de sectores como 'otros minerales no metálicos', 'transporte terrestre y por oleoductos' y 'carbón y refinados del petróleo', entre otros. Igualmente, la agricultura depende de sectores como el 'transporte terrestre y por oleoductos', el sector de 'alimentos, bebidas y tabaco' y 'electricidad, gas, vapor y aire acondicionado', entre otros (ver Gráfico 2.5). Adicionalmente, algunos sectores con potencial verde pueden generar, debido a su uso, efectos sobre el medio ambiente, como puede ser la construcción de vías terrestres (con posible aumento de emisiones de GEI) o la construcción de inmuebles inteligentes o sostenibles ambientalmente (con posibles mejoras en el consumo energético). Por este motivo, una estrategia integral de política pública para la transición verde deberá también destinar inversión en sectores potencialmente verdes que por su uso generen reducciones en emisiones de GEI, así como una inversión para la creación de alternativas a los métodos de producción y los productos de los sectores marrones.

Gráfico 2.5. Varios de los sectores potencialmente verdes dependen de los insumos producidos por los sectores marrones

Flujo de factores productivos desde los sectores marrones hacia los sectores verdes



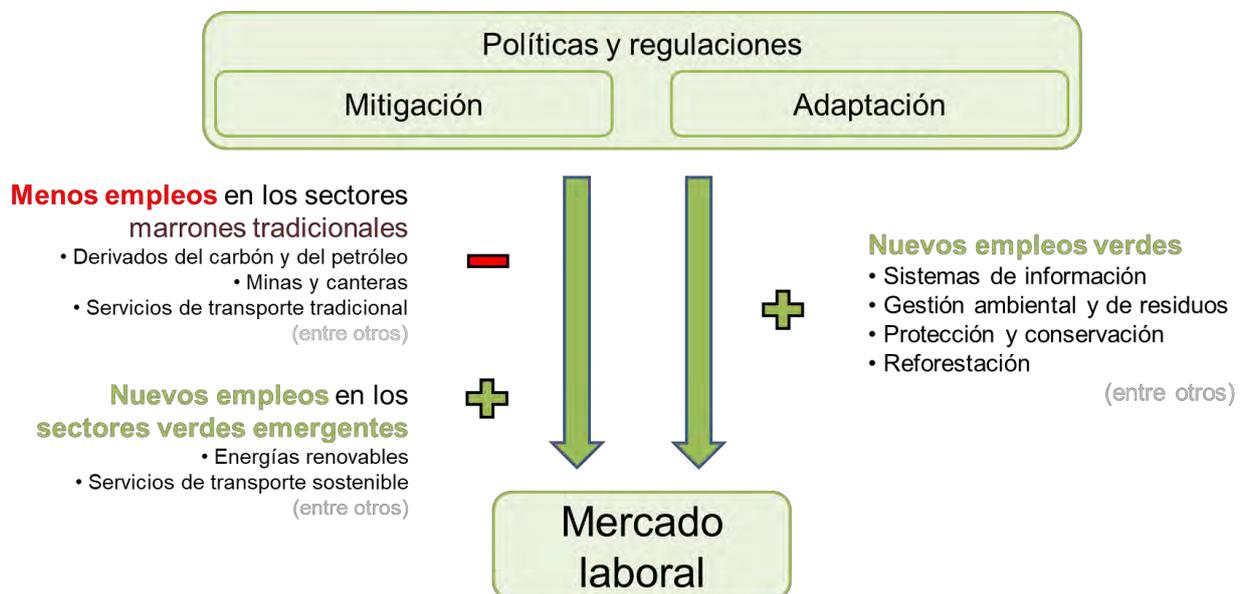
Fuente: Elaboración propia usando datos de la OCDE de la matriz insumo-producto de Colombia (OCDE, 2022_[31]).

3 ¿Cómo afectaría la transición verde al mercado laboral colombiano?

El impacto de las políticas y regulaciones de mitigación y adaptación sobre el mercado laboral será mixto. Por un lado, se espera que los sectores marrones disminuyan gradualmente su participación en la economía, generando una contracción en la generación de empleos marrones tradicionales. Por otro lado, se espera que la transición verde cree nuevas oportunidades de empleo, especialmente en los sectores de la economía con mayor potencial verde. Gracias a una agenda ambiciosa de inversiones en capital humano y físico, esta expansión del empleo en sectores con potencial verde puede contribuir a la formalización laboral, teniendo en cuenta que dichos sectores en general presentan menores niveles de informalidad. Esta sección analiza diferentes escenarios de los posibles efectos de la transición verde sobre la contracción y la creación de empleos en Colombia.

Los impactos indirectos del cambio climático sobre el mercado laboral producirán tanto la creación de nuevos empleos verdes y el reverdecimiento de empleos tradicionales como la desaparición de algunos empleos marrones tradicionales. En particular, se espera que las políticas para la mitigación de las emisiones impacten sobre una serie de industrias marrones tradicionales. En estas industrias se espera que algunos empleos marrones tradicionales desaparezcan o se reverdezcan. De la misma manera, esta limitación en las emisiones creará nuevas oportunidades de empleo en los sectores verdes emergentes que reemplazarán a los marrones tradicionales, tales como los sectores de las energías renovables o el transporte sostenible. Asimismo, las políticas de adaptación al cambio climático en general tendrán un impacto positivo sobre la creación de empleo, dado que se crearán empleos que actualmente no existen. En su mayoría, los empleos verdes creados a partir de la estrategia de adaptación serán para la producción de bienes y servicios ambientales, tales como la reforestación, la protección y la conservación, la gestión ambiental y de residuos, y los nuevos sistemas de información, entre otros (ver Gráfico 3.1).

Gráfico 3.1. Impacto indirecto de las políticas medioambientales



Fuente: Elaboración propia.

La política de mitigación de las emisiones de GEI puede tener efectos significativos en el valor agregado y en el nivel de empleo de los sectores sujetos a regulación medioambiental. En el análisis a continuación, se realiza una estimación de los posibles efectos sobre el aparato productivo de una política que busca reducir las emisiones totales de carbono a 2030, teniendo en cuenta las metas y medidas mínimas establecidas en la Ley 2169 materia de carbono-neutralidad y resiliencia climática (Congreso de Colombia, 2021^[24]). El análisis se hace teniendo en cuenta que, como se anotó en la primera sección de este documento, los sectores económicos solo representan una proporción del total de emisiones de GEI del país. En las proyecciones a continuación se asume que, para cumplir dicho objetivo de mitigación, las emisiones de GEI deben reducirse aproximadamente a una tasa del 5% anual hasta 2030. Esta reducción se concentrará principalmente en los sectores marrones, dado que estos comprenden un poco más del 80% de las emisiones de GEI del aparato productivo en Colombia.

Se consideran tres posibles escenarios en términos de su impacto sobre el valor agregado (Cuadro 3.1). El primer escenario considera la implementación de una estrategia de mitigación con un alto impacto sobre el desempeño económico de los sectores marrones, el cual generaría una reducción de 5 puntos

porcentuales en la tasa anual de crecimiento del valor agregado. El segundo escenario contemplaría la implementación de una estrategia de mitigación con un impacto moderado sobre el crecimiento económico de sectores marrones, el cual generaría una contracción en el crecimiento anual del valor agregado de dichos sectores en 4 puntos porcentuales. Finalmente, se considera un escenario en el que la estrategia de mitigación generaría un impacto bajo sobre el crecimiento de los sectores marrones, el cual implicaría una reducción anual de 3 puntos porcentuales en la tasa de crecimiento del valor agregado de los sectores marrones.

Cuadro 3.1. Escenarios del posible impacto de las políticas de mitigación sobre el valor agregado

Política pública	Escenarios de impacto de la política de mitigación sobre el crecimiento anual del valor agregado de sectores marrones	
Estrategia de mitigación con una tasa anual de reducción de las emisiones de CO ₂ en sectores marrones del 5% respecto al año base (2019)	Impacto alto	Reducción de 5 puntos porcentuales
	Impacto moderado	Reducción de 4 puntos porcentuales
	Impacto bajo	Reducción de 3 puntos porcentuales

Nota: El escenario contrafactual (es decir, sin políticas de mitigación y adaptación) de la tasa de crecimiento del valor agregado se calculó con una proyección basada en el crecimiento promedio del valor agregado de los últimos diez años.

Fuente: Elaboración propia.

El Anexo B explica en mayor detalle el enfoque metodológico utilizado. Posteriormente, se analiza el efecto de estos cambios en el crecimiento del valor agregado sobre el nivel de empleo en los sectores marrones, teniendo en cuenta cómo los cambios en el valor agregado de una industria afectan la tasa de crecimiento del empleo en dicho sector.

Contracción de los empleos tradicionales en sectores marrones

Cambio en las emisiones de GEI por trabajador

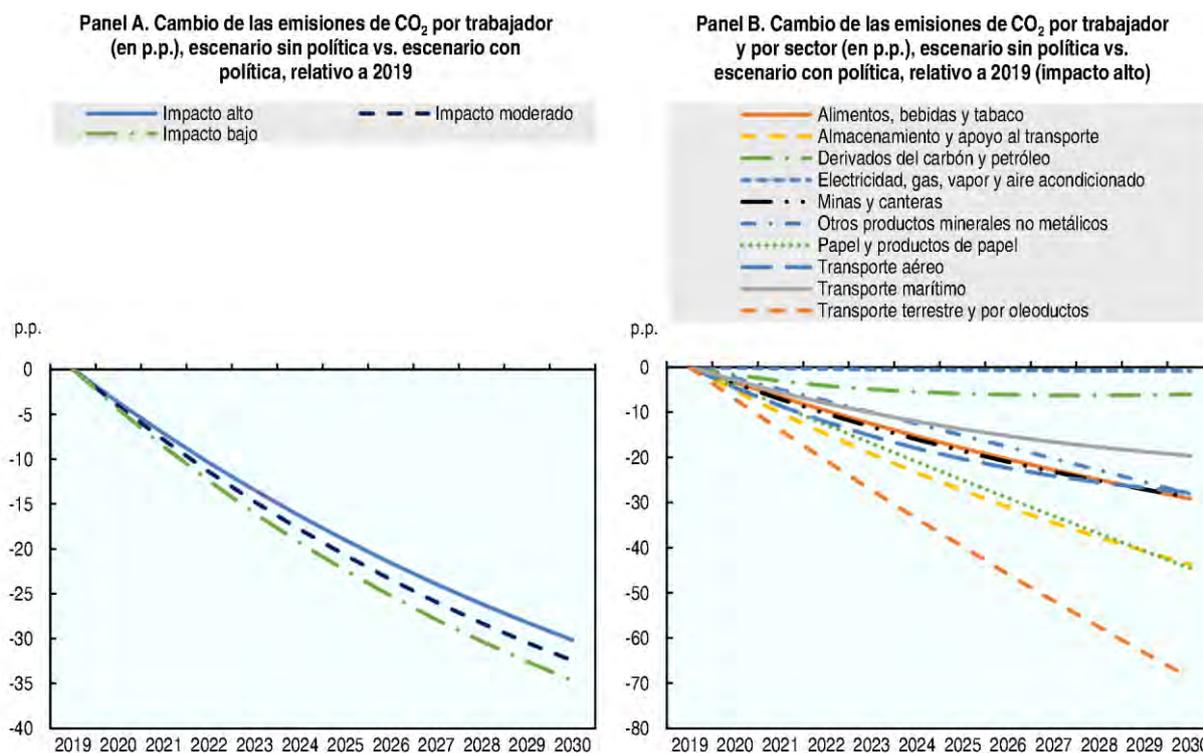
El crecimiento en las intensidades de carbono del empleo se explica a través de la diferencia entre la tasa de crecimiento de las emisiones y la tasa de crecimiento del empleo. Un mayor crecimiento del empleo relativo al crecimiento de las emisiones lleva a una reducción de las intensidades de carbono. Dado que se asume que la política reduce en un 5% anual la tasa de crecimiento promedio de las emisiones por sector, es necesario proyectar la tasa de crecimiento anual en el empleo. Para estimar el efecto sobre el empleo que la política de mitigación ocasionaría, en primer lugar, se calcula la elasticidad producto a corto plazo del empleo usando datos de 2009 hasta 2019 para los sectores marrones. Con este coeficiente, entonces, se puede determinar la tasa de crecimiento anual del empleo hasta 2030 en cada uno de los escenarios definidos anteriormente.

El Panel A del Gráfico 3.2 presenta el promedio ponderado del cambio relativo a 2019 de las emisiones de CO₂ por trabajador en puntos porcentuales (p.p.) en un escenario con política y sin política para los diferentes niveles de impacto. Como es de esperarse, en todos los escenarios se observa una reducción en las intensidades de carbono del empleo. Sin embargo, en el escenario de un impacto alto en el valor agregado de cada sector, también se tiene una reducción más alta en la tasa de crecimiento del empleo, dando como resultado una reducción menor en las intensidades de carbono por trabajador. Por ejemplo, en el escenario de impacto bajo en 2030, se obtiene una reducción de 34.6%, mientras que en el escenario de impacto alto la reducción alcanza un 30.2%.

Algunos sectores marrones, no obstante, alcanzarán una reducción relativamente mayor en las intensidades de carbono del empleo. Por un lado, los sectores para los cuales se podría observar una reducción más significativa en sus intensidades son 'transporte terrestre y por oleoductos' con un 69%,

'almacenamiento y apoyo al transporte' con un 45% y 'papel y productos de papel' con una disminución del 44%, de acuerdo con el Panel B del Gráfico 3.2, donde se presentan las proyecciones desagregadas para los sectores marrones bajo un escenario de alto impacto. Por otro lado, los sectores donde se estiman menores reducciones relativo a 2019 son 'electricidad, gas, vapor aire acondicionado' con una disminución aproximada de un 1%, 'carbón y refinados del petróleo' con una reducción del 6% y 'transporte marítimo' con un 20%.

Gráfico 3.2. Una reducción de las emisiones deberá traer una reducción en la intensidad de las emisiones de CO₂ por trabajador en sectores marrones a 2030



Nota: Los datos usan la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU Rev. 3) de todas las actividades, entre 2009 y 2019. Se asumen tres escenarios respecto al efecto sobre el crecimiento del valor agregado: uno que contempla una reducción de 5 puntos porcentuales (impacto alto), otro de 4 puntos porcentuales (impacto moderado) y otro de 3 puntos porcentuales (impacto bajo). Se asume además que el valor agregado puede crecer 1 punto porcentual anual debido a menores daños medioambientales. Para determinar el efecto de la política sobre el empleo a través del impacto de la política sobre el valor agregado real, se estima una elasticidad producto a corto plazo del empleo de 0.42 usando datos a nivel sectorial para el periodo de 2009 a 2019, controlando por efectos fijos y temporales.

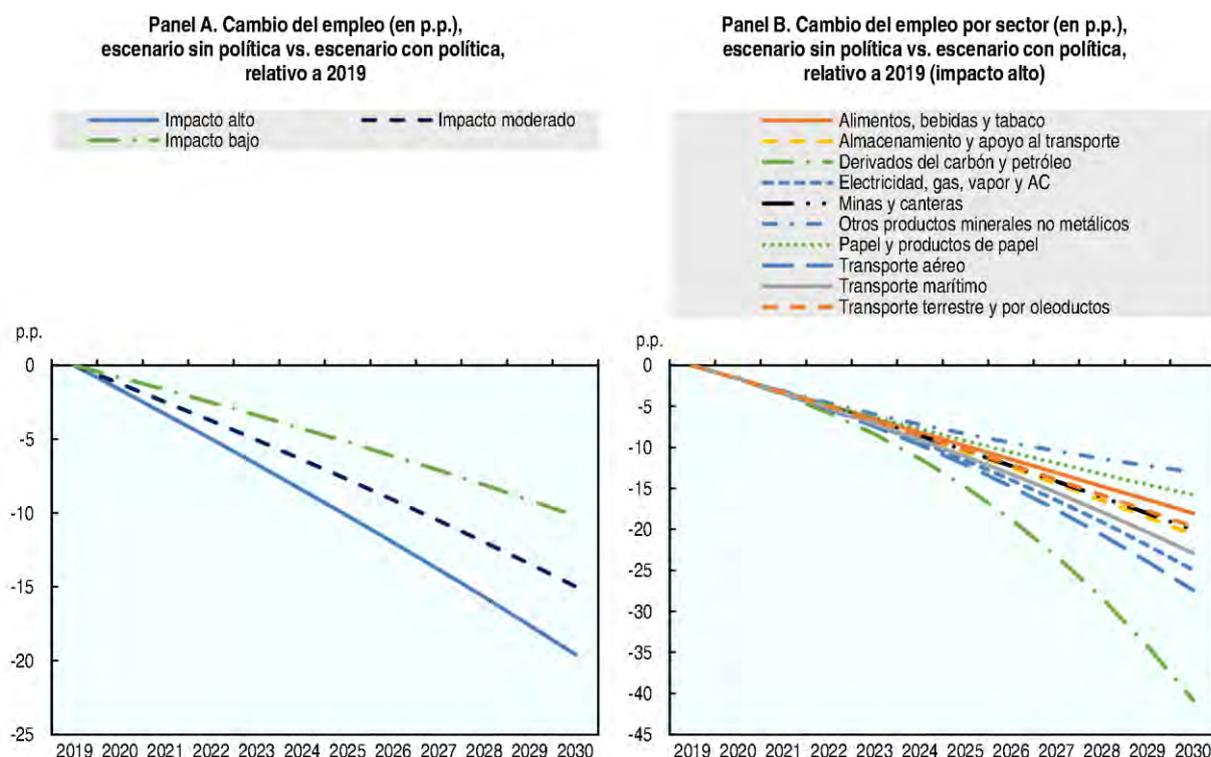
Fuente: Cálculos propios basados en datos OECD (2022^[27]), DANE (2022^[28]), y GEIH (DANE, 2022^[9]).

