

Electrificación para un desarrollo sostenible



Electrificación para un desarrollo sostenible

ImpactoCAF es una iniciativa creada por la Dirección de Aportes al Desarrollo y Medición de Impacto adscrita a la Gerencia de Planeación e Impacto al Desarrollo de CAF. La elaboración de este documento estuvo a cargo de Cecilia Paniagua.

Lian Allub, Fernando Álvarez, Alejandra Botero, Fernando Branger, Sandra Conde, Matías Italia, Lesbia Maris, Daniel Ortega y Sergio Robredo hicieron valiosos comentarios y sugerencias al documento.

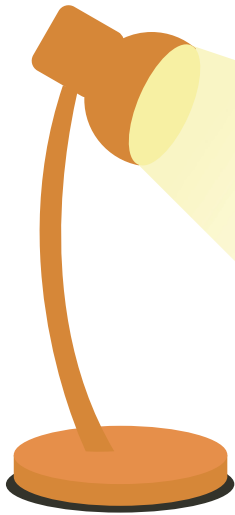
Además, este documento se benefició de los aportes de Pablo Fernández, Cristian Grisales, Juan Odriozola, Melina Petracca, Juan Ríos y Eliana Uesu.

Diseño gráfico: Humaga / La Plata, Buenos Aires, Argentina
www.humaga.com.ar

Revisión editorial: Rosario Inés De Rosa

© 2023 Corporación Andina de Fomento

Las ideas y planteamientos contenidos en esta nota son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.



Electrificación para un desarrollo sostenible

En América Latina y el Caribe (ALC) existen 4,6 millones de viviendas sin acceso al servicio de electricidad¹, lo que supone desafíos en términos de crecimiento económico, de inclusión social y de protección del medio ambiente.

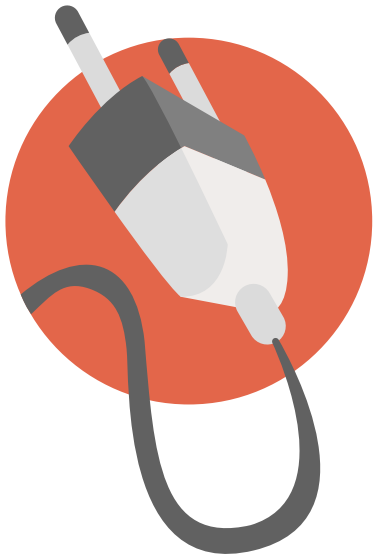
Cuando un hogar no accede a la electricidad la disponibilidad de horas de luz es menor. Esto lleva a que la asignación del tiempo a distintas actividades se vea afectada: los adultos, y en especial las mujeres, pueden dedicar menos tiempo a producir y/o a trabajar fuera o dentro de su casa, situación que les impediría acceder a mejores condiciones de empleo, a mayores ingresos y, en última instancia, repercutiría en una menor productividad laboral.

Por su parte, los niños verían afectados su nivel de escolarización y desempeño académico debido a la menor disponibilidad de horas de luz para hacer tareas y estudiar. Y a su vez, todos los miembros del hogar verían afectada su salud producto de la contaminación del aire interior ocasionada por el uso de energéticos de alto contenido de carbono para iluminar, cocinar o calefaccionar. Todo ello incide en una menor calidad de vida de los latinoamericanos y caribeños, sobre todo en aquellos que habitan en el ámbito rural donde las necesidades en materia de electrificación son mayores.

Garantizar que las familias accedan a la electricidad es una necesidad en términos de crecimiento económico. Un mayor acceso a este servicio redundará en mejores oportunidades laborales y productivas, y en mejores condiciones educativas y de salud.

Garantizar que las familias accedan a la electricidad es una necesidad en términos de crecimiento económico. Un mayor acceso a este servicio redundará en mejores oportunidades laborales y productivas, y en mejores condiciones educativas y de salud. En la medida que la mayor electrificación vaya acompañada por una generación de electricidad basada en fuentes de bajo o nulo contenido de carbono, los países de ALC podrán cumplir con el doble objetivo de crecer y reducir —o bien no aumentar— las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)^a, lo que permitirá alcanzar un desarrollo sostenible.

^a Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂), el metano y el óxido nítrico. A partir de la quema de combustibles fósiles y los patrones de uso del suelo, una fracción de estos se acumulan en la atmósfera y atrapan parte de la radiación térmica, lo que provoca el calentamiento global ([Brassiolo et al., 2023](#)).



Pese a que los países de ALC han alcanzado una cobertura eléctrica residencial casi universal, todavía hay más de 18 millones de latinoamericanos y caribeños que no tienen electricidad.

Los problemas de cobertura y de calidad de la energía eléctrica en ALC

Como resultado de los progresos realizados en las últimas décadas, los países de ALC han alcanzado una cobertura eléctrica residencial casi universal² al pasar de una conexión a las redes de distribución eléctrica del 90% en 2001 a un 98% en 2021³.

Este aumento en la cobertura eléctrica ha sido particularmente importante en algunos países de la región que presentaban importantes rezagos hacia comienzos de la década de los 2000. Tales son los casos de Bolivia y Perú en los que, para el año 2001, apenas 6 y 7 de cada 10 personas respectivamente tenían cobertura eléctrica, mientras que hacia 2021 mostraron el mayor crecimiento en la tasa de cobertura eléctrica, ambos con incrementos de alrededor de 30 puntos porcentuales (pp)^{3,b}.

Sin embargo, pese a estos avances todavía queda una brecha importante: en 2021 más de 18 millones de latinoamericanos y caribeños, que residen en 4,6 millones de viviendas, no tenían cobertura eléctrica. Este rezago se explica mayormente por la falta de conexiones a la electricidad en la zona rural, que afecta a 3,5 millones de viviendas¹. En estas áreas los costos de distribución son más elevados debido a la menor densidad de población y a los desafíos que involucra una geografía caracterizada por regiones de selvas y montañas².

A esto se suman los problemas de calidad en la red eléctrica^c que provocan inestabilidad en la provisión del servicio, afectando la calidad de vida de los hogares y el desempeño económico de las empresas. En 2019, un 42% de los hogares de ALC afirmaba que había tenido interrupciones en el servicio de electricidad por problemas del proveedor durante el último año, y el 21% resaltaba que la última interrupción había durado más de 12 horas⁴. Esta situación también afecta a las empresas de la región, 58% de las cuales reportó en 2017 cortes de electricidad en el último año⁵.