Cambio en el empleo en sectores marrones

Los efectos de las políticas de mitigación sobre el nivel del empleo en los sectores marrones, aunque tenues, serán negativos. Por lo tanto, generarán una contracción del empleo en estos sectores. Por ejemplo, en el escenario de un impacto bajo de la política, el cambio promedio ponderado del empleo relativo a 2019 en un escenario con política y sin política es de aproximadamente -10.2% en el año 2030. En el escenario de un impacto alto, una mayor caída en la tasa de crecimiento del valor agregado tendrá un efecto mayor sobre el nivel de empleo y se estima un cambio negativo en 2030 de aproximadamente un -20%. En el escenario de impactos moderados, se calcula una contracción en el empleo de un -15% en el año 2030 (ver Panel A del Gráfico 3.3).

De acuerdo con el Panel B del Gráfico 3.3, que asume un escenario de alto impacto, se proyecta que el nivel de empleo en el sector de 'carbón y refinados del petróleo' podría experimentar una reducción de hasta un 41% en 2030, respecto al nivel de empleo en el 2019 en dicho sector. Asimismo, otro de los sectores que serían más afectados es la industria del transporte aéreo, en la cual se estima una caída del 27% aproximadamente, seguido del sector de 'electricidad, gas, vapor y aire acondicionado' con un cambio negativo del 25% en el año 2030. En cambio, los resultados en los otros sectores confirman por qué, en algunas industrias, la política ambiental no genera reducciones significativas en las intensidades de carbono del empleo (ver Panel B del Gráfico 3.3).

Gráfico 3.3. Una reducción en las emisiones deberá traer un descenso en los empleos tradicionales en sectores marrones a 2030



Nota: Los datos usan la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU Rev. 3) de todas las actividades, entre 2009 y 2019. La política busca reducir las emisiones totales de CO₂ a una tasa del 5% anual. Se asumen tres escenarios respecto al efecto sobre el crecimiento del valor agregado: uno que contempla una reducción en la tasa de 5 puntos porcentuales (impacto alto), otro de 4 puntos porcentuales (impacto moderado) y otro de 3 puntos porcentuales (impacto bajo). Se asume además que el valor agregado puede crecer 1 punto porcentual anual debido a menores daños medioambientales. Para determinar el efecto de la política sobre el empleo a través del impacto de la política sobre el valor agregado real, se estima una elasticidad producto a corto plazo del empleo de 0.42 usando datos a nivel sectorial para el periodo de 2009 a 2019, controlando por efectos fijos y temporales.

Fuente: Cálculos propios basados en datos OECD (2022^[27]), DANE (2022^[28]), y GEIH (DANE, 2022^[9]).

Recuadro 3.1. Proyección de la evolución del empleo como resultado de la política ambiental utilizando una contabilización alternativa de las emisiones

Las proyecciones presentadas arriba utilizan datos de emisiones de GEI de la serie ‘Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales’, en particular, de la cuenta de emisiones al aire, publicados por el DANE (2022^[26]). Estos datos se utilizan debido a que permiten vincular los datos de emisiones por sector económico con las series de producción y empleo por sector productivo, lo cual, a su vez, permite un pronóstico más preciso.

Sin embargo, los datos del DANE reportan solo un tercio de las emisiones totales de GEI del país, reportadas en detalle en el *Biennial Update Report (BUR3)* (IDEAM et al., 2021^[25]) y expuestas en el Gráfico 1.3. Los datos de las emisiones totales del país siguen el marco del IPCC (WRI, 2005^[32]), en el que se delimitan los sectores según cualquier actividad, productiva o no, responsable de las emisiones de GEI. En este recuadro, presentaremos estimaciones basadas en un ejercicio diferente, en el que los sectores y las emisiones se basan en el marco BUR3 (IDEAM et al., 2021^[25]).

Las estimaciones del efecto sobre el empleo, basadas en esta metodología alternativa para la contabilización de las emisiones y la definición de sectores, son menos precisas que las presentadas anteriormente, dado que los sectores están menos desagregados y no puede establecerse una correspondencia precisa con las series de empleo y valor agregado. Sin embargo, las políticas de mitigación propuestas para reducir las emisiones pueden modelizarse mejor utilizando las categorías BUR3, dado que los datos sobre emisiones de GEI son más precisas. Así, mientras la cuenta satélite basada en las estimaciones del DANE representa solo 100 megatoneladas de CO₂e, las estimaciones de emisiones basadas en BUR3 son cercanas a 300 megatoneladas de CO₂e. La diferencia se explica porque los datos del DANE refieren solo a las emisiones directamente vinculadas a los procesos de producción.

Estas estimaciones se presentan para los principales países de ALC en el reporte de *Perspectivas económicas de América Latina 2022* (OCDE et al., 2022^[2]). Los datos sobre emisiones se fundamentan en la base de datos de Climate Watch (WRI, 2022^[33]) comparable en toda ALC. Los sectores se definen de la siguiente manera: (1) electricidad y calor, (2) fabricación de combustibles fósiles y construcción utilizando combustibles fósiles, (3) transporte, (4) procesos industriales, (5) cambio en el uso de la tierra y silvicultura, (6) agricultura, (7) desperdicio, y (8) búnkeres internacionales.

Solo algunos de estos sectores pueden compararse con los datos de las cuentas nacionales de Colombia sobre el valor agregado y las cifras de empleo de la encuesta de población activa. Este emparejamiento se realizó de la siguiente manera:

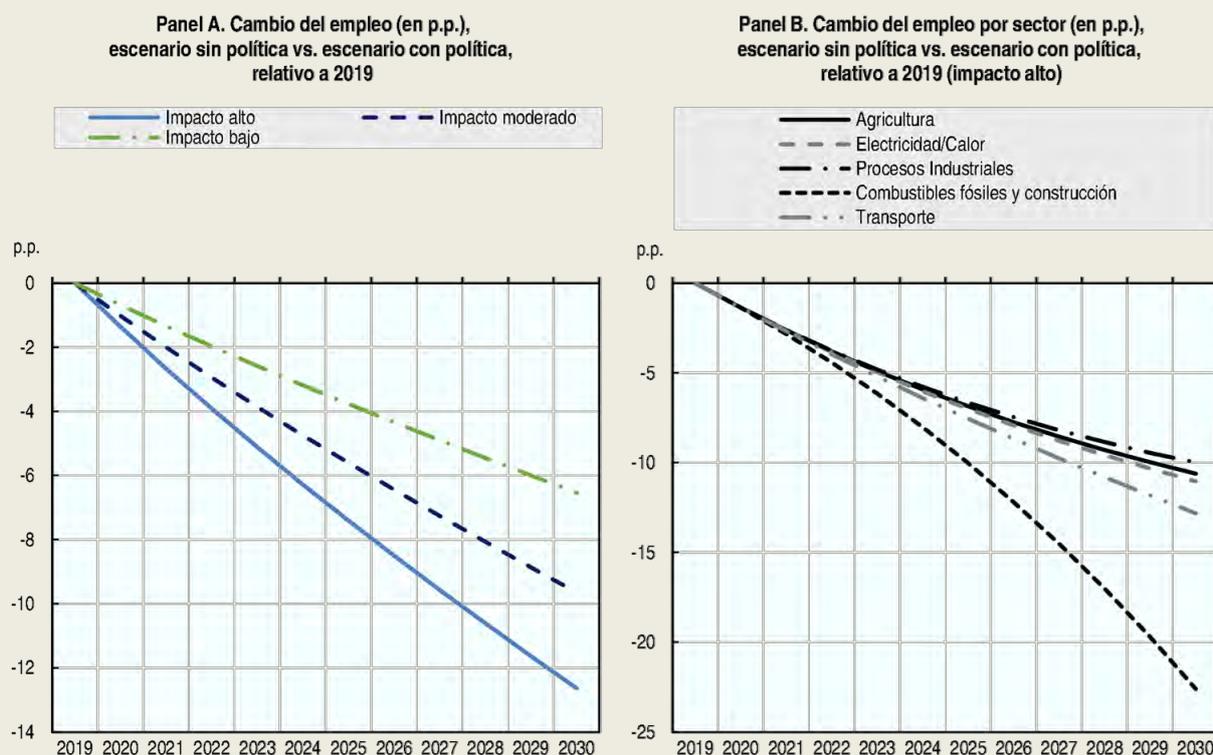
Cuadro 3.2. Equivalencias entre clasificaciones de sectores

Sector	CIIU Rev. 4
Electricidad y calor	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
Fabricación de combustibles fósiles y Construcción con combustibles fósiles	Extracción de carbón y lignito y la extracción de petróleo crudo y gas natural, más la fabricación de coque y productos refinados del petróleo más la construcción.
Transporte	Transporte y almacenamiento
Procesos industriales	Fabricación total excluyendo la fabricación de combustibles fósiles, tal como se define anteriormente en la categoría ‘Fabricación de combustibles fósiles y Construcción con combustibles fósiles’.
Agricultura	Agricultura, silvicultura y pesca
Residuos	Alcantarillado, actividades de recogida, tratamiento y eliminación de residuos, recuperación de materiales, actividades de remediación y otros servicios de gestión de residuos

La serie temporal de gestión de residuos en el empleo tuvo un salto significativo cuando la clasificación CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) se cambió de la Rev. 3.1 a la 4, ya que este sector se define con mayor precisión en la última versión de la CIIU. Por esta razón, los pronósticos de empleo para este sector no están presentes para Colombia, pero para otros países de ALC representan una pequeña proporción del empleo total dado el reducido tamaño del sector en términos de valor agregado. En el caso de Colombia, los sectores emparejados representan el 60% de las emisiones totales. El cambio de uso de suelo y la silvicultura, que representa el 31% del total, no puede vincularse a ningún flujo de valor agregado en el sector productivo, siendo a lo sumo un *stock* de capital natural que se utiliza para la producción.

Al realizar los pronósticos utilizando la misma metodología presentada en este documento, para cada uno de los escenarios en los sectores marrones definidos anteriormente, con respecto al escenario contrafactual (es decir, sin políticas de mitigación y adaptación) de 2019, el empleo caería entre un 6% y un 12.6% para 2030 (en comparación con una caída de entre el 10% y el 20% bajo la metodología usada anteriormente). Si bien esta reducción es menor al emplear esta metodología alternativa, el efecto es mayor debido a que su cobertura es mayor. Con esta metodología alternativa, la agricultura y la industria manufacturera se incluyen completamente en los sectores marrones. En general, el empleo en los sectores marrones representa el 42.5% del empleo total. El sector que experimentaría la mayor contracción sería la fabricación de combustibles fósiles y la construcción con combustibles fósiles (-22.6%), seguido por transporte (-12.8%), producción de electricidad y calor (-11%), agricultura (-10.6%) y procesos industriales (-10.6%) (ver Gráfico 3.4).

Gráfico 3.4. Cambio de empleo en Colombia, utilizando los sectores del IPCC



Nota: Panel B: Combustibles fósiles incluye extracción y manufactura de combustibles fósiles.

Fuente: Estimaciones basadas en *Perspectivas Económicas de América Latina 2022* (OCDE et al., 2022^[2]).

Creación de nuevos empleos verdes y reverdecimiento de los empleos marrones tradicionales

Las nuevas medidas en materia de mitigación y adaptación crearán también nuevas oportunidades tanto en sectores verdes como en ocupaciones verdes emergentes. Por un lado, la estrategia de mitigación traerá nuevas oportunidades en sectores verdes emergentes, tales como las energías renovables y los medios de transporte sostenible. Por otro lado, la estrategia de adaptación al cambio climático creará nuevos empleos verdes en áreas como la provisión de bienes y servicios ambientales, la reforestación, la protección y conservación de ecosistemas, la gestión ambiental y de residuos, y los sistemas de información y de tecnología, entre otros. Sin embargo, el surgimiento de estas nuevas ocupaciones y sectores está condicionado a un adecuado nivel de inversión pública y privada que, en parte, promueva la innovación gracias a un mayor gasto en investigación y desarrollo.

La inversión de recursos públicos y privados en sectores verdes potenciaría su desarrollo y consolidación en la economía colombiana. A continuación, se asume que un aumento de las inversiones en sectores verdes generaría un aumento proporcional en el valor agregado del sector que recibe estos recursos, teniendo en cuenta los resultados encontrados por Batini et al. (2021^[34]) para un panel de países. Es decir, un aumento de un punto porcentual en los niveles de inversión generaría un aumento de un punto porcentual adicional en la tasa de crecimiento del valor agregado del sector.

De manera similar, se consideran tres escenarios frente a las inversiones futuras en sectores verdes que deberían acompañar la estrategia de mitigación discutida anteriormente (Cuadro 3.3). Un primer escenario optimista donde se asume que la inversión pública y privada aumentaría en 2 puntos porcentuales adicionales. Un escenario moderado que asume un aumento de 1.5 puntos porcentuales en los niveles de inversión pública y privada. Finalmente, un escenario base que asume un aumento de 1 punto porcentual adicional. En línea con las estimaciones para los sectores marrones, se asume que el efecto traspaso de cambios en el valor agregado no es completo sobre el nivel de empleo (ver Anexo B para más detalles).

Cuadro 3.3. Escenarios del posible impacto de las políticas de adaptación sobre el valor agregado

Escenarios	Supuesto del nivel de inversión (pública y privada)	Impacto de la inversión en sectores verdes sobre el crecimiento del valor agregado de estos verdes
Optimista	Aumento de la inversión en 2 puntos porcentuales adicionales	Aumento de la tasa de crecimiento del valor agregado en 2 puntos porcentuales
Moderado	Aumento de la inversión en 1.5 puntos porcentuales adicionales	Aumento de la tasa de crecimiento del valor agregado en 1.5 puntos porcentuales
Base	Aumento de la inversión en 1 punto porcentual adicional	Aumento de la tasa de crecimiento del valor agregado en 1 punto porcentual

Nota: Se asume un multiplicador fiscal de la inversión igual a 1 (Batini et al., 2021^[34]).

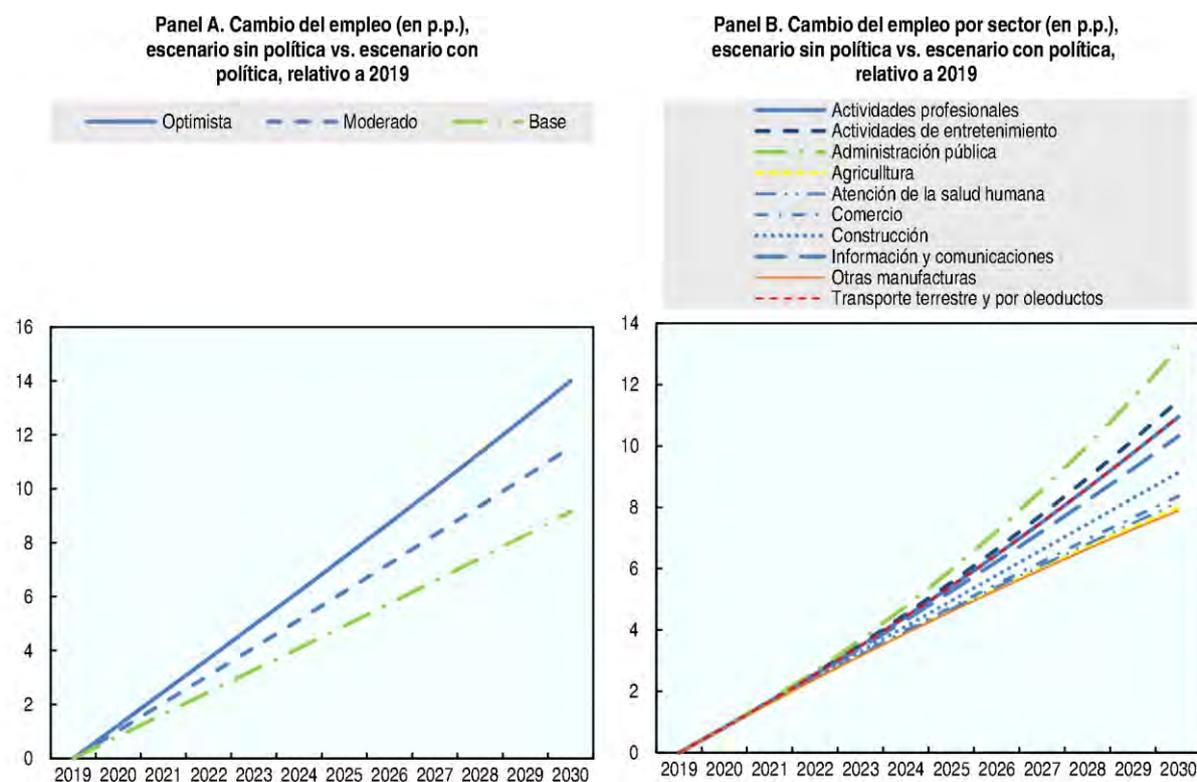
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el Panel A del Gráfico 3.5, relativo al año 2019, en el escenario optimista se estima un aumento promedio ponderado del empleo en los sectores verdes de un 14% aproximadamente. El escenario base reporta un cambio en el empleo también positivo de un 9%.