Al comparar con los países desarrollados resulta evidente el rezago que existe en calidad del servicio eléctrico en la región: de acuerdo con los últimos datos disponibles, mientras que la

b Progresos similares en la cobertura eléctrica residencial, aunque en menor medida, se evidenciaron en Panamá, El Salvador, Jamaica y Colombia, con aumentos cercanos a 10pp (OLADE, 2021).

c La calidad en el acceso a la energía eléctrica puede evaluarse por medio de la frecuencia y duración de las interrupciones en la prestación del servicio (IDEAL, 2022), así como también por otros atributos de la provisión de energía eléctrica que garanticen el cumplimiento de estándares aceptables —como los niveles de voltaje— y que permitan evitar fluctuaciones que puedan dañar equipos y electrodomésticos.

frecuencia de las interrupciones ascendió a 3,6 en ALC (2019), en Europa y en Estados Unidos fue de 1,2 y 1,3, respectivamente (2016); asimismo, la duración promedio de las interrupciones del servicio eléctrico fue de 6,8 horas en ALC (2019), por encima de Estados Unidos y Europa, con 5,7 (2018) y 1,7 horas de duración promedio, respectivamente⁶.

La electrificación como base para el crecimiento económico

Los países de ALC necesitan no solo aumentar la tasa de electrificación, principalmente en las zonas rurales, sino también mejorar la calidad de la provisión del servicio eléctrico. Esta mejora en la cobertura, acceso y calidad de la electricidad trae aparejados impactos positivos en términos de crecimiento y desarrollo económico^d, que se ven reflejados en la mejora de las poblaciones beneficiadas en indicadores laborales, productivos, de condiciones de vida, de salud, educativos y medioambientales.



Evidencia para ALC: Impactos de la electrificación

En las regiones en vías en desarrollo, como ALC, se encuentra evidencia de que un mayor desarrollo energético^e —asociado a la disponibilidad, acceso y uso de electricidad— tiene impactos positivos en la salud y la educación. En específico, está asociado a un aumento en la esperanza de vida al nacer, una disminución en la tasa de mortalidad infantil, un aumento en la progresión a la escuela secundaria y una mayor asistencia escolar⁷.

Para algunos países de ALC en particular, la evidencia disponible da cuenta de importantes impactos positivos en indicadores de condiciones de vida, de empleo, de salud y de educación.

^d Encontrar una asociación causal entre crecimiento económico y electrificación no es una tarea sencilla dada la complejidad del crecimiento económico, que es un proceso dinámico y de largo plazo ([Stern et al., 2019](#); [Stern y Kander, 2012](#)) encuentran una relación positiva entre crecimiento económico y electrificación. También, [Calderón et al. \(2015\)](#) encuentran un efecto positivo y significativo a largo plazo de la infraestructura en el PIB, a partir de un indicador que incluye capacidad de generación de electricidad, transporte y telecomunicaciones.

^e Los autores miden el desarrollo energético a partir de un índice multidimensional que combina cuatro indicadores, tanto a nivel residencial como comercial, a saber: uso total de energía primaria per cápita, consumo de energía eléctrica per cápita, consumo de energía renovable, y acceso a la electricidad.

BRASIL

La electrificación tuvo efectos positivos en las condiciones de vida, reflejada en un incremento de entre 16 y 20% en el Índice de Desarrollo Humano (IDH), una mejora en la educación asociada a una reducción del 25% en la tasa de analfabetismo y del 32% en la tasa de población con menos de 4 años de educación, y un aumento del 47% en el empleo⁸.

NICARAGUA

La electrificación rural generó un aumento del 23% en la probabilidad de que las mujeres trabajen fuera del hogar⁹.

COLOMBIA

La electrificación provocó un aumento del 10% en la fracción de niños de ocho años que han completado al menos un año de escuela¹⁰.

EL SALVADOR

La electrificación de viviendas en zonas rurales redujo las enfermedades respiratorias agudas en los niños luego de tres años de la intervención, entre un 39 y 65%, al disminuir la concentración de material particulado en la vivienda en un 66%¹¹.

PERÚ

La electrificación en viviendas rurales, a partir de un sistema solar doméstico, redujo el gasto del hogar en otras fuentes de energía utilizadas para iluminación como velas (-81%) y baterías (-8%), incrementó el tiempo dedicado a actividades recreativas como la lectura y aumentó los minutos de estudio de los niños en un 11%¹².

Mercado laboral



El acceso a la electricidad tiene impactos positivos en **indicadores laborales** como el empleo, con aumentos que van desde el 17 al 47%¹³, que de acuerdo con algunos estudios suelen beneficiar en mayor medida a las mujeres^{14,f}, y los ingresos, con incrementos de entre 20 y 70%^{15,g-h}. Estas mejoras podrían explicarse por una reasignación del tiempo de las personas al trabajo: por ejemplo, el suministro de luz por la noche puede hacer que las personas aumenten el tiempo que dedican a obtener ingresos remunerados, ya que pueden trabajar de forma productiva durante más tiempo¹⁶.

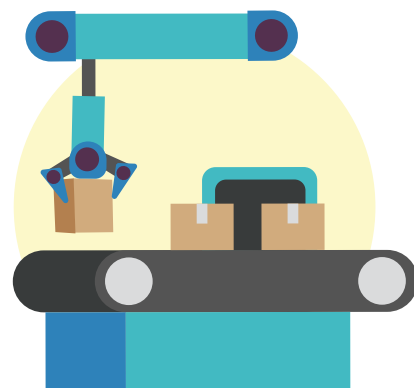
^f Mientras que [Dinkelman \(2011\)](#) solo encuentra impactos positivos en empleo de mujeres, [Khandker et al. \(2014\)](#) encuentra impactos positivos tanto para mujeres como hombres, aunque mayores en mujeres. No obstante, [Van de Walle et al. \(2017\)](#) encuentra impacto solamente en el trabajo de los hombres asalariados.

^g [Lenz et al. \(2017\)](#) no encuentran efectos estadísticamente significativos de la electrificación sobre empleo e ingresos.