Los efectos sobre el nivel del empleo de las inversiones en sectores verdes son apreciables y significativos. De acuerdo con las proyecciones al 2030 del escenario base, las industrias que se verían beneficiadas de forma más positiva respecto a su propio nivel son las 'actividades profesionales', las 'actividades de entretenimiento', la 'administración pública', el sector de 'información y comunicaciones' y el de 'transporte terrestre y por oleoductos' (Panel B del Gráfico 3.5). Sin embargo, como se anota en los

cuadros siguientes, el efecto sobre el mercado laboral será mayor para los sectores que representan una mayor participación del empleo en Colombia.

Gráfico 3.5. La estrategia de mitigación y adaptación creará nuevos empleos en sectores potencialmente verdes



Nota: Los datos sobre industrias se refieren a CIU Rev. 3 desde 2009 hasta 2019. La política busca aumentar la inversión anual en estos sectores. Se asumen tres escenarios respecto a su efecto sobre el crecimiento del valor agregado, esto es, incrementos de 2 puntos porcentuales (optimista), 1.5 puntos porcentuales (moderado) y 1 punto porcentual (base). Para determinar el efecto de la política sobre el empleo a través de su impacto en el valor agregado real, se estima una elasticidad producto a corto plazo del empleo de 0.42 usando datos a nivel sectorial para el período de 2009 a 2019 controlando por efectos fijos y temporales.

Fuente: Cálculos propios basados en datos OECD (2022^[27]), DANE (2022^[28]), y GEIH (DANE, 2022^[9]).

La transición verde deberá contar con niveles de inversión suficientes para asegurar un impacto positivo sobre la creación neta de empleo formal

Teniendo en cuenta las proyecciones a 2030 para los sectores de interés, es posible calcular los efectos netos de la política de mitigación sobre los sectores marrones y de la política de inversión pública y privada para la adaptación sobre los sectores potencialmente verdes. Con base en las proyecciones presentadas, la creación neta acumulada de empleo sería de aproximadamente un 34% del empleo total que se obtendría en los sectores marrones y verdes en el 2030 en un escenario sin política. Este resultado corresponde al valor acumulado neto de empleo creado en los sectores marrones y en los verdes en un escenario de mitigación de impacto alto y de inversión verde bajo un escenario base. El número de empleos netos creados se explica por las diferencias presentes entre la participación de los sectores verdes en el total de empleo en Colombia relativo a la participación de las industrias marrones.

El impulso de la inversión y las políticas verdes eficaces son cruciales para lograr mejores resultados en materia de empleo. Incluso utilizando una definición más amplia de las industrias marrones (véase el

Recuadro 3.1), el crecimiento neto del empleo seguiría siendo positivo. Si se incluyen los sectores agrícola y manufacturero, el empleo en los sectores marrones representa el 42.5% del empleo total en 2020. En este caso, la destrucción de empleo será mayor. No obstante, la creación neta de empleo seguiría siendo positiva, con un 13.9% del empleo total en los sectores marrones y verdes (OCDE et al., 2022^[21]). El Cuadro 3.4 presenta la descomposición de la participación de los sectores verdes en el cambio total en el empleo estimado en el Gráfico 3.5 para el año 2030.

En particular, el Cuadro 3.4 indica que los sectores productivos con mayor participación en el crecimiento del empleo en los sectores verdes en el 2030 serían el sector ‘comercio’, con una incidencia de 2.28 puntos porcentuales adicionales, seguido del sector ‘agricultura’ con una incidencia de 1.94 puntos porcentuales, y finalmente el sector de ‘transporte terrestre y por oleoductos’ con una incidencia de 1.09 puntos porcentuales.

Cuadro 3.4. Cambios porcentuales en la creación de empleos en los sectores verdes en 2030, bajo escenario base

Sectores verdes	Cambio porcentual en 2030
Comercio	+ 2.28
Agricultura	+ 1.94
Transporte terrestre y por oleoductos	+ 1.09
Actividades profesionales	+ 1.05
Actividades de entretenimiento	+ 0.98
Construcción	+ 0.77
Otras manufacturas	+ 0.61
Atención de la salud humana	+ 0.20
Administración pública	+ 0.17
Información y comunicaciones	+ 0.07

Nota: La suma total del cambio porcentual en 2030 corresponde al cambio del empleo en 2030 en el escenario base (Cuadro 3.5).

Fuente: Cálculos propios basados en datos OECD (2022^[27]), DANE (2022^[28]), y GEIH (DANE, 2022^[29]).

Asimismo, el Cuadro 3.5 reporta que los sectores productivos con mayor participación en la contracción del empleo en los sectores marrones en el 2030 serían los sectores de ‘transporte terrestre y por oleoductos’, ‘alimentos, bebidas y tabaco’, y ‘almacenamiento y apoyo al transporte’, con incidencias sobre la variación total del empleo en industrias marrones de -8.01, -5.57, y 2.88 puntos porcentuales, respectivamente.

Bajo la contabilización alternativa de las emisiones de GEI expuesta en el Recuadro 3.1, las estimaciones apuntan, igualmente, a una creación positiva neta acumulada de empleo. Si se usan los datos de las emisiones totales del país a partir del marco del IPCC (WRI, 2005^[32]), en el que se delimitan los sectores según cualquier actividad, productiva o no, responsable de las emisiones de GEI (ver Recuadro 3.1), el efecto de creación neta acumulada de empleo sería entre el 4.5% y 14%, dependiendo de los diferentes escenarios de inversión para promover las actividades verdes. Este menor impacto se explica principalmente por la inclusión de una mayor proporción de actividades, las que están agrupadas en el marco BUR3 (IDEAM et al., 2021^[25]). El inconveniente de esta metodología alternativa, que es más amplia en términos de actividades, es que no permite de manera precisa conectar y analizar las series de producción y empleo por sector productivo.

Cuadro 3.5. Cambios porcentuales en la creación de empleos en los sectores marrones en 2030, bajo un escenario de alto impacto

Sectores marrones	Cambio porcentual en 2030
Transporte terrestre y por oleoductos	- 8.01
Alimentos, bebidas y tabaco	- 5.57
Almacenamiento y apoyo al transporte	- 2.88
Electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	- 1.19
Transporte aéreo	- 0.65
Minas y canteras	- 0.48
Otros productos minerales no metálicos	- 0.32
Papel y productos de papel	- 0.28
Derivados del carbón y petróleo	- 0.10
Transporte marítimo	- 0.09

Nota: La suma total del cambio porcentual en 2030 corresponde al cambio del empleo en 2030 en el escenario de alto impacto (Cuadro 3.3.).
Fuente: Cálculos propios basados en datos OECD (2022^[27]), DANE (2022^[28]), y GEIH (DANE, 2022^[29]).

Así, de contar con suficientes niveles de inversión, la Ley 2169 de 2021 tiene el potencial de convertirse en un dinamizador del empleo, mientras contribuye a la mitigación de las emisiones y la adaptación al cambio climático. Asimismo, su implementación podría contribuir a los esfuerzos por incrementar la formalización laboral, dado que los empleos en sectores verdes tienden a tener un nivel de informalidad más bajo que en el resto de la economía (ver Sección 4). En materia de adaptación, esta ley contempla la implementación de varias prácticas que demandarían mano de obra y crearán nuevos puestos de trabajo. Por ejemplo, se espera que a 2030 se incremente en 100 000 hectáreas las áreas en proceso de rehabilitación, recuperación o restauración del Sistema de Parques Nacionales y sus zonas de influencia. Igualmente, se establece la meta de alcanzar a 2030 el 68% del tratamiento de las aguas residuales urbanas domésticas (ver Cuadro 3.6).

Cuadro 3.6. Metas en materia de adaptación al cambio climático de sectores con potencial de reverdecimiento

	Metas
Sector Vivienda, Ciudad y Territorio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incorporar a 2030 la adaptación al cambio climático en los instrumentos territoriales, a través del desarrollo de lineamientos, herramientas y criterios que orienten la gestión de la adaptación en el sector. 2. Desarrollar a 2030 acciones de protección y conservación en 24 cuencas abastecedoras de acueductos en los municipios susceptibles al desabastecimiento por temporada de bajas precipitaciones y temporada de lluvia. 3. Desarrollar a 2030 acciones estructurales y no estructurales de gestión del riesgo para la adaptación al cambio climático en el 30% de los municipios priorizados por susceptibilidad al desabastecimiento por temporada seca y temporada de lluvias. 4. Alcanzar a 2030 el 68% del tratamiento de las aguas residuales urbanas domésticas. 5. Reusar a 2030 el 10% de las aguas residuales domésticas tratadas por los prestadores del servicio público de acueducto.
Sector Salud y de la Protección Social	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formular a 2030 acciones de adaptación en prevención de la enfermedad y promoción de la salud, que aporten a reducir los casos de enfermedades sensibles al clima en el 100% de las entidades del sector salud a nivel departamental, distrital y municipal. Adicionalmente, a 2030 estarán implementadas las acciones en un 40% de las citadas entidades. 2. A 2030 el 40% de las instituciones prestadoras de servicios de salud del sector público habrán implementado acciones de adaptación ante los posibles eventos asociados a la variabilidad y cambio climático.
Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adoptar a 2030 consideraciones de cambio climático en los instrumentos de planificación del sector agropecuario (PIGCCS) e implementar acciones de adaptación. 2. Incorporar a 2030, por parte de las instituciones adscritas al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, criterios relacionados con la adaptación y resiliencia climática en sus planes, programas y proyectos. 3. Implementar a 2030, en al menos 11 subsectores agropecuarios (arroz, maíz, papa, ganadería de carne, ganadería de leche, caña panelera, cacao, banano, café, caña de azúcar y palma de aceite), modelos que mejoren sus capacidades para adaptarse a la variabilidad y cambio climático, a través de la investigación, el desarrollo tecnológico y la adopción de

	<p>prácticas de transformación productiva de las actividades agrícolas y ganaderas para hacerlas más resilientes.</p> <p>4. Incorporar a 2030, en los Acuerdos Sectoriales de Competitividad, medidas para la transformación productiva mediante la implementación de tecnologías de última generación (genética, biotecnología, Agricultura 4.0, metabolómica y demás herramientas tecnológicas necesarias para cumplir las metas, para la adaptación al cambio climático, por parte de todas las Organizaciones de Cadena reconocidas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.</p> <p>5. Ampliar a 2030 la cobertura y participación en las mesas técnicas agroclimáticas a cinco regiones naturales del país (Andina, Caribe, Amazonía, Pacífica y Orinoquía), en articulación con la mesa agroclimática nacional, y suministrar información agroclimática a todos los productores agropecuarios del territorio nacional.</p>
Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar e implementar a 2028 un Sistema Integrador de Información sobre Vulnerabilidad, Riesgo y Adaptación al Cambio Climático (SIIVRA), que permita monitorear y evaluar la adaptación al cambio climático en Colombia. 2. Formular o ajustar a 2030 un mínimo de 135 Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) incorporando consideraciones de variabilidad y cambio climático, de conformidad con la priorización que establezca el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 3. En 2025, el 100% de los páramos de Colombia contarán con planes de manejo ambiental en implementación. 4. Incrementar al 2030, en un 15% con relación a la línea base de representatividad del 2021, los ecosistemas o unidades de análisis ecosistémicos no representados o subrepresentados en el Sistema Nacional de Áreas protegidas (SINAP). 5. Incrementar al 2030, en 100 000 hectáreas, las áreas en proceso de rehabilitación, recuperación o restauración en las áreas del Sistema de Parques Nacionales y sus zonas de influencia. 6. Actualizar e implementar a 2030 el 100% del Programa Nacional de Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar. 7. Adoptar e implementar a 2030, el 100% de los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de las Unidades Ambientales Costeras (POMIUAC) con acciones de adaptación basada en ecosistemas sobre manglar y pastos marinos, arrecifes coralinos y otros ecosistemas costeros. 8. Implementar a 2030 un mínimo de seis iniciativas de adaptación al cambio climático y gestión del riesgo para el uso sostenible de los manglares (ecosistema de carbono azul), de acuerdo con la priorización que establezca el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 9. A 2030 el país reducirá en un 30% las áreas afectadas por incendios forestales, respecto al 2019, de manera articulada e interinstitucional, operativizando los procesos para la gestión, conocimiento y reducción del riesgo de incendios forestales y el manejo de los desastres, a través de las siete estrategias definidas en la NDC en materia de incendios forestales. 10. Incrementar a 2030, del 24% al 45% la red de monitoreo con transmisión en tiempo real conectada a sistemas de alerta temprana, y coordinar con la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres el fortalecimiento de las capacidades territoriales para el monitoreo, vigilancia y evaluación permanente de amenazas, así como la emisión y difusión oportuna de alertas tempranas. 11. Desarrollar e incorporar a 2022 un indicador que refleje el avance en el acotamiento de rondas hídricas, como parte de los indicadores mínimos de gestión de las Autoridades Ambientales, de que trata en el Decreto 1076 de 2015. 12. Acotar a 2030, los cuerpos de agua priorizados por parte de las Autoridades Ambientales competentes, de conformidad con la guía técnica para el acotamiento de rondas hídricas expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y demás instrumentos correspondientes. 13. Al 2030 promover acciones priorizadas en los Planes Estratégicos de Macrocuencas, que aporten a la implementación de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático de cada macrocuenca. 14. Incorporar a 2030 la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) en el 100% de las Áreas Marinas Protegidas que hacen parte del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas del SINAP, a través de medidas de gestión del cambio climático. 15. Declarar a 2030, un mínimo del 30% de los mares y áreas continentales bajo categorías de protección o estrategias complementarias de conservación. 16. A 2030, el 100% del Plan Maestro de Erosión Costera estará actualizado, adoptado y en proceso de implementación. 17. Implementar las acciones requeridas para que los instrumentos de manejo y control ambiental de proyectos, obras o actividades incluyan consideraciones de adaptación y mitigación al cambio climático con especial énfasis en la cuantificación de las emisiones de GEI y los aportes que las medidas de compensación ambiental pueden hacer a la Contribución Nacional ante la CMNUCC. 18. Formular e implementar a 2025, las acciones requeridas para conservar y mejorar sumideros y depósitos de gases efecto invernadero. 19. Impulsar políticas e incentivos para actividades relacionadas con la reducción de emisiones por deforestación y degradación de los ecosistemas forestales y gestión de productos no maderables del bosque en concordancia con lo establecido en Acuerdo de París. 20. Intervenir a 2025 los puntos diagnosticados como de gran impacto y de impacto extremo bajo la implementación del plan maestro de erosión costera, como medida de mitigación de los impactos socio económicos y ecológicos de más del 11% de la población colombiana ubicada en zonas costeras.

Fuente: Ley 2169 de 2021 (Congreso de Colombia, 2021^[24]).

Recuadro 3.2. Impacto de las políticas públicas para reducir la deforestación

La Ley 2169 establece el objetivo de acabar con la deforestación para 2030 (Congreso de Colombia, 2021^[24]). Resulta complejo evaluar *ex ante* el impacto de este objetivo sobre el mercado laboral colombiano, pero experiencias y evaluaciones previas a nivel global permiten considerar distintas dimensiones en que la reducción de la deforestación puede impactar el mercado laboral.

Investigaciones recientes muestran que la productividad de los trabajadores disminuye sustancialmente debido a la deforestación (Masuda et al., 2021^[35]). En particular, el aumento de las temperaturas causado por la deforestación tropical reduce la productividad de los trabajadores en las comunidades rurales. Un artículo sobre un ensayo de campo en Indonesia (Masuda et al., 2021^[35]) sugiere que la productividad de los trabajadores era un 8.22% menor en los entornos deforestados en comparación con los boscosos, donde la temperatura de globo y bulbo húmedo era, en promedio, 2.84 °C más alta en los entornos deforestados. Las pérdidas de productividad están motivadas por las adaptaciones comportamentales, asociadas al aumento del número de pausas en el trabajo. El efecto de refrigeración de los bosques tiene el potencial de aumentar la resistencia y la capacidad de adaptación al calentamiento local y puede impulsar la productividad de los trabajadores de las comunidades locales. Además, la exposición al calor derivada de la deforestación tropical puede provocar una disminución en el rendimiento cognitivo, incluso en entornos laborales favorables. Masuda et al. (2020^[36]) demuestra que los participantes en entornos deforestados obtuvieron puntuaciones más bajas, de forma estadísticamente significativa, en el rendimiento cognitivo. Estos resultados sugieren que la reducción de la deforestación ayudaría al bienestar de las comunidades rurales locales y el desempeño laboral.

El efecto sobre los niveles de empleo en las comunidades rurales depende en última instancia de la adopción de políticas integradas. En principio, la reducción de la deforestación puede reducir la contribución del sector forestal tanto al producto interno como al empleo (Terence Epule et al., 2014^[37]). Sin embargo, estos efectos sobre el empleo y la actividad pueden ser compensados mediante la implementación de las políticas nacionales adecuadas, donde el involucramiento de las comunidades locales puede jugar un rol relevante, y la adhesión a mecanismos internacionales de compensación por la reducción de la deforestación (Terence Epule et al., 2014^[37]). Asimismo, el apoyo a los trabajadores del sector es necesario para la consecución del objetivo de eliminar la deforestación evitando impactos negativos en el empleo. En este sentido, se puede citar la experiencia de China, donde tras la prohibición de la tala en bosques naturales a fines de la década del 90 alrededor de un millón de trabajadores perdieron sus empleos. Mediante una combinación de reemplazo en el mismo sector, formación empresarial, protección social y asistencia en la creación de empleos alternativos, se logró una transición satisfactoria para el 90% de los trabajadores afectados (OIT, 2013^[38]).

Por otra parte, el desarrollo de la irrigación y otras políticas de apoyo a la agricultura pueden ayudar a detener la deforestación e impulsar al mismo tiempo el empleo en las comunidades rurales (Shively and Pagiola, 2004^[39]). Las oportunidades de empleo no agrícola creadas por el desarrollo del riego pueden contribuir a reducir las tasas de tala de bosques. Shively y Pagiola (2004^[39]) sugieren que, si bien algunas ganancias iniciales de empleo se han revertido, los aumentos de productividad agrícola inducidos por los salarios pueden reducir la presión forestal. Los resultados de la investigación muestran que el riego en las tierras bajas ha tenido efectos directos, indirectos y rezagados sobre las tasas de tala de bosques, y que puede estar en juego un círculo virtuoso, en el que el riego conduce tanto a la reducción de la pobreza como a la disminución de la presión forestal. Así, deberían fomentarse alternativas económicas a la deforestación generando empleo en las zonas de origen y en destinos migratorios alternativos, apoyando los usos sustentables de los bosques y el abastecimiento

alternativo de los mercados nacionales de productos como la madera, y recompensando los servicios ambientales de los bosques (Fearnside, 2008^[40]).

Por último, los resultados de un ejercicio de simulación en Brasil, país que tiene como objetivo detener por completo la deforestación para el año 2030, muestran que el efecto negativo de esta política sobre el crecimiento y el empleo son mínimos, oscilando entre 0% y 1% en comparación con el escenario de referencia, dependiendo de cada región amazónica (Sabadini Carvalho, Paulo Domingues and Horridge, 2017^[41]).

En términos generales, para amortiguar los efectos negativos en las regiones más expuestas, la reducción de la deforestación debe ir acompañada de un aumento de la productividad de la tierra. Asimismo, las políticas para frenar la deforestación ilegal deberían promover incentivos económicos para la conservación de los bosques. Estos incentivos pueden consistir en concesiones forestales para la gestión sostenible de los bosques, el pago por servicios ambientales o la promoción de programas destinados a aumentar la productividad de las tierras deforestadas.

La Ley 2169 (Congreso de Colombia, 2021^[24]) también establece una serie de metas en materia de medios de implementación de la estrategia de adaptación y mitigación. Las metas se organizan alrededor de cinco ámbitos: planificación; educación, formación y sensibilización; información, ciencia, tecnología e innovación; e instrumentos económicos y mecanismos financieros. El cumplimiento de estas metas demandará inversión y nueva mano de obra en sectores identificados con potencial de volverse más verdes, tales como la administración pública, la información y comunicaciones, y actividades profesionales, entre otros (Cuadro 3.7).

Respecto a la inversión necesaria, el último elemento incluido en el Cuadro 3.7, precisamente insiste en la necesidad de promover instrumentos económicos y mecanismos financieros, tal como se ha venido desarrollando en el país mediante las emisiones recientes de bonos soberanos verdes y la implementación de una taxonomía verde. Adicionalmente, la ley define una serie de metas que serán clave para la transformación de la mano de obra y la creación de competencias verdes, tales como la incorporación del cambio climático en la educación formal (preescolar, básica primaria y secundaria, media y superior) y en la educación para el trabajo y el desarrollo humano.

Cuadro 3.7. Metas en materia de medios de implementación

	Metas
Ámbito de Planificación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecutar a 2025, nueve pilotos para la implementación de acciones de los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT), por parte de las entidades territoriales. 2. Formulados y en implementación a 2030 el 100% de los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT), por parte de las entidades territoriales. 3. Formular a 2025 el 100% de los Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS). 4. En implementación a 2030, 100% de los Planes Integrales de Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS).
Ámbito de Educación, Formación y Sensibilización	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualizar a 2030 la Política Nacional de Educación Ambiental para resignificarla y evidenciar en ella la importancia y premura del abordaje en todos los niveles de la educación del cambio climático, de acuerdo con el contexto nacional, regional y local, desde los enfoques de derechos humanos, intergeneracional, diferencial, étnico y de género. 2. Incorporar a 2030 el cambio climático en la educación formal (preescolar, básica primaria y secundaria, media y superior) y en la educación para el trabajo y el desarrollo humano, en el marco de la autonomía institucional, como componente esencial para promover una transición justa, desde los enfoques en derechos humanos, intergeneracional, diferencial, étnico y de género. 3. Integrar a 2030 en las políticas, normatividad e instrumentos de cambio climático, procesos de formación, capacitación y sensibilización con enfoque en derechos humanos, diferencial, étnico de género e intergeneracional. 4. Definir e implementar a 2025 estrategias en los PIGCCT y PIGCCS para integrar procesos de formación, capacitación y sensibilización, con enfoque en derechos humanos, intergeneracional, diferencial, étnico y de género. 5. Diseñar e implementar estrategias pedagógicas en el marco de la Escuela Nacional de Formación Ambiental (SAVIA) para sensibilizar y formar a la ciudadanía sobre las causas y las consecuencias del cambio climático, fortaleciendo las competencias ciudadanas para la participación efectiva en la acción por el clima.

<p>Ámbito de Información, Ciencia, Tecnología e Innovación</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir a 2025 cuatro sublíneas de investigación, dentro de las líneas de cambio climático del Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental (PENIA), que se alineen con las necesidades priorizadas y articuladas con los PIGCCT y los PIGCCS. 2. Ejecutar a 2030 un proyecto de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) en cada una de las líneas de investigación en cambio climático del Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental (PENIA). 3. En ejecución a 2025, un proyecto para cada línea (4 líneas) de investigación del PENIA en CTel articulados con los PIGCCT y las metas de la Contribución Nacional ante la CMNUCC. 4. Integrar a 2030 la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) en la implementación de acciones de mitigación de GEI y adaptación al cambio climático, en todos los departamentos del país, mediante la ejecución de proyectos que se articulen con los PIGCCT y con el PENIA. 5. Conceptualizar a 2025 la totalidad del Sistema Nacional de Información de Cambio Climático (SNICC). 6. Implementar a 2030, el 100% del piloto del Sistema Nacional de Información de Cambio Climático (SNICC).
<p>Ámbito de Instrumentos Económicos y Mecanismos Financieros</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formulado y en implementación a 2025 el 100% del plan de acción de corto plazo de la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático (ENFC). 2. En implementación a 2030 el 100% de la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático (ENFC). 3. En implementación a 2030 el 100% del Programa Nacional de Cupos Transables de Emisión (PNCTE). 4. En implementación a 2030 el 100% de la taxonomía verde de Colombia.

Fuente: Ley 2169 de 2021 (Congreso de Colombia, 2021^[24]).

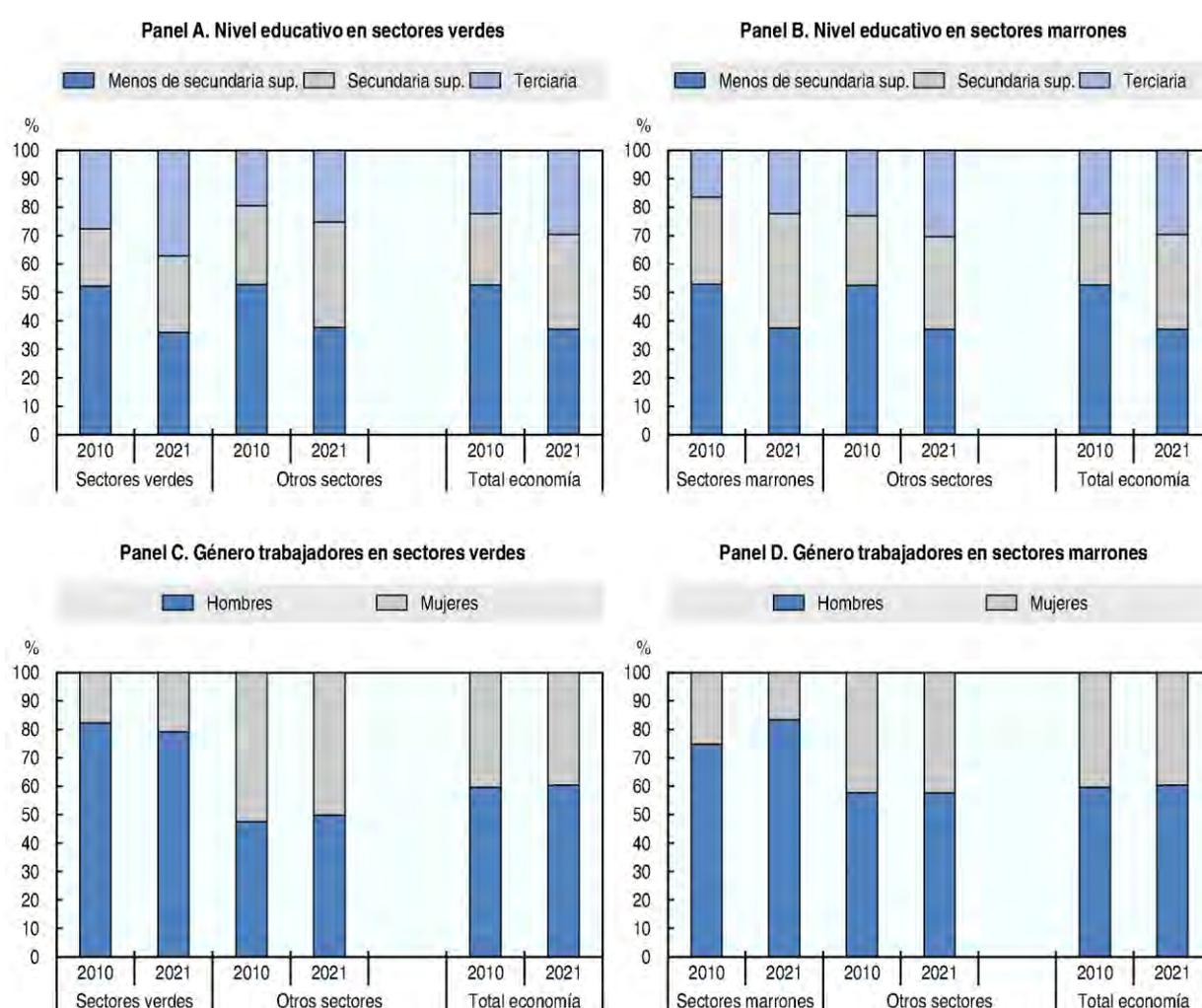
4 Características de los trabajadores en los sectores verdes y marrones

Los sectores de la economía colombiana con mayor potencial verde registraron altas tasas de crecimiento del empleo en la última década, mientras varios sectores marrones registraron un crecimiento lento o negativo. Si bien algunos retos persisten, la fuerza laboral ha incrementado su nivel educativo, especialmente en los sectores con potencial verde. Esta sección analiza qué tan dinámica es la movilidad de los trabajadores entre los sectores marrones tradicionales y los sectores con potencial verde. La implementación de políticas que faciliten la transición de los trabajadores colombianos desde empleos marrones tradicionales a los empleos verdes emergentes será clave para asegurar que la transición verde sea también justa e inclusiva.

Características de los trabajadores en los sectores marrones y verdes

En la última década, los trabajadores colombianos han incrementado su nivel educativo. Los trabajadores con un nivel educativo menor a secundaria superior disminuyeron del 52.6% al 37% entre 2010 y 2021, mientras que los trabajadores con un nivel educativo igual a secundaria superior aumentaron del 25.1% al 33.4% en el mismo periodo. De manera similar, los trabajadores con educación terciaria aumentaron del 22.3% al 29.5% del total de trabajadores de la economía. Los sectores verdes, en particular, emplean más trabajadores cualificados que los marrones, con un 37.1% de sus trabajadores con educación terciaria en 2021, comparado con un 22.2% de los empleados en los sectores marrones (ver Panel A y Panel B del Gráfico 4.1).

Gráfico 4.1. A pesar de que Colombia ha mejorado el nivel de educación de su fuerza laboral, la participación de las mujeres se ha mantenido baja



Nota: Panel A y C: Los datos sobre ocupaciones verdes se refieren a la intensidad promedio de las tareas definidas en verde en el nivel de codificación ISCO de dos dígitos (Vona et al, 2018^[10]). Panel B y D: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU Rev. 3 desde 2009 hasta 2019. A partir de 2020 se refieren a CIIU Rev. 4. Las industrias marrones se definen como las 10 principales industrias en términos de emisiones de efecto invernadero por unidad de valor agregado.

Fuente: Elaboración propia usando datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022^[9]).

En materia de género, Colombia ha avanzado lento en la inclusión de mujeres en el mercado laboral. La participación de mujeres en la fuerza laboral se ha mantenido estancada, pasando de un 40.4% en 2010 a un 39.6% en 2021 (ver Panel C y Panel D del Gráfico 4.1). Durante la pandemia, las mujeres se vieron más afectadas que los hombres en términos laborales al registrar una mayor pérdida de empleo y un aumento en el tiempo dedicado a cuidados no remunerados, dadas las limitaciones en el funcionamiento de escuelas y servicios asistenciales (OCDE et al., 2021^[1]). El panorama de participación de mujeres en la fuerza laboral es mucho más crítico en los sectores verdes y marrones en comparación con el resto de la economía. En 2021, las mujeres representaron apenas un 20.9% de los trabajadores en sectores verdes y un 16.6% en sectores marrones. Mientras que en los sectores verdes ganaron algunos puntos porcentuales de representación entre 2010 y 2021, en sectores marrones su representación disminuyó, pasando de 25.1% a 16.6% (ver Panel C y Panel D del Gráfico 4.1).