^h [Khandker et al. \(2014\)](#) encuentran efectos positivos en ingresos del hogar pero no significativos en ingresos laborales.

Producción

También se evidencian impactos positivos en la **producción** a causa de la electrificación. En particular, en la producción industrial se encuentra un impacto positivo del 14%¹⁷ que podría explicarse por el acceso en cantidad y calidad a la red eléctrica, la reducción en el costo de los insumos energéticos, la refrigeración de los insumos de producción, la utilización de maquinarias y equipamiento eléctrico y el equipamiento tecnológico para la gestión del negocio, entre otros. En el caso de la agricultura, por ejemplo, también se habilita la posibilidad de implementar tecnologías adicionales como las bombas de agua¹⁷. Asimismo, de acuerdo con los estudios disponibles, la electrificación tendría impactos favorables en la productividad por trabajador¹⁸.



Condiciones de vida

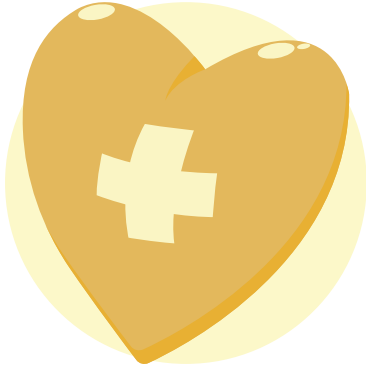
El acceso a la electricidad también genera efectos positivos en las **condiciones de vida** de los hogares, como una mejora en el desarrollo humano entre un 16 y 20% y una reducción de pobreza de 13,3pp¹⁹. Estos impactos favorables podrían explicarse porque la electrificación permite a los beneficiarios aumentar su consumo de energía^{20, i}, ya sea mediante una mayor demanda de iluminación doméstica, el mayor uso de electrodomésticos como cocina²¹, televisión y refrigeración, y un mejor acceso a servicios como agua potable y agua caliente²². También, porque la mayor disponibilidad de luz durante la noche permite a las personas asignar su tiempo de ocio para realizar diversas actividades recreativas, como mirar TV, escuchar la radio, leer un libro, etc.²³

A su vez, el acceso a la electricidad tiene efectos positivos en los niveles de capital social y cohesión, ya que genera oportunidades para que los individuos desarrollen relaciones e interactúen entre sí a través de un mayor acceso a servicios de información y entretenimiento, espacios públicos o comunitarios y/o servicios o seguridad personal. Un ejemplo de esta índole es la mejor iluminación de espacios públicos²².

ⁱ Los proyectos de electrificación rural además de mejorar el acceso a la población directamente beneficiada con el servicio de electricidad, pudiera generar efectos derrame en vecinos y familiares que acceden al servicio indirectamente, lo que les permitiría aumentar su consumo de electricidad y reducir sus gastos de energía ([Van de Walle et al., 2017](#) y [Lenz et al., 2017](#)), así como también acceder a mejores servicios de salud, educación y de abastecimiento de bienes.



Salud



El acceso a la electricidad, o bien su acceso en condiciones mejoradas^j, genera beneficios en **indicadores de salud**, tales como la reducción en la tasa de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, la disminución de la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños entre 39 y 65%, enfermedades de los ojos, cardiovasculares y/o diarreicas. También se vincula a una reducción en la mortalidad infantil y materna, y un aumento en la esperanza de vida por una menor exposición a la contaminación del aire interior²⁴. Estos efectos positivos en la calidad del aire podrían explicarse por dos canales. Por un lado, cuando el acceso a la electricidad permite que los hogares sustituyan con la electricidad el consumo de fuentes de energía emisoras de CO₂²⁵ que afectan la calidad del aire, como la biomasa o el queroseno, utilizados para la iluminación, calefacción o bien para cocinar²⁶. Y, por otro lado, la mejora en la calidad del aire podría deberse al cambio en la forma de generación de electricidad; por ejemplo, centrales que utilizan carbón respecto de centrales hidroeléctricas que utilizan energías renovables como el agua, parques eólicos que utilizan el aire y plantas solares que utilizan la energía solar para la generación de energía eléctrica.

Adicionalmente, el acceso a la red eléctrica permite que los centros de salud mejoren sus instalaciones físicas y los servicios de atención sanitaria que brindan —por ejemplo, por medio de una iluminación adecuada durante los procedimientos médicos y de un mejor almacenamiento de las vacunas y funcionamiento de los equipos médicos—, así como también la gestión de estos servicios por medio del uso y acceso a las telecomunicaciones²⁷.

Educación

La electrificación y/o su acceso en condiciones mejoradas también genera impactos positivos en **indicadores educativos**^k, como una reducción de la tasa de analfabetismo del 25%, un aumento en los minutos de estudio de los niños de un 11%, un incremento de años de escolarización de niños entre un 6 y 72%

^j El acceso a electricidad mejorada refiere a la disponibilidad y utilización de servicios eléctricos más seguros —con medidas para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas, a fin de minimizar los riesgos de accidentes y daños—, confiables —con disponibilidad del servicio de manera continua, sin interrupciones frecuentes— y eficientes —que eviten pérdidas significativas durante la transmisión y distribución de la electricidad—.

^k [Squires \(2015\)](#) encuentra efectos negativos de la electrificación en asistencia, años de escolarización y graduación escolar. Esto podría explicarse por una mayor participación infantil en el mercado laboral y porque las mujeres adultas del hogar pudieran ser atraídas al mercado laboral quedando los niños mayores a cargo del cuidado de sus hermanos menores.



(que van de 0,3 a 2 años), un crecimiento en la progresión de la escuela primaria a la escuela secundaria, una mayor permanencia escolar y una mejora en el rendimiento académico²⁸. Estos impactos positivos podrían explicarse por un aumento en la jornada escolar efectiva, por un mayor acceso y uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)²², y porque la disponibilidad de luz permite aumentar el tiempo de estudio en la casa, no solo de los niños²⁹ sino también de los adultos. También, en los centros educativos el acceso a la electricidad mejora las condiciones de iluminación dentro de las aulas, las condiciones de trabajo para educadores y la calidad educativa a partir de la posibilidad de dictar clases prácticas en laboratorios y de utilizar equipamiento educativo como ordenadores, fotocopiadoras, televisores y proyectores durante las clases²².