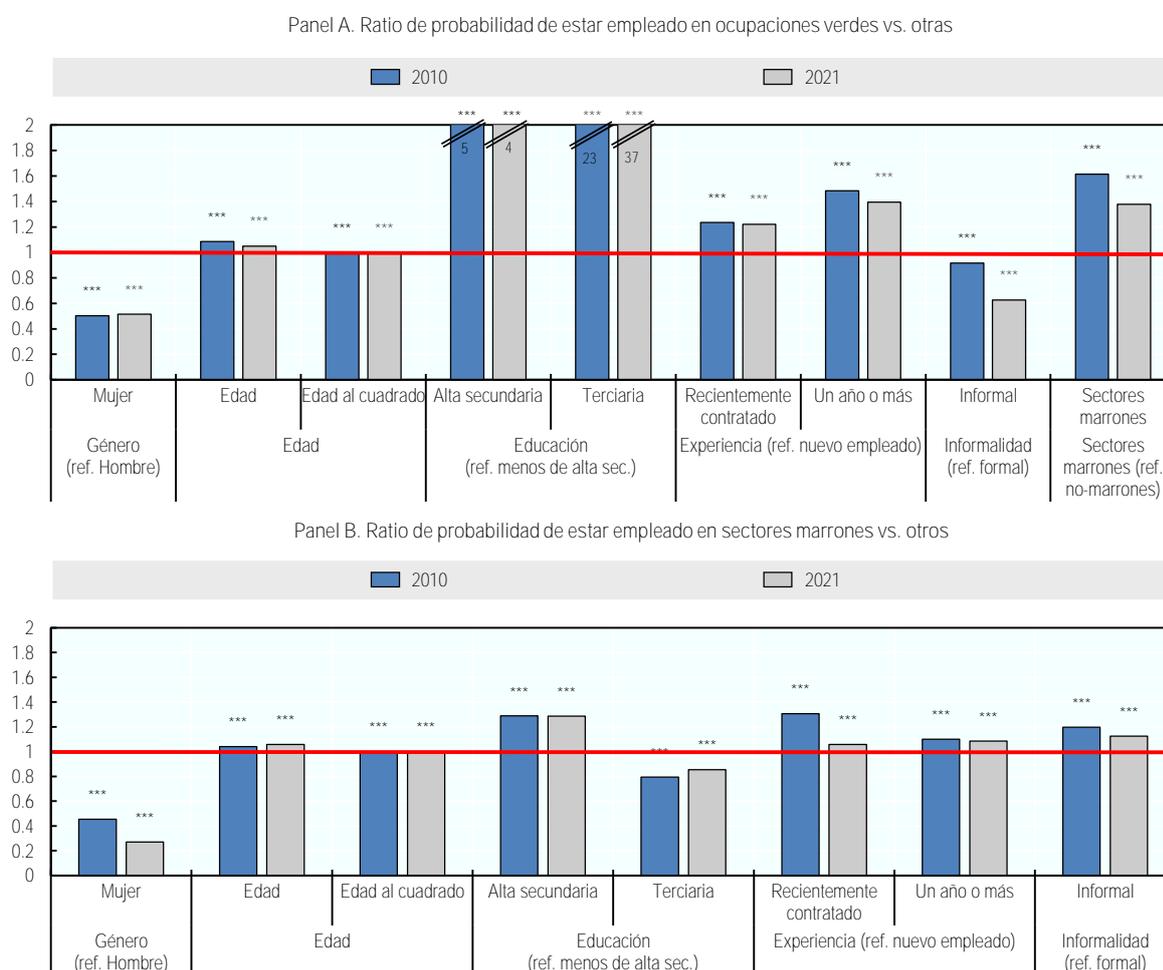
El Panel A del Gráfico 4.2 muestra las ratios de probabilidad de estar empleado en empleos verdes frente a otros empleos no verdes, manteniendo constantes otras variables. Las personas que trabajan en empleos verdes tienen mayor probabilidad de ser hombres, menor probabilidad de ser informales, tienen ligeramente más edad y mayor experiencia laboral en comparación con las personas que trabajan en empleos no verdes. Las ratios de probabilidad no han cambiado mucho a través del tiempo, con la excepción de la informalidad. En 2021, las personas que trabajan en empleos verdes tienen mayor probabilidad de ser formales con respecto a los demás empleos, en comparación a una década anterior.

Un elemento importante para considerar en el marco de la transición verde es que los trabajadores que tienen empleos verdes en Colombia tienen más probabilidades de encontrarse empleados en sectores marrones. Por ejemplo, los ingenieros que llevan a cabo tareas verdes frecuentemente están empleados en sectores marrones, como el sector de energía (electricidad, gas, vapor y aire acondicionado). De hecho, algunos de los sectores marrones presentan un grado mayor de intensidad de tareas verdes (ver Anexo A), como es el caso de los sectores de energía, manufactura o algunos modos de transporte. Esto representa una señal del potencial de estas industrias de transitar hacia tecnologías y competencias más verdes de los trabajadores.

Los trabajadores empleados en sectores marrones tienen más probabilidad de ser hombres y de tener una educación media superior, en comparación con los trabajadores empleados en sectores no marrones, mientras tienden a tener una edad y experiencia similares (ver Panel B Gráfico 4.2). La probabilidad relativa es estable a lo largo del tiempo, con excepción de la experiencia laboral. En 2021, un trabajador en un sector marrón tuvo ligeramente menor probabilidad de tener experiencia, con respecto a los ocupados en sectores no marrones, en comparación con 2010. Finalmente, los empleados en sectores marrones tienen mayor probabilidad de ser informales que aquellos empleados en sectores no marrones.

Esto, sumado a que la formalidad es más alta en sectores verdes que en el resto de la economía, sugiere que la transición hacia una economía más verde podría impulsar una mayor formalización en el mercado laboral colombiano.

Gráfico 4.2. Los empleos verdes tienen trabajadores con más edad que otros sectores, mayor experiencia laboral y nivel de educación, mayor probabilidad de ser hombres y menor probabilidad de ser informales



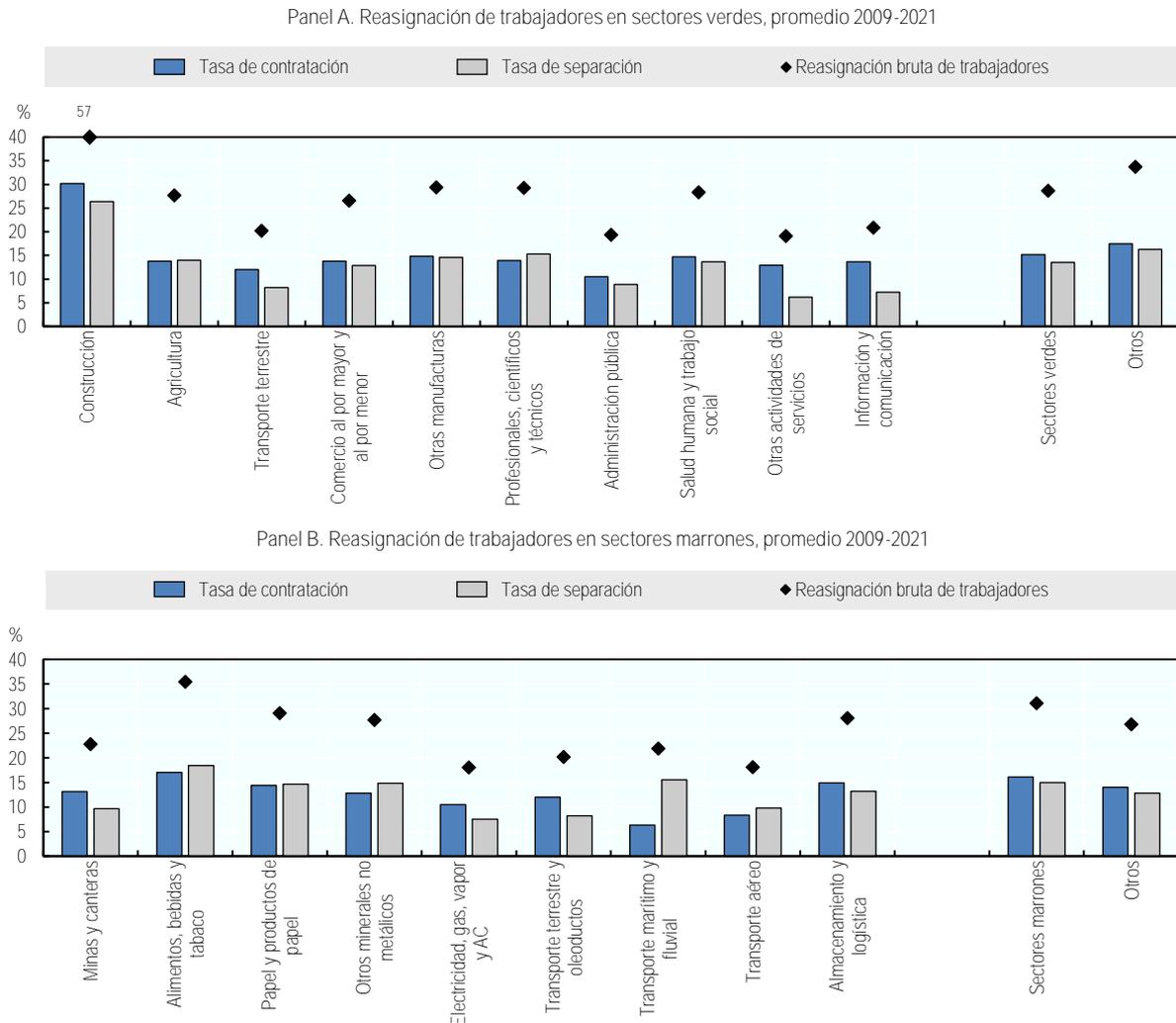
Nota: Panel A: Los datos sobre ocupaciones verdes se refieren a la intensidad promedio de las tareas definidas en verde en el nivel de codificación ISCO de dos dígitos (Vona et al, 2018_[10]). Panel B: Los datos sobre industrias se refieren a CIU Rev. 3 desde 2009 hasta 2019. A partir de 2020 se refieren a CIU Rev. 4.

Fuente: Elaboración propia usando datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022_[9]).

¿Qué tan dinámicos son los sectores marrones y los sectores con potencial verde en la reasignación de trabajadores?

Los sectores marrones son ligeramente más dinámicos en la reasignación de trabajadores que los sectores con potencial verde. La tasa de reasignación bruta de trabajadores fue en promedio más alta en sectores marrones (31.1%) que en sectores verdes (28.6%), entre 2009 y 2021. Entre los sectores marrones con mayor dinamismo en sus tasas de reasignación de trabajadores, se destacan los sectores de 'alimentos, bebidas y tabaco' (35.5%), 'papel y productos del papel' (29.1%) y 'almacenamiento y logística' (28.1%). Al contrario, los sectores menos dinámicos fueron el de 'electricidad, gas, vapor y aire acondicionado' (18.1%) y el 'transporte aéreo' (18.2%) (ver Gráfico 4.3).

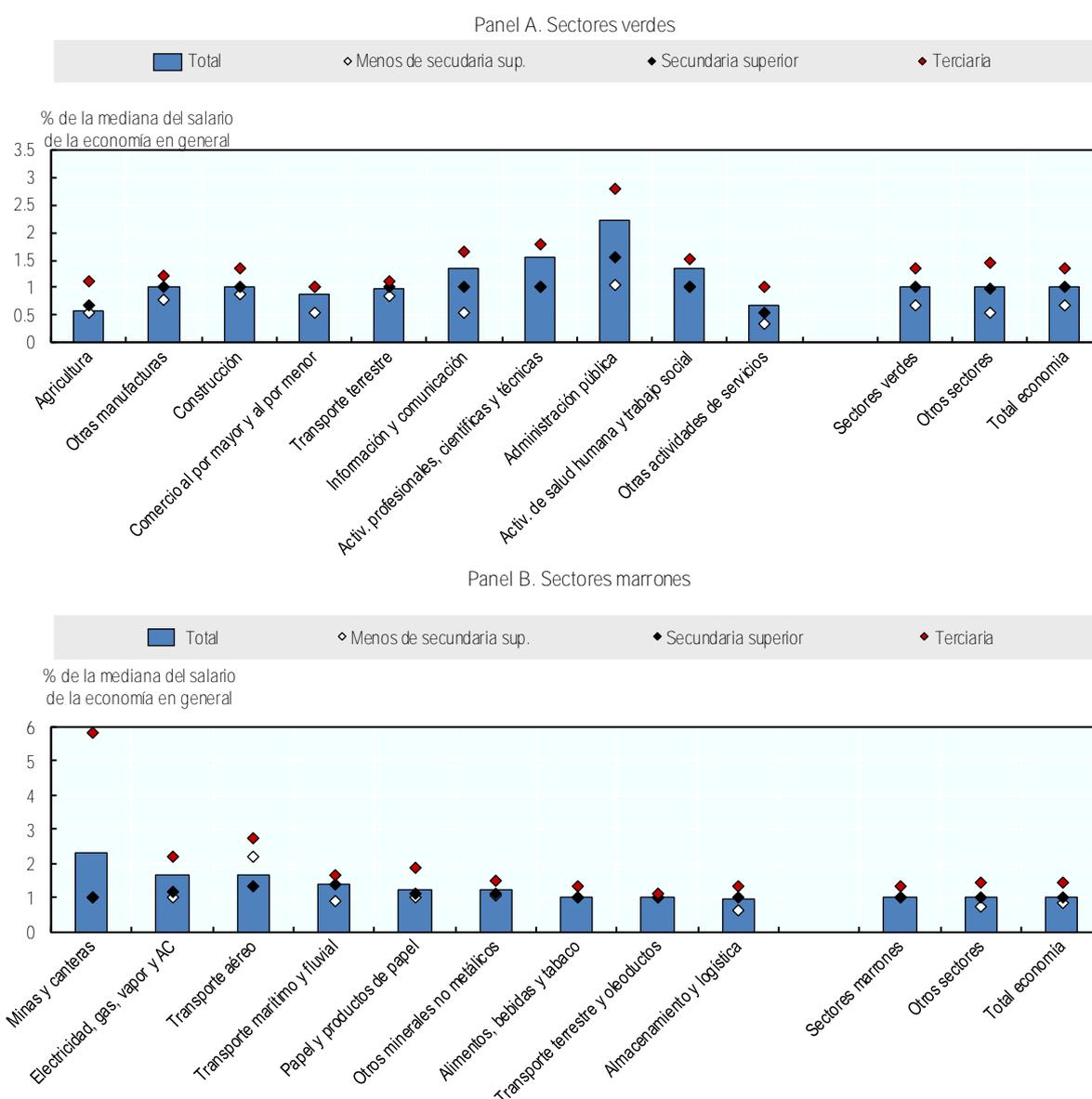
Gráfico 4.3. Rotación de trabajadores en sectores marrones y verdes



Nota: La tasa de separación refiere a la fracción de trabajadores que abandonan —voluntaria o involuntariamente— su puesto de trabajo. La tasa de contratación refiere a la fracción de desempleados que consiguen empleo. Panel A: Los datos sobre ocupaciones verdes se refieren a la intensidad promedio de las tareas definidas en verde en el nivel de codificación ISCO de dos dígitos (Vona et al, 2018^[10]). Panel B: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU Rev. 3 desde 2009 hasta 2019. A partir de 2020 se refieren a CIIU Rev. 4. Fuente: Elaboración propia usando datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022^[9]).

Entre los sectores con potencial verde, destacan sectores con altos salarios como la ‘administración pública’, las ‘actividades profesionales, científicas y técnicas’, la ‘información y comunicación’, y las ‘actividades de salud humana y trabajo social’ (ver Panel A Gráfico 4.4). Entre los sectores marrones, ‘minas y canteras’ tiene los salarios más altos, además de tener una gran brecha salarial en función del logro educativo de los trabajadores (ver Panel B Gráfico 4.4).

Gráfico 4.4. Salarios de los sectores verdes, de los sectores marrones y del resto de la economía



Nota: Panel A: Los datos sobre ocupaciones verdes se refieren a la intensidad promedio de las tareas definidas en verde en el nivel de codificación ISCO de dos dígitos (Vona et al, 2018^[10]). Panel B: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU Rev. 3 desde 2009 hasta 2019. A partir de 2020 se refieren a CIIU Rev. 4.

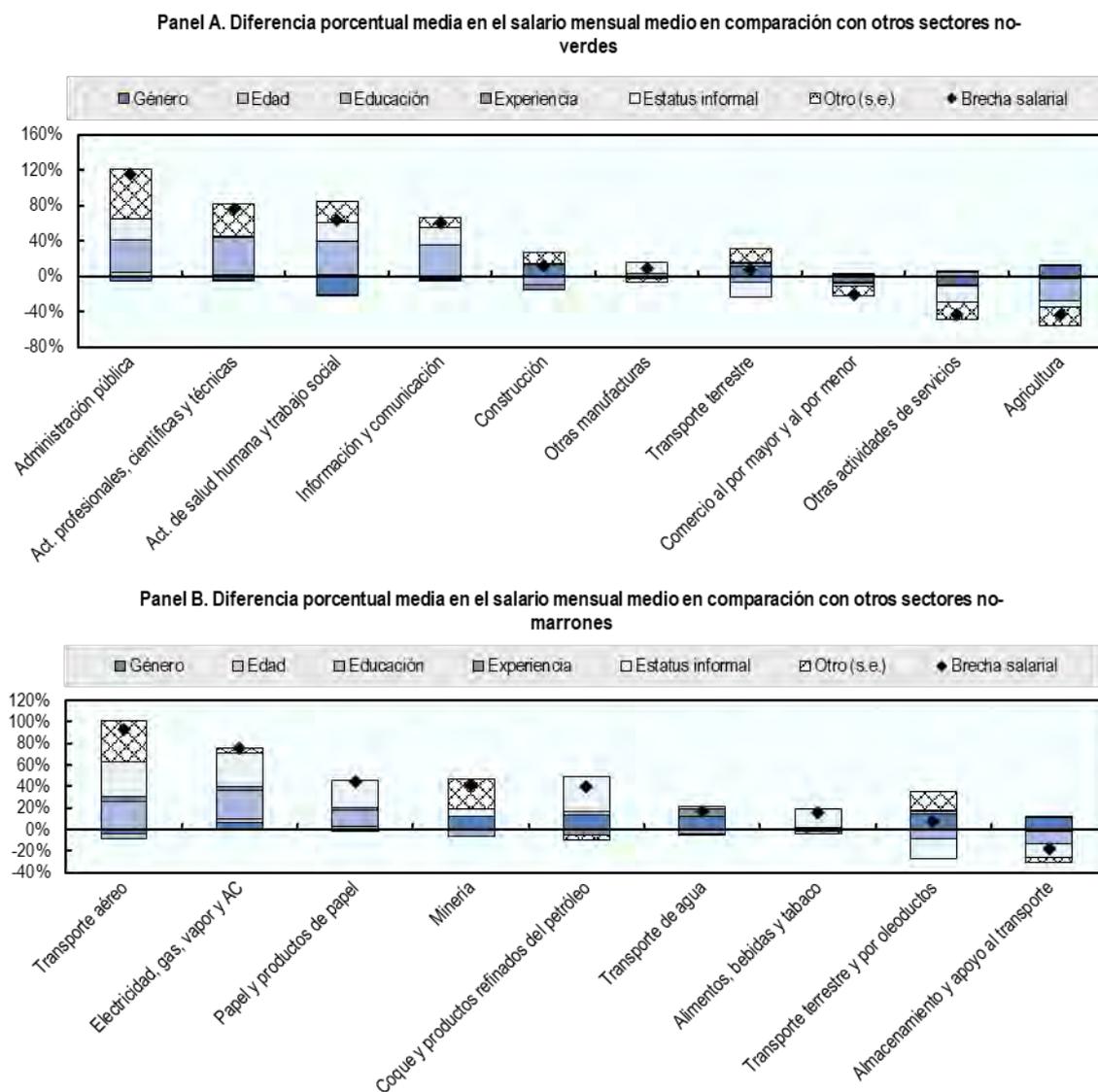
Fuente: Elaboración propia usando datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022^[9]).

Las primas salariales de algunos sectores verdes (Blinder^[42]; Oaxaca, 1973^[43]), en comparación con el resto de la economía, se explican principalmente por las diferencias en el nivel educativo y la situación de formalidad de los trabajadores de esas industrias concretas. En 2021, el mayor nivel educativo de los trabajadores explica entre el 35% y el 42% de las primas salariales totales en cuatro sectores: ‘información y comunicaciones’, ‘actividades científicas y profesionales’, ‘administración pública’, y ‘servicios sociales y de salud’. El hecho de que los trabajadores de esos sectores sean menos informales que el resto de los trabajadores de la economía explica otro 20% (ver Panel A del Gráfico 4.5).

Lo mismo es cierto para algunos sectores marrones. En ‘transporte aéreo’, ‘electricidad, gas, vapor y AC’, y ‘papel y productos del papel’, el mayor nivel educativo de los trabajadores en comparación con el resto

de la economía explica entre el 14% y el 26% de la prima salarial. En seis de los nueve sectores analizados, la menor incidencia de informalidad entre los trabajadores, en comparación con el resto de la economía, explica entre el 6% y el 33% de la prima salarial. En cambio, en el transporte de carretera y almacenamiento, donde hay una mayor incidencia de la informalidad laboral, esta explica el 9% y el 14% de las diferencias salariales, respectivamente, en comparación con el resto de la economía (ver Panel B del Gráfico 4.5).

Gráfico 4.5. El mayor nivel educativo y la menor informalidad de los trabajadores juegan un papel importante en la determinación de las primas salariales en los sectores verdes y marrones

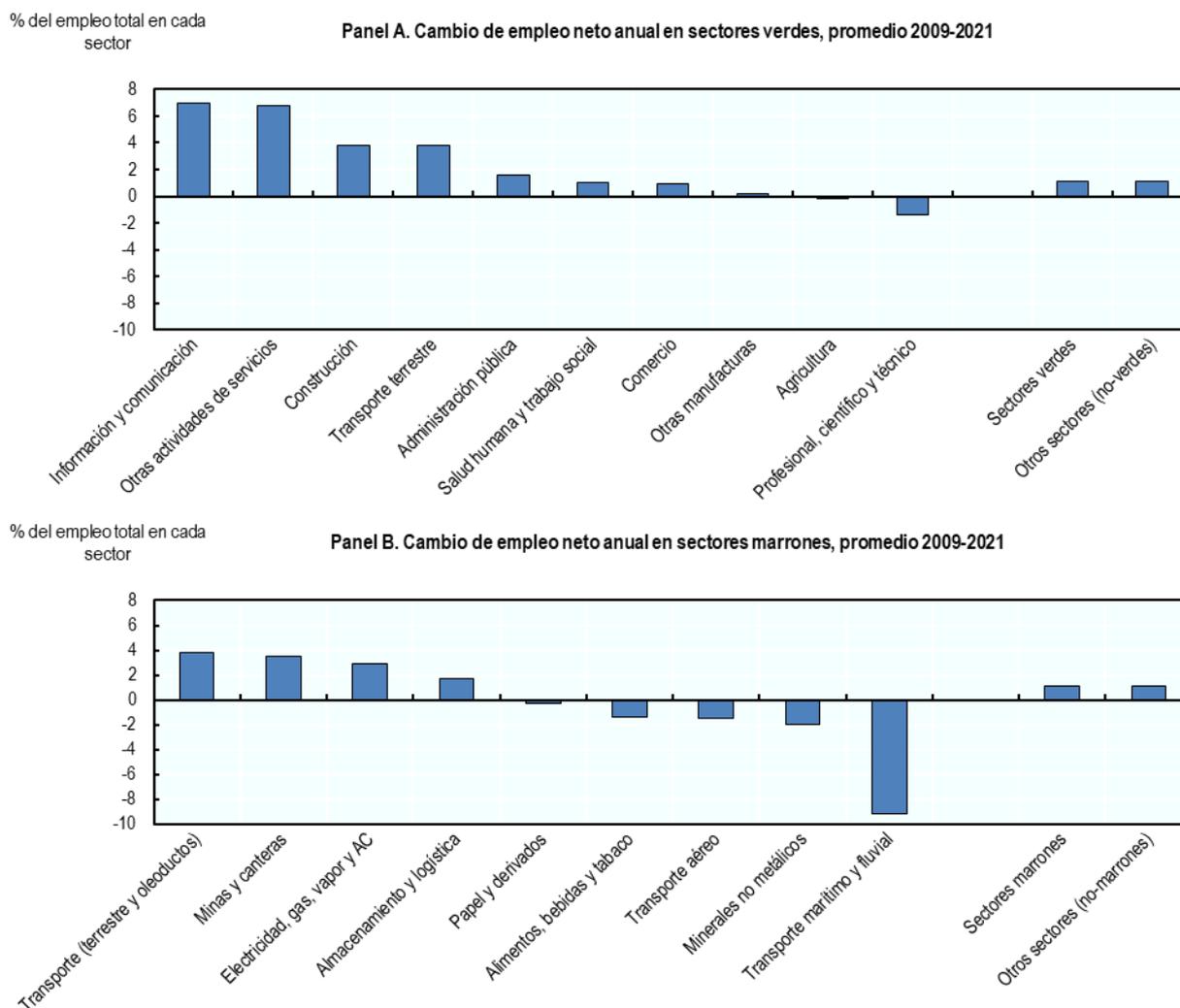


Nota: Los datos sobre ocupaciones verdes se refieren a la intensidad promedio de las tareas definidas en verde en el nivel de codificación Isco de dos dígitos (Vona et al, 2018^[10]). Las barras graficadas por debajo de cero indican una relación negativa de la variable con los salarios en determinado sector.

Fuente: Las primas salariales de cada sector se calcularon utilizando la descomposición Blinder-Oaxaca (Blinder, 1973^[42]; Oaxaca, 1973^[43]), usando datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022^[9]).

Finalmente, algunos sectores con potencial verde mostraron altas tasas de crecimiento del empleo en la última década. Entre los sectores verdes con mayor crecimiento entre 2009 y 2021, destaca el sector de 'información y comunicación', con un crecimiento del 7% anual en promedio, seguido por el sector de otras actividades de 'servicios' (6.8%), 'construcción' (3.8%), y 'transporte terrestre' (3.8%) (ver Panel A Gráfico 4.6). Por el contrario, entre 2009 y 2021, varios sectores marrones tuvieron un promedio de crecimiento del empleo neto negativo (ver Panel B Gráfico 4.6).

Gráfico 4.6. Mientras los sectores con potencial verde han creado empleos en la última década, varios sectores marrones han destruido empleos



Nota: Panel A: Los datos sobre ocupaciones verdes se refieren a la intensidad promedio de las tareas definidas en verde en el nivel de codificación ISCO de dos dígitos (Vona et al, 2018^[10]). Panel B: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU Rev. 3 desde 2009 hasta 2019. A partir de 2020 se refieren a CIIU Rev. 4.

Fuente: Elaboración propia usando datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022^[9]).

5 ¿Qué tan importante es la mejora en competencias para facilitar la transición de trabajadores hacia empleos más verdes?

El desarrollo de competencias será uno de los mecanismos clave para acompañar a los trabajadores colombianos a lo largo de la transición verde. La creación de nuevas competencias verdes, en todos los niveles y de acuerdo con las necesidades del mercado laboral, permitirá contar con una mano de obra adecuada, tanto en los empleos verdes emergentes como en los empleos tradicionales que se transformarán como resultado de la transición verde.

La transición verde traerá consigo cambios profundos en el mercado laboral colombiano. La aparición de nuevos empleos verdes emergentes y el reverdecimiento de los empleos tradicionales demandará, en muchos casos, nuevas competencias verdes en los trabajadores. CEDEFOP define las competencias verdes como los conocimientos, capacidades y aptitudes necesarias para construir una sociedad sostenible y más eficiente en el uso de los recursos (OCDE/CEDEFOP, 2015^[15]). El gobierno colombiano tendrá un rol decisivo en la anticipación de las competencias en el marco de la transición verde para asegurar que esta sea también justa para todos. Las políticas públicas para acompañar a los trabajadores en esta transición serán decisivas para cerrar las brechas entre la oferta y la demanda de mano de obra en el mercado laboral.

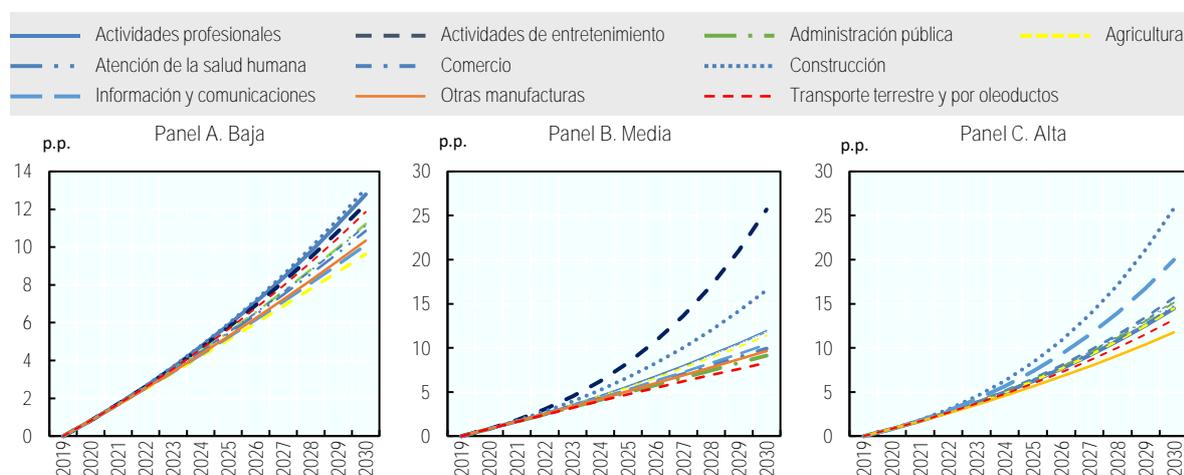
Tendencias del empleo verde calificado en Colombia

Las tendencias observadas de demanda de competencias en el mercado laboral, al igual que sus proyecciones, son una fuente clave de información para ajustar la oferta de educación y formación, incluyendo programas de capacitación en el trabajo, cursos cortos de capacitación, formación continua de mayor duración, formación inicial y formación universitaria (OCDE/CEDEFOP, 2014^[44]).

En Colombia, la tasa de crecimiento del empleo por sector será diferente entre los distintos grupos de trabajadores de acuerdo con su nivel de formación. El Gráfico 5.1 presenta una proyección del crecimiento del empleo en los sectores verdes por niveles de cualificación, es decir, calificación baja, media y alta. Las proyecciones presentadas se hacen bajo un escenario base, el cual supone un incremento de 1 punto porcentual en la inversión pública y privada dirigida a sectores con potencial verde, con el propósito de aumentar su generación de valor agregado.

El Panel A del Gráfico 5.1 indica que los sectores con mayor proyección de crecimiento a 2030 en el empleo poco calificado son 'construcción', 'actividades profesionales' y 'actividades de entretenimiento', con un crecimiento a tasas de entre el 10% y el 15% en cada uno de estos sectores. De igual manera, en el Panel B del Gráfico 5.1, se presentan las proyecciones de crecimiento del empleo de cualificación media, donde los sectores con mayor crecimiento esperado a 2030 son 'actividades de entretenimiento', 'construcción' y 'actividades profesionales' con un 25.7%, 16.6% y 12%, respectivamente. Finalmente, en el Panel C del Gráfico 5.1, se reportan las proyecciones de empleo con nivel de cualificación alta, donde sobresalen ante todo los sectores de 'construcción' e 'información y comunicaciones'.

Gráfico 5.1. El crecimiento del empleo será diferente entre trabajadores con niveles de cualificación baja, media y alta



Nota: Los datos sobre industrias se refieren a CIIU Rev. 3 desde 2009 hasta 2019. La política busca aumentar la inversión anual en estos sectores. Se asume un multiplicador de la inversión igual a 1. En particular, se asume el escenario base de inversión y su respectivo efecto sobre el crecimiento adicional del valor agregado, esto es, incremento de 1 punto porcentual (base). Para determinar el efecto de la política sobre el empleo a través de su impacto en el valor agregado real, se estima una elasticidad producto a corto plazo del empleo de 0.42 usando datos a nivel sectorial para el periodo de 2009 a 2019 controlando por efectos fijos y temporales.

Fuente: Cálculos propios basados en datos OECD (OCDE, 2022^[27]), DANE (DANE, 2022^[26]), y GEIH (DANE, 2022^[29]).

Sin embargo, no todos los empleos demandarán el desarrollo de nuevas competencias especializadas. En algunos casos, los trabajadores podrán adaptarse sin cambios profundos en las tareas y competencias requeridas. Por ejemplo, las tareas de un conductor de bus son básicamente las mismas, sea este eléctrico o a gasolina. En el extremo opuesto, el surgimiento de nuevas ocupaciones asociadas a sectores verdes con conocimientos altamente especializados, como es el caso de técnicos en energías sostenibles, posiblemente demandará formación especializada a nivel terciario (ver Cuadro 5.1). Por otra parte, algunas de las nuevas competencias requeridas no son necesariamente específicas al proceso de avance hacia una economía más verde, sino a un conjunto más amplio de transformaciones de la economía actual, como puede ser el caso de competencias portátiles, o las competencias relacionadas con la digitalización, la comunicación o la innovación (OIT/CEDEFOP, 2011^[14]).

Cuadro 5.1. No todas las transformaciones en el marco de la transición verde requerirán un cambio fundamental en las competencias usadas en las ocupaciones

Grado de cambio de competencias	Cambio ocupacional	Respuesta de política de competencias	Ejemplos
Ninguna	Ninguno o solo cuantitativo	Ninguna o mayor capacitación en la ocupación existente	<ul style="list-style-type: none"> • Chofer en buses a GNC • Guardabosques de parque nacional
Bajo	Cambio de ocupación establecida	Aprendizaje en el trabajo o cursos cortos de capacitación	<ul style="list-style-type: none"> • Soldador en la producción de aerogeneradores • Agricultor orgánico
Medio	Ocupación cambiante o emergente	Cursos cortos o formación continua más larga	<ul style="list-style-type: none"> • Consultor energético en edificación • Mecánico de autos eléctricos o GNC
Alto	Ocupación nueva y emergente	Formación inicial, grado universitario o formación continua de mayor duración	<ul style="list-style-type: none"> • Técnico en energía solar • Ecodiseñador • Técnico en biocombustibles

Fuente: Strietska-Ilina et al. (2011^[45]).