Medioambiente

Por último, la electrificación también tiene impactos positivos en **indicadores medioambientales**²². Estas mejoras pueden explicarse por tres vías. Primero, por la sustitución del uso de fuentes de energía emisoras de CO₂ por la electricidad³⁰ como, por ejemplo, una disminución en el uso de leña para cocinar o calefaccionar²¹, lo que a su vez reduce la deforestación. Segundo, por el uso de electrodomésticos más eficientes energéticamente²¹ que reducen el consumo de energía y, por ende, de fuentes emisoras de CO₂ cuando la energía eléctrica se genera con este tipo de energéticos. Y tercero, por la sustitución del uso de fuentes emisoras de CO₂ por fuentes de energía renovables^{31,1} o fuentes de energía no fósiles con bajo contenido en carbono como la nuclear. Esta sustitución sumada a la eficiencia energética puede dar lugar no solo a externalidades positivas, como la mejora de la calidad del aire y la reducción de emisiones GEI³¹, sino también a una disminución de los gastos en energía de los hogares³².



I No obstante, debe señalarse que la implementación y operación de las tecnologías de energías renovables puede generar contaminación y afectar la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad (Moore et al., 2020; IDEAL, 2022). Por ejemplo, los parques eólicos y las represas hidroeléctricas pueden afectar las especies migratorias y las plantas de energía solar pueden afectar los hábitats naturales al utilizar grandes terrenos para su desarrollo (Pörtner et al., 2021). Asimismo, en la fase de construcción de estas tecnologías también se generan emisiones GEI, por ej. en la construcción de centrales hidráulicas y en los procesos de fabricación de paneles y molinos (Spadaro et al., 2000). A esto se suma que el desarrollo de las energías renovables demanda minerales —por ej., para las turbinas eólicas— obtenidos de actividades mineras que pueden afectar a los ecosistemas. También, se generan residuos derivados del descarte de paneles fotovoltaicos y turbinas eólicas una vez finalizada su vida útil o cuando son reemplazados anticipadamente. A estas consecuencias ambientales, se suman otros tipos de contaminación como la auditiva —por ej. los ruidos de las turbinas eólicas pueden provocar efectos adversos en la salud de las personas (Punch et al., 2010), como dolores de cabeza y estrés (Pedersen, 2011).

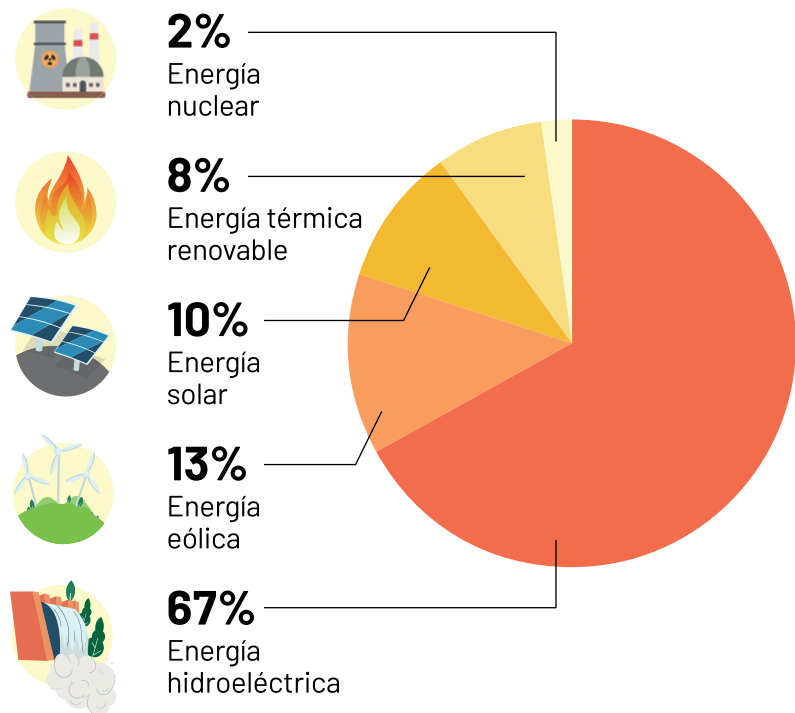
La electrificación basada en energías renovables

La participación de la capacidad instalada de energías renovables en ALC se consolidó hasta alcanzar un 62% en 2021.

La expansión de la cobertura y acceso al servicio eléctrico de los últimos 20 años en ALC fue acompañada de un importante crecimiento en la capacidad instalada, que se incrementó en más de un 100%^m, a la vez que la participación de la capacidad instalada de energías renovables se consolidó hasta alcanzar un 62% en 2021³.

Cabe mencionar que, al descomponer la capacidad instalada del grupo de energías renovables, la energía hidroeléctrica es la que concentra la mayor proporción³.

ENERGÍAS RENOVABLES SEGÚN SU PROPORCIÓN DE CAPACIDAD INSTALADA EN ALC



Este esfuerzo de los países de la región en hacer sus matrices de generación de electricidad bajas en carbono se enmarca en un esfuerzo global por reducir las emisiones de GEI y mitigar sus consecuencias en el medio ambiente.

^m La capacidad instalada de energía eléctrica, esto es la capacidad máxima teórica de generación de electricidad que una planta de generación puede producir en condiciones óptimas, pasó de 221 mil MW a 481 mil MW entre 2001 y 2021. En el mismo periodo, también se evidenció un incremento en la generación de electricidad del 75%, esto es la cantidad real de energía eléctrica producida, que pasó de 937.028 GWh a 1.637.868 GWh en el mismo periodo.



Las emisiones GEI, el calentamiento global y sus consecuencias

La acumulación de los GEI en la atmósfera provoca el denominado calentamiento global, un aumento de la temperatura media de la superficie terrestre, que durante la última década (2013-2022) ha sido de 1,1°C respecto de la de la época preindustrial (1850-1900)³³, y se espera que siga aumentando en las próximas décadasⁿ.