Más allá de los niveles de calificación, las competencias portátiles y prácticas serán clave para la transición hacia empleos verdes. Las competencias portátiles se refieren a las habilidades para la empleabilidad, como la alfabetización, la aritmética, la toma de decisiones, el trabajo en equipo, etc. (OCDE/CEDEFOP, 2014^[44]). Las competencias en estas áreas afectan la capacidad de aprender y, por tanto, la adaptabilidad de los trabajadores y su movilidad ocupacional. La inversión en el desarrollo de competencias portátiles sirve como seguridad laboral para los trabajadores en tiempos de cambios económicos rápidos y, por lo tanto, reduce los costos de ajuste del cambio estructural causado por las transformaciones generadas por la transición verde.

Mejores políticas para atender la nueva demanda de competencias verdes

Afrontar los desafíos de formación asociados a la transición verde requerirá no solo modificar la formación profesional y académica de los jóvenes que entran al mercado laboral, sino que es esencial promover la formación continua a lo largo de la vida (OCDE/CEDEFOP, 2015^[15]). La inversión en investigación y desarrollo será indispensable para anticipar y abordar las lagunas de conocimiento y debe aumentar a

medida que la transición presenta nuevos desafíos para el crecimiento económico inclusivo y el empleo sostenible (OCDE/CEDEFOP, 2014^[44]).

Si bien es difícil anticipar las diferentes tendencias del mercado laboral, los gobiernos pueden adelantar esfuerzos para tener mejores datos sobre la oferta y la demanda de competencias verdes en el mercado laboral (OCDE/CEDEFOP, 2014^[44]). Desde la experiencia de países OCDE, es posible identificar tres tipos de estrategias con el potencial de minimizar las brechas entre las competencias de los trabajadores y las nuevas demandas asociadas a la transición verde (OCDE, 2015^[46]).

En primer lugar, el desarrollo de estudios puntuales sobre las competencias para la economía verde. Por ejemplo, Irlanda elaboró un estudio sobre las habilidades demandadas por las empresas que se desempeñan en los sectores verdes (*Expert Group of Future Skills Needs* (EGFSN, 2011^[47])), cuyas conclusiones sirvieron de base para iniciativas gubernamentales asociadas al empleo, como el *Action Plan for Jobs*. En segundo lugar, la coordinación de formación profesional con la implementación de políticas medioambientales, promoviendo programas educativos que incluyan formación en competencias específicas a nuevos requerimientos derivados de la aplicación de políticas medioambientales. En tercer lugar, la previsión sistemática de nuevas demandas de competencias verdes. En este caso, el Comité Permanente de Nuevas Competencias de Austria, y el Observatorio Nacional de Empleos y Competencias de la Economía Verde de Francia son ejemplos interesantes (ver Recuadro 5.1).

Recuadro 5.1. Previsión sistemática de las nuevas demandas de competencias verdes

Los gobiernos austriaco y francés prevén periódicamente las futuras necesidades de cualificación derivadas de la transición hacia un crecimiento con bajas emisiones de carbono y aportan esta información a la política de educación y formación. El marco austriaco de nuevas competencias supervisa las tendencias de las demandas de competencias a través de su Comité Permanente de Nuevas Competencias. Este grupo ha llegado recientemente a la conclusión de que “la eficiencia energética, el uso de fuentes de energía alternativas, la producción con ahorro de recursos, la identificación de las relaciones causa-efecto, el reciclaje y la eliminación ecológica de los materiales, etc., se están convirtiendo cada vez más en una necesidad empresarial para todas las empresas. En este sentido, el desarrollo de procesos de producción, procesos de servicios y productos eficientes desde el punto de vista medioambiental constituye un reto cada vez mayor para los empleados de muchos ámbitos diferentes y de todos los niveles de cualificación, tanto desde el punto de vista técnico como de la concienciación y la comprensión” (Bliem, W. et al., 2011^[48]).

En consonancia con la estrategia y el pacto nacionales para la transición hacia una economía verde, Francia ha creado *L'Observatoire national des emplois et métiers de l'économie verte* (Observatorio Nacional de Empleos y Competencias de la Economía Verde), que prevé el impacto sectorial y macroeconómico de la transición verde, prestando especial atención a sus implicaciones en el número de empleos y las necesidades de competencias. Para la elaboración de estas previsiones y la evaluación de sus implicaciones para las políticas de formación, se han establecido asociaciones con los sindicatos, las organizaciones empresariales y *Pôle Emploi* (el servicio público de empleo). *Pôle Emploi*, por ejemplo, ha estudiado la oferta y la demanda de competencias ecológicas para orientar el diseño de sus programas de perfeccionamiento o recualificación de los solicitantes de empleo con el fin de responder mejor a las exigencias de esta transición (*Pôle Emploi*, 2011^[49]; 2011^[50]).

Fuente: OECD (OCDE, 2017^[51]) basado en OECD (OCDE, 2015^[46]).

Colombia deberá identificar las necesidades de competencias y de formación, teniendo en cuenta un diálogo social, para el diseño de políticas públicas. Una transición exitosa hacia un mercado laboral más verde dependerá de la coordinación y el involucramiento de todos los actores relevantes en un diálogo

social constructivo, incluyendo empleadores, trabajadores, sindicatos, cámaras empresariales, instituciones educativas y diferentes niveles de gobierno (OCDE/CEDEFOP, 2014^[44]). Involucrar a los sindicatos y las asociaciones de empleadores en la planificación, el diseño y la implementación del desarrollo de competencias puede contribuir a aumentar la capacidad de respuesta de la educación y la formación (OCDE/CEDEFOP, 2014^[44]). La participación de organizaciones de empleadores y trabajadores independientes y representativas en la formulación e implementación de políticas para el desarrollo sostenible puede reforzar el involucramiento de estos actores y facilita el consenso social, potenciando la apropiación democrática y la responsabilidad compartida (OIT, 2018^[52]). Los empleadores de un mismo sector pueden reunirse para examinar las necesidades de competencias comunes a sus empresas (OIT, 2020^[53]), y esto ser tomado como insumo para la elaboración de políticas públicas.

La UNESCO, en su hoja de ruta para una Educación para el Desarrollo Sostenible (UNESCO, 2020^[54]), plantea cinco ámbitos de acción prioritarios, cada uno asociado a diversos actores que deben formar parte de un diálogo social necesario para implementar una educación alineada a las necesidades de la transición verde: (i) los hacedores de política, tanto a nivel internacional, regional, nacional y local; (ii) las instituciones educativas, con el fin de establecer entornos de educación y formación que promuevan un enfoque institucional integral para la educación para el desarrollo sostenible; (iii) los educadores, siendo el fortalecimiento de sus capacidades central para la formación en habilidades y valores alineados a la transición a la sostenibilidad; (iv) los jóvenes, reconocidos como agentes fundamentales para abordar los problemas de sostenibilidad y los procesos de decisiones asociados; y (v) las comunidades, siendo la acción a nivel local un eslabón fundamental en la transición a la sustentabilidad.

6 Conclusiones y mensajes principales

La creación de empleo formal ha sido uno de los desafíos más persistentes y complejos en la región de América Latina y el Caribe en las últimas décadas (OCDE et al., 2021^[1]). La transición verde tiene el potencial de promover no solo un modelo de desarrollo sostenible, sino también más inclusivo, en la medida en que puede fomentar la creación de nuevos empleos verdes y formales, en todos los niveles de cualificación (OCDE et al., 2022^[2]). En los últimos años, Colombia ha adquirido una serie de compromisos ambiciosos para impulsar la transición verde y hacer frente al cambio climático, a través de la definición de lineamientos de política pública que buscan fortalecer la mitigación de las emisiones de GEI y la adaptación al cambio climático.

La implementación efectiva de dichos lineamientos de política pública en materia de carbono-neutralidad y resiliencia climática tiene el potencial de crear empleo verde y formal en el país, en todos los niveles de cualificación, a condición de contar con niveles suficientes de inversión en ciertos sectores verdes estratégicos. Las proyecciones realizadas en el presente documento muestran un efecto neto positivo de creación de empleo si se hacen las inversiones ambiciosas que requiere la transición verde. Una primera proyección sugiere que la creación neta acumulada de empleo en Colombia sería de un 34% aproximadamente en 2030, calculada como proporción de la línea base de empleo en 2019. Este resultado corresponde a la creación neta acumulada de empleo a 2030 en un escenario que asume (i) la implementación de una política de mitigación de impacto alto, que demandaría mantener una tasa anual de reducción de las emisiones de GEI del 5% hasta 2030, y (ii) un aumento constante de la inversión dirigida a sectores con potencial verde de un punto porcentual adicional, es decir, un escenario base respecto a los niveles de inversión (OCDE et al., 2022^[2]). Un enfoque metodológico alternativo, desarrollado también en este documento, sugiere que la creación acumulada de empleo a 2030 sería de al menos 14% en comparación con 2019.

La inversión adicional necesaria para lograr esta creación positiva de empleo verde y formal debe ir más allá de inversiones en capital físico, teniendo en cuenta el rol vital que tendrá la adaptación del capital humano en la transición verde. La inversión dirigida al desarrollo de competencias verdes, en particular, será fundamental. Igualmente, el fortalecimiento de los mecanismos para el monitoreo y anticipación de la oferta y la demanda de competencias en el mercado laboral será clave para el diseño de políticas públicas.

Finalmente, Colombia enfrentará el desafío de movilizar recursos sustanciales en un espacio fiscal limitado. Además de las presiones fiscales existentes, los ingresos fiscales del país se verán afectados por la contracción en la producción de hidrocarburos (Titelman et al., 2022^[16]). Para lograr financiar la transición verde, el país debe adoptar una estrategia innovadora de financiación en la que participen tanto el sector público como el privado. La edición 2022 de *Perspectivas Económicas de América Latina* (OCDE et al., 2022^[2]) propone diferentes vías para movilizar más recursos para financiar la transición verde, tales como los impuestos medioambientales, algunos instrumentos innovadores de deuda y la eliminación progresiva de los subsidios a los combustibles fósiles. Los instrumentos de deuda, por ejemplo, incluyen figuras innovadoras como los 'bonos verdes, sociales, sostenibles y vinculados a criterios de

sostenibilidad', los canjes de deuda por naturaleza, los bonos de catástrofe, y las cláusulas sobre desastres naturales. La innovación para movilizar nuevas fuentes de financiación será indispensable.

Referencias

- Batini, N. et al. (2021), *Building back better: How big are green spending multipliers?*, IMF Working Paper n.º 2021/087, <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/03/19/Building-Back-Better-How-Big-Are-Green-Spending-Multipliers-50264>. [34]
- Bliem, W. et al. (2011), *AMS Standing Committee on New Skills 2010/2011: Report on the results of the expert groups*, AMS Info, Vol. 211. [48]
- Blinder, A. (1973), *Wage Discrimination: Reduced Form and Structural Estimates*, Journal of Human Resources. 8 (4): 436–455, <https://doi.org/10.2307/2F144855>. [42]
- Congreso de Colombia (2021), *Ley 2169 de 2021 “Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones”*, Congreso de la República de Colombia, Bogotá, <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202169%20DEL%2022%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202021.pdf>. [24]
- Congreso de Colombia (2018), *Ley 1931 de 2018 “Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático”*, Congreso de la República de Colombia, Bogotá, <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765#:~:text=La%20presente%20ley%20tiene%20por,las%20acciones%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al>. [21]
- DANE (2022), *Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales - Cuenta de emisiones al aire, en unidades físicas*, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), Bogotá, <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/cuenta-satelite-ambiental-csa#cuanta-ambiental-y-economica-de-flujos-de-materiales-cuenta-de-emisiones-al-aire-en-unidades-fisicas>. [26]
- DANE (2022), *Cuentas Nacionales Anuales. Principales Agregados Macroeconómicos, base 2015 (base de datos)*, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), Bogotá, <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-anuales#principales-agregados>. [28]
- DANE (2022), *Gran Encuesta Integrada de Hogares (base de datos)*, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Bogotá, <https://www.dane.gov.co>. [29]

- DNP (2022), *Documento CONPES 4088. Declaración de importancia estratégica de proyectos de inversión para la implementación de acciones que conduzcan al desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima en Colombia*, Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), Departamento Nacional de Planeación (DNP) de Colombia, Bogotá, <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4088.pdf>. [23]
- Eckstein, D., V. Künzel and L. Schäfer (2021), *Global Climate Risk Index 2021. Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2019 and 2000-2019*, Germanwatch e.V., Bonn, https://www.germanwatch.org/sites/default/files/Global%20Climate%20Risk%20Index%202021_1_2.pdf. [5]
- EGFSN (2011), *The Expert Group on Future Skills Needs Statement of Activity 2010*, Expert Group on Future Skills Needs (EGFSN), Dublin, https://www.skillsireland.ie/media/egfsn2110504-statement_of_activity_2010.pdf. [47]
- Fearnside, P. (2008), *The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia*, Ecology and Society Vol. 13, n.º 1, <https://www.jstor.org/stable/26267941?seq=1>. [40]
- Gobierno de Colombia (2020), *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*, Gobierno de la República de Colombia, Bogotá, <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Colombia%20First/NDC%20actualizada%20de%20Colombia.pdf>. [22]
- Golman, M. and C. Ernst (2022), *Future of Work, Emerging Sectors and the Potential for Transition to Formality*, Organización Internacional del Trabajo (OIT), Ginebra, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_855420.pdf. [7]
- IDEAM, F. et al. (2021), *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*, IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, Cancillería y FMAM, Bogotá, <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf>. [25]
- MADS (2017), *Política Nacional de Cambio Climático*, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MADS), Bogotá, <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/9.-Politica-Nacional-de-Cambio-Climatico.pdf>. [20]
- Martínez-Fernández, C., C. Hinojosa and G. Miranda (2010), *Greening Jobs and Skills: Labour Market Implications of Addressing Climate Change*, Publicaciones de la OCDE, París, <https://doi.org/10.1787/5kmbjgl8sd0r-en>. [6]
- Masuda, Y. et al. (2021), *Warming from tropical deforestation reduces worker productivity in rural communities*, Nat Commun 12, 1601, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21779-z>. [35]
- Masuda, Y. et al. (2020), *Heat exposure from tropical deforestation decreases cognitive performance of rural workers: an experimental study*, Environmental Research Letters, Volume 15, Number 12, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abb96c>. [36]
- O*NET (2022), *Base de datos O*NET*, Occupational Information Network (O*NET), <https://www.onetonline.org/>. [55]
- Oaxaca, R. (1973), *Male-Female Wage Differentials in Urban Labor Markets*, International Economic Review. 14 (3): 693–709, <https://www.jstor.org/stable/2525981>. [43]

- OCDE (2022), *Air and GHG emissions*, Publicaciones de la OCDE, París, [4]
<https://doi.org/10.1787/93d10cf7-en> (accessed on 1 July 2022).
- OCDE (2022), *Air Emission Accounts (base de datos)*, Publicaciones de la OCDE, París, [27]
<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AEA>.
- OCDE (2022), *Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060*, Publicaciones de la OCDE, París, [3]
<https://doi.org/10.1787/aa1edf33-en>.
- OCDE (2022), *OECD Input-Output database (base de datos)*, Publicaciones de la OCDE, París, [31]
<https://stats.oecd.org>.
- OCDE (2019), "Transition towards a climate-neutral economy", in *Regions in Industrial Transition: Policies for People and Places*, Publicaciones de la OCDE, París, [12]
<https://doi.org/10.1787/81ebdb4c-en>.
- OCDE (2017), *Employment Implications of Green Growth: Linking jobs, growth, and green policies*, OECD Report for the G7 Environment Ministers, Publicaciones de la OCDE, París, [51]
<https://www.oecd.org/environment/Employment-Implications-of-Green-Growth-OECD-Report-G7-Environment-Ministers.pdf>.
- OCDE (2017), *Investing in Climate, Investing in Growth*, Publicaciones de la OCDE, París, [9]
<https://doi.org/10.1787/9789264273528-en>.
- OCDE (2015), *Aligning Policies for a Low-carbon Economy*, Publicaciones de la OCDE, París, [46]
<https://doi.org/10.1787/9789264233294-en>.
- OCDE et al. (2022), *Perspectivas Económicas de América Latina 2022: Hacia una Transición Verde y Justa*, Publicaciones de la OCDE, París, [2]
<https://doi.org/10.1787/3d5554fc-en>.
- OCDE et al. (2021), *Latin American Economic Outlook 2021: Working Together for a Better Recovery*, Publicaciones de la OCDE, París, [1]
<https://doi.org/10.1787/5fedabe5-en>.
- OCDE/CEDEFOP (2015), *Green skills and innovation for inclusive growth*, Publications Office of the European Union, [15]
https://www.cedefop.europa.eu/files/3069_en.pdf.
- OCDE/CEDEFOP (2014), *Greener Skills and Jobs*, OECD Green Growth Studies, Publicaciones de la OCDE, París, [44]
<https://doi.org/10.1787/9789264208704-en>.
- OIT (2021), *La bioeconomía y los empleos verdes en Colombia*, Organización Internacional del Trabajo (OIT), Bogotá, [8]
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-lima/documents/publication/wcms_836296.pdf.
- OIT (2020), *Hora de actuar para conseguir el ODS 8: Integrar el trabajo decente, el crecimiento sostenido y la integridad*, [53]
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---inst/documents/publication/wcms_741018.pdf.
- OIT (2018), *Perspectivas para 2030: Cooperación eficaz para el desarrollo en apoyo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*, Conferencia Internacional del Trabajo, Organización Internacional del Trabajo (OIT), [52]
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_624047.pdf.

- OIT (2015), *Directrices de política para una transición justa hacia economías y sociedades ambientalmente sostenibles para todos*, Organización Internacional del Trabajo (OIT), Ginebra, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@emp_ent/documents/publication/wcms_432865.pdf. [10]
- OIT (2013), *El desarrollo sostenible, el trabajo decente y los empleos verdes*, Conferencia Internacional del Trabajo 102, Organización Internacional del Trabajo, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_210289.pdf. [38]
- OIT/CEDEFOP (2011), *Skills for Green Jobs. A Global View. Synthesis report based on 21 country studies*, Organización Internacional del Trabajo (OIT), Ginebra, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_159585.pdf. [14]
- ONU (2015), *Acuerdo de París*, Organización de las Naciones Unidas (ONU), https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf. [19]
- ONU (1998), *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Naciones Unidas, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>. [18]
- ONU (1992), *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Naciones Unidas, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. [17]
- PNUMA (2012), *Economía Verde en el contexto del desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza: Una perspectiva desde América Latina y el Caribe*, <http://www.pnuma.org/forodeministros/18-ecuador/Reunion%20Expertos/Informe%20Economia%20Verde/ESPA%20NOL%20Economia%20Verde%2016%20DEC%202011.pdf>. [30]
- Pôle Emploi (2011), *Les emplois de la croissance verte, Enquête auprès des demandeurs d'emploi (in French)*, Repères et Analyses, Vol. 29, París, <https://side.developpement-durable.gouv.fr/Default/doc/SYRACUSE/293866>. [49]
- Pôle Emploi (2011), *Les emplois de la croissance verte, Enquête auprès des employeurs (in French)*, Repères et Analyses, Vol. 20, París, <https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0069/Temis-0069754/69754.pdf>. [50]
- Sabadini Carvalho, T., E. Paulo Domingues and J. Horridge (2017), *Controlling deforestation in the Brazilian Amazon: Regional economic impacts and land-use change*, Land Use Policy, Vol. 64, pp. 327-341, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.03.001>. [41]
- Shively, G. and S. Pagiola (2004), *Agricultural intensification, local labor markets, and deforestation in the Philippines*, Environment and Development Economics, Vol 9, Issue 2, pp. 241 - 266, <https://www.cambridge.org/core/journals/environment-and-development-economics/article/agricultural-intensification-local-labor-markets-and-deforestation-in-the-philippines/A5F143818D52C79CA6938660E99027E3>. [39]
- Strietska-Ilina, O. et al. (2011), *Skills for Green Jobs. A Global View*, Organización Internacional del Trabajo (OIT), Ginebra, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_159585.pdf. [45]

- Terence Epule, E. et al. (2014), *Policy options towards deforestation reduction in Cameroon: An analysis based on a systematic approach*, Land Use Policy, Vol. 36, pp. 405-415, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.004>. [37]
- Titelman, D. et al. (2022), *Fiscal Impact Estimates of a Net-Zero Emissions Transition for Major Hydrocarbon Producers in Latin America and the Caribbean*, Task force on climate, development and the International Monetary Fund, <https://www.bu.edu/gdp/2022/04/05/fiscal-impact-estimates-of-a-net-zero-emissions-transition-for-major-hydrocarbon-producers-in-latin-america-and-the-caribbean/>. [16]
- UNESCO (2020), *Educación para el Desarrollo Sostenible: Hoja de ruta*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), París, https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000374896&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_9d446495-b260-4d94-97eb-a8d9c1997ef6%3F%3D374896spa.pdf&updateUrl=updateUrl7169&ark=/ark:/4822. [54]
- UNFCCC (2020), *Just Transition of the Workforce, and the Creation of Decent Work and Quality Jobs*, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Just%20transition.pdf>. [11]
- Vona et al (2018), *Environmental Regulation and Green Skills: An Empirical Exploration*, Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, Vol 5 (4), https://www.journals.uchicago.edu/doi/suppl/10.1086/698859/suppl_file/2015197Appendix.pdf. [13]
- WRI (2022), *Climate Watch (CAIT) - Country Greenhouse Gas Emissions Data*, World Resources Institute, <https://datasets.wri.org/dataset/cait-country>. [33]
- WRI (2005), *Appendix 2. Sectors and End-Uses*, World Resources Institute, http://pdf.wri.org/navigating_numbers_append2.pdf. [32]

Anexo A. Definición de empleos verdes

La definición de empleos u ocupaciones verdes puede variar entre países, por lo cual es importante contar con definiciones nacionales y establecer umbrales de prácticas consideradas verdes o no verdes en cada país. Estas definiciones son además susceptibles de cambiar con el tiempo. Este anexo explica en detalle la metodología utilizada para definir los empleos u ocupaciones verdes para el análisis incluido en la Sección 3, basada en la metodología de Vona et al. (2018^[13]). Conforme la transición verde transforma las tecnologías que las empresas usan, los trabajos creados involucran crecientemente nuevas tareas cada vez más asociadas a procesos de producción menos contaminantes, menos intensivos en emisiones y más verdes.

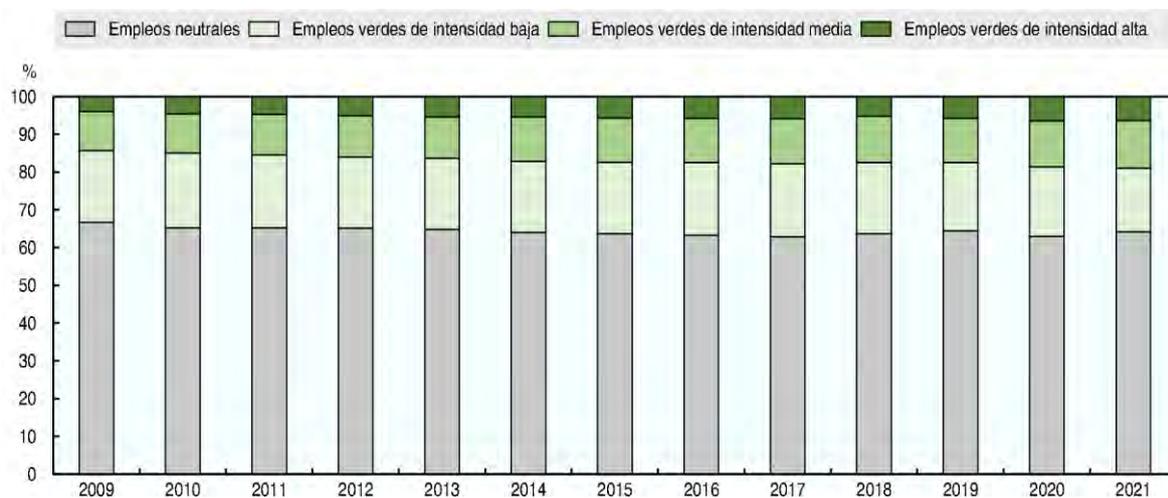
La base de datos O*NET (O*NET, 2022^[55]) es el punto de partida de la categorización, dado que contiene cientos de descriptores estandarizados específicos de las ocupaciones, sobre casi 1 000 ocupaciones que cubren toda la economía de Estados Unidos. Entre los descriptores, se presenta información muy detallada de las tareas que los trabajadores llevan a cabo en el mercado laboral. Vona et al. (2018^[13]) identifican aquellas más relacionadas con tecnologías verdes. Utilizando una novedosa metodología detectan dos conjuntos principales de competencias verdes: las competencias de ingeniería para el diseño y la producción de tecnología, y las competencias de gestión para la implementación y el seguimiento de las prácticas organizativas ambientales. Mediante el cálculo de la proporción de tareas que son verdes como porcentaje del total de tareas llevadas a cabo en cada empleo, es posible construir un indicador de la intensidad de las tareas verdes. De esta manera se define qué tan “verde” es cada empleo.

En el presente documento se sigue un enfoque similar. En primer lugar, usando la base de datos O*NET (2022^[55]) con códigos de ocupaciones para Estados Unidos, se identifican los códigos correspondientes en la clasificación usada en la Gran Encuesta Integrada de Hogares de Colombia (DANE, 2022^[29]), es decir, SENA 1970, al nivel de dos dígitos. Luego, se determina el número total de tareas y el número de tareas verdes para cada código ocupacional. A continuación, se construye un indicador de intensidad verde como el cociente del número de tareas verdes sobre el total de tareas para cada grupo ocupacional.

La distribución obtenida de tareas entre los empleos es muy asimétrica. De forma similar a Vona et al. (2018^[13]), se encuentra que muy pocos empleos desarrollan la mayor parte de tareas verdes. Tomando esto en consideración, se construye un indicador de intensidad verde de cada empleo basado en el logaritmo de la distribución mencionada. Si la proporción de tareas verdes es menor al primer percentil, el empleo es definido como neutral. Si la proporción es menor a la mediana, pero mayor al primer percentil, se define como verde de baja intensidad. Si la proporción está entre la mediana y el percentil 75, el empleo se define como verde de intensidad media. Finalmente, si la proporción es mayor al percentil 75, el empleo se define como verde de alta intensidad.

Gráfico A A.1. La mayoría de los empleos de la economía colombiana son neutrales, con poca variación a lo largo del tiempo

Distribución del empleo en Colombia, por el nivel de intensidad de las tareas verdes en cada empleo



Fuente: DANE (2022^[29]).

Anexo B. Enfoque metodológico

Metodología y limitaciones

Este anexo presenta la metodología utilizada para analizar el comportamiento, en la última década, de las emisiones de GEI, valor agregado e intensidades de carbono en un conjunto de sectores económicos de interés, utilizando datos desde el año 2009 hasta el 2021, para realizar proyecciones anuales a 2030.

Para calcular el valor agregado sectorial se utiliza información del Producto Interno Bruto por sectores en términos nominales elaborado por el DANE para el periodo 2005-2021. Para estimar su valor real, se deflactan las series nominales con el índice de precios al consumidor (IPC) publicado por el DANE. Para las series de tiempo de las emisiones de CO₂e a nivel sectorial, se toman datos comparables de OECD.Stats (OCDE, 2022^[27]) con base en datos primarios de la 'Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales – Emisiones al aire' del DANE (2022^[26]). Así, la intensidad de las emisiones por unidad de valor agregado se calcula como la razón entre emisiones y el valor agregado en precios constantes de 2018. De igual manera, para calcular la intensidad de emisiones del empleo, es decir, emisiones de CO₂e por trabajador y por sector, se construyen series de tiempo para cada una de las industrias del número de personas empleadas desde 2009 hasta el año 2021 utilizando datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2022^[29]).

Para pronosticar los efectos de la política sobre el mercado laboral, se estima la elasticidad producto a corto plazo del empleo usando datos a nivel sectorial para el periodo comprendido entre 2009 y 2019 y se controla por efectos fijos y temporales, con la siguiente especificación:

$$\Delta e_{i,t} = \alpha_0 + \beta \Delta y_{i,t} + \delta_t + \varepsilon_{i,t}$$

donde $\Delta e_{i,t}$ es la tasa de crecimiento del empleo en el sector i y el periodo t , $\Delta y_{i,t}$ es el crecimiento del valor agregado real por sector, β representa la elasticidad producto a corto plazo del empleo, δ_t denota los efectos temporales, α_0 es una constante y $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error. Dado que las variables de empleo y valor agregado real entran en primeras diferencias, no se controla de forma explícita por efectos fijos. La estimación se realiza a través de mínimos cuadrados ordinarios y se obtiene una elasticidad de $\beta = 0.410767$, estadísticamente significativa al 10%, con errores estándar robustos a heterocedasticidad.

En términos prácticos, se asume que un aumento de un 1% en el valor agregado real implica un incremento de 0.41% en el nivel de empleo. Es importante anotar que, dado el bajo número de observaciones y la especificación econométrica sugerida, esta elasticidad se asume homogénea para todos los sectores.

Escenario sin política

Para proyectar el nivel de emisiones para cada uno de los sectores de interés hasta el año 2030 en un escenario sin política, se calcula la tasa de crecimiento promedio anual entre los años 2009 y 2019, y se asume que las emisiones crecerán a dicha tasa hasta el 2030. Es decir, se hace una proyección lineal usando una tasa de crecimiento constante calculada con datos históricos. La misma aproximación se utiliza para obtener series para el valor agregado real, el nivel de empleo y las intensidades de carbono sectoriales por unidad de producto y por trabajador.

Escenarios con política en sectores marrones

En la base para los tres escenarios a continuación, se asume que las políticas de mitigación implementadas en Colombia reducirían las emisiones de los sectores marrones a una tasa del 5% anual. Esto permitiría una reducción acumulada de aproximadamente 50% en las emisiones de GEI de los sectores marrones a 2030, relativo al nivel de emisiones en 2019. Dicha tasa de reducción de las emisiones permitiría alcanzar la meta a 2030 de descarbonización definida en 2021 (Congreso de Colombia, 2021^[24]). Para analizar el efecto de dicha descarbonización sobre el crecimiento del valor agregado y sobre el empleo en los sectores marrones, se analizan tres escenarios a futuro.

Un primer escenario de impacto alto, en el cual la tasa a la que se supone crecerá el valor agregado real a 2030 es igual a la tasa promedio de crecimiento anual entre 2009 y 2019, menos 5 puntos porcentuales por efectos de la política de mitigación, más un 1 punto porcentual por cuenta de menores daños medioambientales. Con respecto a este punto porcentual, se asume que la mitigación de la contaminación y la reducción de los daños medioambientales asociados al cambio climático tendrán efectos positivos sobre la economía e incrementarían en 1 punto porcentual la tasa de crecimiento del valor agregado real. Para conocer su efecto sobre el empleo, se utiliza la elasticidad producto de corto plazo del empleo y la tasa de crecimiento promedio anual histórica para el empleo en cada sector.

El segundo escenario, o de impacto moderado, se diferencia del escenario de impacto alto por cuanto aún se sigue la misma aproximación explicada en el primer escenario, pero ahora se asume que la política reduce en 4 puntos porcentuales la tasa de crecimiento del valor agregado real. Finalmente, el tercer escenario, que contempla un impacto bajo, asume que la política de mitigación reduce en 3 puntos porcentuales la tasa de crecimiento del valor agregado real, manteniendo las otras condiciones del primer escenario iguales.

Escenarios con política en sectores potencialmente verdes

Para el pronóstico del cambio en el empleo total en sectores intensivos en empleos potencialmente verdes, se asume una política que dirige inversión pública y privada hacia estos sectores con el objetivo de incrementar su valor agregado. De acuerdo con los resultados de Batini et al. (2021^[34]), se asume, además, que un incremento de 1 punto porcentual en la inversión anual en estos sectores se traduciría en 1 punto porcentual adicional en la tasa de crecimiento del valor agregado real.

De manera similar, se definen tres escenarios hacia futuro. Un primer escenario optimista, donde la inversión aumenta en 2 puntos porcentuales en estos sectores. Un segundo escenario moderado, en el cual la inversión se incrementa en 1.5 puntos porcentuales por año. Por último, un tercer escenario base, donde la inversión incrementa en 1 punto porcentual adicional por año.

Para la proyección anual a 2030 del empleo, se toma la tasa de crecimiento promedio anual durante el periodo 2009-2019 en cada uno de estos sectores verdes, se adiciona el incremento de puntos porcentuales por cuenta de la inversión en cada escenario y el incremento de 1 punto porcentual por menos daños medioambientales. Estas dos últimas tasas se ponderan por la elasticidad producto de corto plazo del empleo estimada anteriormente.

Limitaciones

Teniendo en cuenta el bajo número de observaciones por sectores, ciertas metodologías de análisis empírico para series de tiempo pueden ser inapropiadas (p. ej., los modelos autorregresivos o de medias móviles). Por este motivo, se utiliza una proyección lineal utilizando tasas de crecimiento históricas para estimar trayectorias de emisiones, valores agregados reales y niveles de empleo.

Es importante tener en cuenta que las proyecciones realizadas no tienen en cuenta los efectos económicos como resultado de la pandemia por coronavirus (COVID-19). Así mismo, es importante señalar que las proyecciones no tienen en cuenta efectos de equilibrio general, como resultado de cambios generados por la política en la asignación de recursos entre los sectores económicos y niveles de precios y salarios.

Finalmente, también se anota que para evitar introducir incertidumbre innecesaria y debido a la falta de información más específica de las condiciones de los sectores intensivos en emisiones y los intensivos en empleos potencialmente verdes, se considera únicamente el caso de efectos homogéneos de la política sobre el valor agregado real.

www.oecd.org/dev
dev.contact@oecd.org