Este calentamiento global trae aparejados efectos negativos directos como el aumento del estrés térmico, las inundaciones, las sequías, los incendios forestales y la mayor frecuencia de tormentas intensas, así como también indirectos que amenazan la salud de la población a través de cambios adversos en la contaminación atmosférica, la propagación de enfermedades, la inseguridad alimentaria e hídrica, los desplazamientos y la insalubridad mental³⁴.

Estos daños serán masivos y potencialmente irreversibles en tanto y en cuanto los países del mundo en general y de ALC en particular no tomen medidas urgentes para evitar que la temperatura continúe aumentando³⁵.

ALC aglutina un 10% de las emisiones globales y en los últimos 50 años han evidenciado un aumento importante.

Actualmente ALC aglutina un 10% de las emisiones globales^{35,o} y, si bien la región tiene un menor nivel de emisiones totales y per cápita respecto del mundo desarrollado, en los últimos 50 años han evidenciado un aumento importante. Mientras en 1971 el promedio de emisiones de CO₂ per cápita de ALC representaba apenas un 15% del de los países desarrollados de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en 2021 esta participación creció hasta duplicarse y alcanzar un 30%³⁶.

ⁿ De hecho, la temperatura media proyectada para ALC en 2021-2040 es 1°C más alta que en 1985-2014 ([Brassiolo et al., 2023](#)).

^o En ALC el sector de energía —que incluye la generación de electricidad— contribuye solo con un 13% a este total de emisiones, mientras que los sectores de mayor contribución son aquellos vinculados al uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura, y prácticas agropecuarias (58%), industria (16%), y transporte (11%), etc. ([Brassiolo et al., 2023](#)).



El compromiso de ALC para reducir las emisiones de GEI

En el Acuerdo de París, 33 países de América Latina y el Caribe (de un total de 196 países firmantes) se comprometieron a limitar el aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales.

En ese sentido, a través de las denominadas Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDN o NDC por sus siglas en inglés), 21 países de la región que aglutinan más del 80% de las emisiones actuales de GEI de ALC establecieron, en función de sus circunstancias y capacidades, metas específicas para reducir las emisiones de GEI y para adaptarse a los impactos producidos por el cambio climático, así como las medidas y acciones para lograr esos objetivos.

En 2020, los países de ALC emitieron 3.293 megatoneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) y hacia 2030, en el marco de las CDN, se comprometieron con una reducción del 11% en sus emisiones (2.952 MtCO₂e)^{35,p}.

Por tanto, para que los países de la región alcancen un desarrollo sostenible de la mano de una mayor electrificación y de un mayor crecimiento económico, el incremento del producto por habitante debe ser tal que las emisiones de GEI de los países de ALC no crezcan o bien lo hagan en una menor proporción³⁵.

Dos vías posibles para alcanzar este doble objetivo de crecer sin aumentar —o incluso reducir— emisiones de GEI son la electrificación de la demanda de energía residencial y la descarbonización de la matriz de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

Dos vías posibles para alcanzar este doble objetivo de crecer sin aumentar —o incluso reducir— emisiones de GEI son la electrificación de la demanda de energía residencial y la descarbonización de la matriz de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Como se mencionó, la primera permite sustituir el consumo de energía proveniente de fuentes fósiles emisoras de CO₂ por electricidad, mientras que la segunda permite satisfacer las necesidades de consumo energético de los países de la región mediante la sustitución de la generación eléctrica proveniente de fuentes de alto contenido de carbono por fuentes renovables que no emiten CO₂ en la fase de generación. Como lo

^p Los esfuerzos en materia de reducción de emisiones para ALC se deberían incrementar sustancialmente si se considera un aumento poblacional o del producto por habitante. Si el PIB per cápita de ALC creciera entre un 2 y 4%, dado el crecimiento poblacional proyectado de 0,6% promedio anual entre 2020 y 2030, debiera reducir sus emisiones por PIB entre un 31 y 43%, un valor similar a la reducción que tiene que hacer la Unión Europea en esta variable si el producto por habitante de esta región creciera un 2% (42%) [Allub et al. (próxima publicación) en www.caf.com]

indica la evidencia disponible para países desarrollados, una mayor inversión en energías renovables repercute en menores emisiones de CO₂, tanto en el corto como en el largo plazo³⁷.

Las energías renovables se pueden desarrollar a menor escala, lo que les permite llegar a zonas rurales y/o remotas donde se evidencian los mayores saldos pendientes en materia de cobertura y acceso a la electricidad y donde sería muy costoso conectar las viviendas a la red de electricidad principal.

Este tipo de energías se puede desarrollar a menor escala, lo que les permite llegar a zonas rurales y/o remotas —más dispersas y con un menor tamaño poblacional— donde se evidencian los mayores saldos pendientes en materia de cobertura y acceso a la electricidad y donde sería muy costoso conectar las viviendas a la red de electricidad principal.

En línea con la evidencia para electrificación de la demanda residencial, los estudios existentes sobre el impacto de proyectos de energía solar y eólica, por fuera del sistema interconectado de electricidad (*off-grid*), dan cuenta de impactos positivos en indicadores de condiciones de vida, empleo, salud, educación y medioambiente.

IMPACTO DE PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES EN ZONAS RURALES

CONDICIONES DE VIDA

- ↑ uso de luz en el hogar³⁸
- ↓ gasto de energía del hogar entre un 33 y 59%³⁹

EMPLEO

- ↑ probabilidad de que las mujeres participen en el trabajo agrícola en un 33% y de que los hombres participen en el trabajo doméstico en un 26%⁴⁰

SALUD Y MEDIOAMBIENTE

- ↓ consumo de combustibles contaminantes como el queroseno entre un 50 y 77% y del gasto entre 68 y 80%⁴¹
- ↓ probabilidad de usar lámparas de queroseno en un 43%⁴⁰
- ↓ enfermedades respiratorias y de la vista⁴²
- ↓ emisiones de CO₂⁴³

EDUCACIÓN

- ↑ asistencia a la escuela en un 14%⁴²
- ↑ tiempo de estudio de los niños entre 8 y 30 minutos⁴⁴ y en la completitud de tarea escolares en un 24%⁴²
- ↑ probabilidad de que los niños del hogar completen primer grado en un 15%⁴⁰

La acción de CAF y su impacto en la reducción de emisiones GEI



En CAF, atentos a las necesidades de la región en materia de electrificación rural y urbana, y a la demanda de que la generación de energía sea baja en carbono y sostenible ambientalmente, se financian proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables, como la eólica, la solar y la hidroeléctrica.

Esta estrategia forma parte de un plan integral que busca impulsar una transición energética justa^q con fuentes renovables convencionales y no convencionales, que acompañe el crecimiento y descarbonización de las economías, garantizando la seguridad energética, la cobertura y la asequibilidad del servicio eléctrico, además de promover el *powershoring*^r.

Financiamiento de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables

Entre 2014 y 2023, CAF financió once proyectos de energía renovable por un monto total de USD 347 millones en Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay. Estos proyectos consistieron en la construcción, puesta en marcha y mantenimiento de seis parques eólicos, 26 plantas solares y dos centrales hidroeléctricas.

Los proyectos de energía renovable financiados por CAF aportarían 2.850 GWh de generación de energía eléctrica por año, lo que equivale a abastecer de energía a un total de 1.1 millones de familias.

Según cálculos propios, estos proyectos^s aportarían 2.850 GWh de generación de energía eléctrica por año, lo que equivale a abastecer de energía a un total de 1.1 millones de familias, de acuerdo con el consumo promedio de energía eléctrica de cada país, y representa un 2% del total de la generación eléctrica renovable de estos países.

q La transición energética justa consiste en la conversión de un sistema energético basado en combustibles fósiles y carbón a uno basado en fuentes primarias que contribuyan a la reducción de las emisiones de GEI, a un aumento en la participación de la electricidad en la matriz energética, a una mayor eficiencia –por medio de una reducción en las pérdidas de transformación, transmisión y distribución de energía eléctrica o bien a partir del uso de electrodomésticos que consuman menos energía–, y al desarrollo de tecnologías de captura y almacenamiento de emisiones de CO₂.

r *Powershoring* se refiere a la descentralización de la producción hacia países que ofrecen energía con bajo contenido en carbono, segura, barata y abundante y cercanos a los grandes centros de consumo, además de otras virtudes para atraer inversiones industriales. ALC cumple con muchas de estas condiciones: varios países cuentan con matrices energéticas de bajo contenido de carbono y está geográficamente cerca de América del Norte y Europa, a lo que se suma su enorme potencial en energías renovables (CAF, 2022).

s Se excluye de este cálculo el aporte del proyecto de la planta solar Chico Mendes en Brasil y de los 23 paneles solares en Chile. Estos proyectos, aprobados en 2022 y en 2023, respectivamente, al momento de la publicación de este informe no se encontraban concluidos. Se estima que la reducción anual de emisiones ascendería a 270 y 48.300 tCO₂eq, respectivamente.

A su vez, esta generación de energía proveniente de fuentes renovables redujo emisiones de GEI por un total de 4 millones de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂eq) desde la entrada en operación de cada proyecto de energía renovable hasta 2022. En 2022 la reducción de emisiones de GEI por estos proyectos fue de 980 mil tCO₂eq, un 1,1% del total de emisiones de CO₂ eq atribuibles a la generación de energía eléctrica conectada a la red para los 5 países con proyectos operativos.

El Costo Social de Carbono (CSC o SCS por sus siglas en inglés)^t es una medida que estima el valor monetario de los impactos asociados con los cambios en emisiones de CO₂ en un año dado, expresado en términos de consumo equivalente⁴⁵. De acuerdo con sus valoraciones, la reducción de emisiones GEI de proyectos CAF se tradujo en un beneficio de entre USD 169 y 937 millones en el mismo periodo. En 2022 se estima que el beneficio por reducción de emisiones osciló entre USD 42 y 233 millones^u por las emisiones reducidas.



^t Estimaciones realizadas con base en estimación del CSC global de [ToI\(2023\)](#) para tres tasas de descuento: a) 1%: USD 610 millones, b) 2%: USD 937 millones, y c) 3%: USD 169 millones.

^u Los cálculos de los beneficios realizados a partir de la estimación del CSC de [ToI, 2023](#) con una tasa de descuento del 1% fueron de USD 152 millones, las estimaciones de los beneficios con una tasa de descuento del 2% fueron de USD 233 millones, y con una tasa de descuento del 3% fueron de USD 42 millones. Los cálculos de los beneficios realizados a partir de la estimación del CSC de [Wang et al., 2019](#) con una tasa de descuento del 3% fueron de USD 111 millones.

ARGENTINA

CAF financió dos proyectos de energía renovable por USD 60 millones: el parque solar Cafayate y los parques eólicos Villalonga y Chubut del Norte. La capacidad nominal instalada del parque solar fue de 81,3 MW, un 7,4% del total de potencia solar fotovoltaica instalada en el país (1.104 MW en 2022), y la de ambos parques eólicos fue de 80,6 MW, un 2,4% del total de potencia eólica instalada en el país (3.309 MW en 2022). Estos permitieron aumentar la producción de energía en 649 GWh al año, una energía neta generada con el potencial de abastecer a 216 mil hogares, y se estima que contribuyeron a reducir las emisiones de GEI en 1 millón tCO₂eq desde la entrada en operación de cada proyecto hasta 2022. En 2022, la disminución total de emisiones de GEI fue de 276 mil tCO₂eq, lo que representa un 0,66% del total de emisiones por generación de energía eléctrica del país. Esta reducción implicaría un beneficio de entre USD 43 y 242 millones, de acuerdo con estimación del CSC.

BRASIL

En el marco del Programa de Desarrollo y Saneamiento Ambiental de São Caetano do Sul, aprobado en 2022 por USD 50 millones, CAF destinó USD 1,7 millones para financiar el parque solar Chico Mendes con el objetivo de abastecer de energía eléctrica con bajo contenido de carbono al municipio. Este proyecto permitiría aumentar la producción de energía en 0,73 GWh al año, y se estima que contribuiría a reducir las emisiones de GEI en aproximadamente 270 tCO₂eq al año.

CHILE

CAF financió el parque solar fotovoltaico en Atacama por USD 79 millones. La potencia nominal instalada fue de 170 MW, un 2,7% del total de potencia solar instalada en el país (6.250 MW en 2022). Este parque produce un total de 470 GWh al año, lo que permitiría abastecer de energía eléctrica a un total de 215 mil familias, y se estima que contribuyó a reducir las emisiones en 310 mil tCO₂eq desde la entrada en operación del proyecto hasta 2022. En 2022, la reducción total de emisiones fue de 141 mil tCO₂eq, lo que representa un 0,46% del total de emisiones por generación de energía eléctrica del país. Esta reducción representaría un beneficio entre USD 13 y 74 millones de acuerdo con estimación del CSC.

En el marco del Proyecto oEnergy PMGD Solar en Chile, aprobado en 2023 por USD 30 millones, CAF financiará **23** paneles solares que permitirán producir 160,7 GWh de energía neta anual. Esta energía permitiría abastecer a **73.500** familias y generaría una reducción de emisiones de **48.300 toneladas** de CO₂ equivalente, que representa un 0,16% de las emisiones por generación de energía eléctrica del país.

ECUADOR

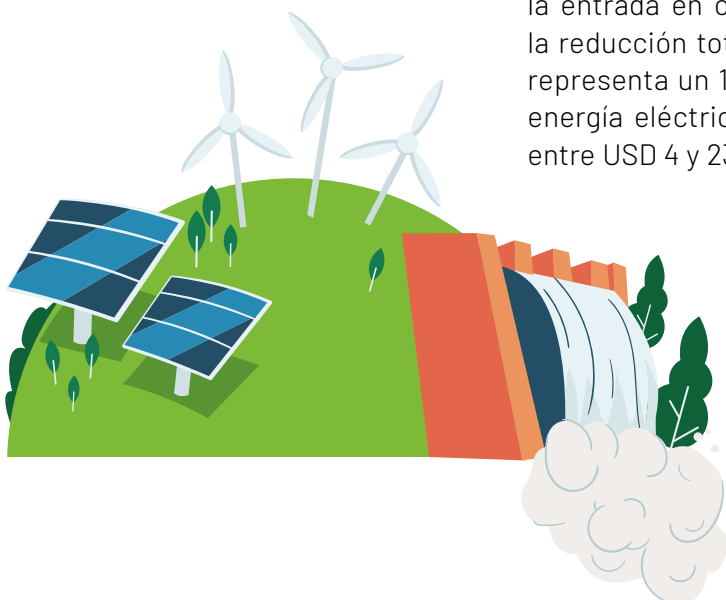
CAF financió la Central Hidroeléctrica en DUE Hidroalto por USD 22 millones. La potencia nominal instalada fue de 49,5 MW, un 1% del total de potencia hidroeléctrica instalada en el país (5.191 MW en 2022). Esta central produce 348 GWh al año, una energía neta generada con el potencial de abastecer a 205 mil familias, y se estima que redujo las emisiones en 385 mil tCO₂eq desde la entrada en operación del proyecto hasta 2022. En 2022, la reducción total de emisiones fue de 51 mil tCO₂eq, lo que representa un 1,2% del total de emisiones por generación de energía eléctrica del país. Esta reducción representaría un beneficio entre USD 17 y 92 millones de acuerdo con estimación del CSC.

PERÚ

CAF financió cuatro proyectos de energía renovable por USD 90 millones: los parques eólicos Marcona, Tres Hermanas, Huambos y Dunas, y la central hidroeléctrica La Virgen. Los 3 parques eólicos concentran una potencia nominal instalada de 166 MW, un 41% del total de potencia eólica instalada en el país (409 MW en 2022) y la central hidroeléctrica representa un 1,5% del total de potencia hidroeléctrica instalada en el país (5.503 MW en 2022). Estos proyectos permitieron aumentar la producción de energía en 1.119 GWh al año, una capacidad de generación de energía con el potencial de abastecer a unos 373 mil familias. Se estima, además, que redujeron las emisiones en 2.1 millones tCO₂eq desde la entrada en operación de cada proyecto hasta 2022. En 2022, la reducción total de emisiones fue de 485 mil tCO₂eq, lo que representa un 5,6% del total de emisiones por generación de energía eléctrica. Esta reducción representaría un beneficio entre USD 92 y 507 millones de acuerdo con estimación del CSC.

URUGUAY

CAF financió el parque eólico Artilleros Rouar por USD 58 millones. La potencia nominal instalada fue de 65,1 MW, un 4,3% del total de potencia eólica instalada en el país (1.514 MW en 2022). Este parque produce 257 GWh al año, lo que equivale a abastecer de energía eléctrica a 93 mil familias, y se estima que redujo las emisiones de CO₂ en 99 mil tCO₂eq desde la entrada en operación del proyecto hasta 2022. En 2022, la reducción total de emisiones fue de 26 mil tCO₂eq, lo que representa un 1,9% del total de emisiones por generación de energía eléctrica. Esta reducción representaría un beneficio entre USD 4 y 23 millones de acuerdo con estimación del CSC.



Otros apoyos para aumentar la electrificación y reducir las emisiones de GEI en ALC

ACCIÓN DE CAF EN LOS ÚLTIMOS 6 AÑOS (2018-2023)

8 proyectos

de cooperación técnica vinculados a energía

\$961 mil dólares

en 19 países^v

de América Latina y el Caribe

Estos recursos fueron dirigidos al financiamiento de:

19 PAÍSES

- » estudios de análisis integral del sector de electricidad de ALC hacia 2050
- » foro para promover la integración energética regional

ARGENTINA

- » estudios de factibilidad de energías renovables en zonas rurales

ECUADOR

- » mejora de servicio público eléctrico

MÉXICO

- » estudio de adopción tecnológica y proyectos demostrativos de sistemas de almacenamiento de energía

PARAGUAY

- » implementación de un sistema inteligente en la gestión de la medición de energía eléctrica en la infraestructura de distribución

URUGUAY

- » formación de estudiantes universitarios en energías renovables
- » estudio de inclusión de hidrógeno verde en sistema eléctrico

^v Argentina, Barbados, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

Adicionalmente, la agenda de conocimiento de CAF se encuentra desarrollando el Reporte de Economía y Desarrollo sobre transición energética justa, un documento que busca entender las oportunidades y desafíos que presenta la transición energética para la estrategia de desarrollo sostenible e inclusivo de los países de la región y que será publicado en 2024.

Estas acciones de CAF se enmarcan en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Con su implementación, se fomenta, fundamentalmente:



En síntesis

Pese a los avances en la electrificación de los países de ALC, todavía hay más de 18 millones de latinoamericanos y caribeños que no tienen acceso a la electricidad. Esta situación se agrava en la ruralidad donde cerca de 3,5 millones de viviendas no acceden a este servicio. A esto se suma que todavía persisten problemas en la calidad del servicio que afectan su continuidad.

A los desafíos en materia de electrificación se suman los desafíos medioambientales: si bien nuestra región concentra un 10% del total de emisiones de CO₂, su participación ha aumentado en las últimas décadas y el llamado a implementar medidas de mitigación es urgente para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones establecidos en el marco de las CDN y evitar que la temperatura global siga aumentando con los consecuentes daños económicos y sociales que ésta trae aparejados.

Por tanto, los países de la región tienen un triple desafío: invertir en electrificación —necesario para crecer—, incorporar infraestructura energética que permita una generación de electricidad baja en carbono —necesario para proteger al medio ambiente— e incluir a las poblaciones más desfavorecidas, particularmente a los que habitan en zonas rurales —necesario para no dejar a nadie atrás—.

CAF financia proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables —eólica, solar e hidroeléctrica— que permitieron aumentar la electrificación rural y urbana de la región.

Estos proyectos tienen impactos positivos en términos de crecimiento y desarrollo económico, reflejados en la mejora de indicadores del mercado laboral, producción, condiciones de vida, salud, educación y medioambiente de las poblaciones beneficiadas.

Los impactos en protección del medioambiente se incrementan sustancialmente cuando la generación de electricidad es a partir de fuentes renovables. Se estima que los proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes renovables financiados por CAF redujeron emisiones de GEI por un total de casi 4 millones de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂eq) desde que cada proyecto entró en operación hasta 2022 —equivalente a un beneficio de entre USD 169 y 937 millones—, un 1,1% del total de emisiones por generación de electricidad de los 5 países beneficiados con proyectos en operación, lo que contribuye a las metas de mitigación de ALC establecidas en el marco de las CDN.



Notas de referencias

- 1 [Hub de Energía \(2021\)](#)
- 2 Allub et al. (próxima publicación) en www.caf.com
- 3 [OLADE \(2021\)](#)
- 4 [ECAAF \(2019\)](#)
- 5 [Encuesta de Empresas del Banco Mundial \(2017\)](#)
- 6 [IDEAL \(2022\)](#)
- 7 [Banerjee et al. \(2021\)](#)
- 8 [Lipscomb et al. \(2013\)](#)
- 9 [Grogan y Sadanand \(2013\)](#)
- 10 [Grogan \(2016\)](#)
- 11 [Barron y Torero \(2017\)](#)
- 12 [Arraiz \(2015\)](#)
- 13 [Lipscomb et al. \(2013\); Dinkelman \(2011\); Grogan y Sadanand \(2013\); Bernard \(2012\); Khandker et al. \(2014\) y Akpandjar y Kitchens \(2017\)](#)
- 14 [Dinkelman \(2011\) y Khandker et al. \(2014\)](#)
- 15 [Kirubi et al. \(2009\); Chakravorty et al. \(2014\); Khandker et al. \(2014\); Bensch et al. \(2011\) y Kumar y Rauniyar \(2018\)](#)
- 16 [Van de Walle et al. \(2017\)](#)
- 17 [Rud \(2012\)](#)
- 18 [Kirubi et al. \(2009\)](#)
- 19 [Lipscomb et al. \(2013\) y Khandker et al. \(2014\)](#)
- 20 [Khandker et al. \(2014\) y Van de Walle et al. \(2017\)](#)
- 21 [Akpandjar y Kitchens \(2017\)](#)
- 22 [Moore et al. \(2020\)](#)
- 23 [Lenz et al. \(2017\) y Wagner et al. \(2021\)](#)
- 24 [Rivera et al. \(2021\); Barron y Torero \(2017\); Moore et al. \(2020\); Banerjee et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) y Oum \(2019\)](#)
- 25 [Bonan et al. \(2017\); Cabraal et al. \(2005\); Khandker et al. \(2014\) y Grimm et al. \(2017\)](#)
- 26 [Cabraal et al. \(2005\) y Heltberg \(2003\)](#)
- 27 [Cabraal et al. \(2005\) y Lenz et al. \(2017\)](#)
- 28 [Moore et al. \(2020\); Banerjee et al. \(2021\); Lipscomb et al. \(2013\); Bernard \(2012\); Oum \(2019\); Grogan \(2016\); Akpandjar y Kitchens \(2017\); Khandker et al. \(2014\) y Rom et al. \(2023\)](#)
- 29 [Khandker et al. \(2014\); Grimm et al. \(2017\); Lenz et al. \(2017\) y Bensch et al. \(2011\)](#)
- 30 [Khandker et al. \(2014\); Lenz et al. \(2017\); Grimm et al. \(2017\); Wagner et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) y Aklin et al. \(2017\)](#)
- 31 [Wagner et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) y Bharadwaj et al. \(2021\)](#)
- 32 [Rom et al. \(2023\); Grimm et al. \(2017\); Lenz et al. \(2017\); Bharadwaj et al. \(2021\); Aklin \(2017\) y Wagner et al. \(2021\)](#)
- 33 [IPCC \(2023\)](#)
- 34 [Watts et al. \(2015\) y IPCC \(2023\)](#)
- 35 [Brassiolo et al. \(2023\)](#)
- 36 [IEA \(2023\)](#)
- 37 [Rahman et al. \(2022\)](#)
- 38 [Grimm et al. \(2017\) y Wagner et al. \(2021\)](#)
- 39 [Grimm et al. \(2017\) y Rom et al. \(2023\)](#)
- 40 [Bharadwaj et al. \(2021\)](#)
- 41 [Karumba y Muchapondwa \(2018\); Grimm et al. \(2017\); Wagner et al. \(2021\) y Rom et al. \(2023\)](#)
- 42 [Rom et al. \(2023\)](#)
- 43 [Wagner et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) y Bharadwaj et al. \(2021\)](#)
- 44 [Arraiz \(2015\); Grimm \(2017\) y Furukawa \(2014\)](#)
- 45 [EPA \(2017\)](#)