

Beltrán, Carlos; Rivas, María Eugenia; Calatayud, Agustina

Working Paper

Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe: Brechas de conocimiento y prioridades de investigación

IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-01634

Provided in Cooperation with:

Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC

Suggested Citation: Beltrán, Carlos; Rivas, María Eugenia; Calatayud, Agustina (2024) : Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe: Brechas de conocimiento y prioridades de investigación, IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-01634, Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC,
<https://doi.org/10.18235/0013262>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/309170>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/>

DOCUMENTO DE TRABAJO N° IDB-WP-01634

Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe

Brechas de conocimiento y prioridades de investigación

Carlos Beltrán
María Eugenia Rivas
Agustina Calatayud

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Transporte

Noviembre de 2024



Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe

Brechas de conocimiento y prioridades de investigación

Carlos Beltrán
María Eugenia Rivas
Agustina Calatayud

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Transporte

Noviembre de 2024



**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Beltran, Carlos.

Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe: brechas de conocimiento y prioridades de investigación / Carlos Beltran, María Eugenia Rivas, Agustina Calatayud.

p. cm. — (Documento de trabajo del BID ; 1634)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Transportation-Environmental aspects-Latin America. 2. Transportation-Environmental aspects-Caribbean Area. 3. Sustainable transportation-Latin America. 4. Sustainable transportation-Caribbean Area. 5. Carbon dioxide mitigation-Latin America. 6. Carbon dioxide mitigation-Caribbean Area. 7. Climatic changes-Government policy-Latin America. 8. Climatic changes-Government policy-Caribbean Area. I. Rivas, María Eugenia. II. Calatayud, Agustina. III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. IV. Título. V. Serie.

IDB-WP-1634

Palabras clave:

Transporte, Cambio climático, Transporte sostenible, América Latina, Emisión de gases de efecto invernadero

Códigos JEL:

L91, Q54 y R40

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



TRANSPORTE Y CAMBIO CLIMÁTICO
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

**BRECHAS DE CONOCIMIENTO Y
PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN**

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	1
1 ETAPA I: ANÁLISIS DE LA LITERATURA GLOBAL Y REGIONAL.....	4
1.1 REVISIÓN DE LITERATURA GLOBAL	4
1.1.1 Criterios de búsqueda	4
1.1.2 Resultados de búsqueda	6
1.2 REVISIÓN DE LITERATURA EN ALC	8
1.2.1 Criterios de búsqueda	8
1.2.2 Resultados de búsqueda	11
1.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ALC	14
1.3.1 Tendencias en la investigación en transporte y CC en la región.....	14
1.3.2 Identificación de las temáticas de investigación a nivel global y brechas para ALC	20
2 ETAPA II: PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN EN LA REGIÓN DE ACUERDO CON CRITERIO DE ACADÉMICOS..	26
2.1 TRANSPORTE, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y USO DEL SUELO.....	26
2.2 TRANSPORTE DE CARGA.....	27
2.3 TRANSPORTE ACTIVO	27
2.4 TRANSPORTE PÚBLICO	28
2.5 CALIDAD DEL AIRE.....	28
2.6 TRANSPORTE EN CIUDADES INTELIGENTES.....	29
3 ETAPA III: PROPUESTA DE ÁREAS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	30
<i>Tema principal 1 Medición y caracterización de las emisiones de carbono del transporte y vulnerabilidad del sector ante el CC.....</i>	<i>33</i>
<i>Tema principal 2 Determinantes e impactos del CC</i>	<i>34</i>
<i>Tema principal 3 Escenarios y trayectorias de descarbonización y adaptación</i>	<i>36</i>
<i>Tema principal 4 Gobernanza.....</i>	<i>38</i>
<i>Tema principal 5 Financiamiento y fondeo de la transición</i>	<i>40</i>
<i>Tema principal 6 Inclusión y transición justa</i>	<i>41</i>
4 ETAPA IV: VALIDACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	42
5 REFERENCIAS.....	46
6 ANEXO.....	47
ANEXO 1 LINKS A BUSCADORES POR ORGANIZACIÓN	47
ANEXO 2 DETALLE DE SUB TEMAS.....	48
ANEXO 3 TABLAS EXTENDIDAS	53

CÓDIGO DE PAÍSES

ALC	América Latina y el Caribe
ARG	Argentina
BHS	Bahamas
BRB	Barbados
BLZ	Belice
BOL	Bolivia
BRA	Brasil
CAR	Caribe
CHL	Chile
COL	Colombia
CRI	Costa Rica
ECU	Ecuador
SLV	El Salvador
GTM	Guatemala
GUY	Guyana
HTI	Haití
HND	Honduras
JAM	Jamaica
MEX	México
NIC	Nicaragua
PAN	Panamá
PRY	Paraguay

PER	Perú
DOM	República Dominicana
SUR	Surinam
TTO	Trinidad y Tobago
URY	Uruguay
VEN	Venezuela

Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe:

Brechas de conocimiento y prioridades de investigación¹

RESUMEN

El cambio climático (CC) representa uno de los desafíos globales más grandes en la actualidad. A nivel global, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provenientes del sector transporte representan el 25% del total. En el caso de América Latina y el Caribe (ALC), el sector genera el 40% de las emisiones de CO₂ de la región, siendo el principal emisor. Asimismo, en las últimas décadas el incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos como sequías, lluvias y temperaturas extremas ha causado fallas e interrupciones en la infraestructura y servicios de transporte, con altos costos para las economías y poblaciones de la región. ALC se encuentra rezagada en la adopción de políticas para reducir las emisiones y aumentar la resiliencia del sector transporte debido a la falta de información, la falta de priorización en políticas públicas, la incertidumbre tecnológica y los altos costos asociados en un contexto fiscal restrictivo. Este estudio aborda la barrera asociada a la falta de información y análisis sobre la relación entre transporte y CC en ALC que, a su vez, impacta en las demás barreras. El análisis identifica los temas y preguntas clave para contribuir al desarrollo de la investigación académica en transporte y CC en ALC, a través de cuatro etapas: (i) revisión de literatura global y regional; (ii) análisis de prioridades de investigación en la región; (iii) elaboración de propuesta de áreas y preguntas de investigación; y (iv) validación y priorización de las áreas y preguntas propuestas. Los resultados de la identificación y priorización de temas y preguntas de investigación resaltan la necesidad de un enfoque equilibrado que abarque aspectos sociales, económicos y técnicos del transporte y CC en ALC. Las principales prioridades de investigación se relacionan con las temáticas de inclusión y transición justa; los escenarios y trayectorias de descarbonización y adaptación al CC; y el financiamiento de las medidas de mitigación y adaptación, destacando la importancia de abordar las desigualdades, las necesidades de inversión y la coordinación intersectorial.

¹ Los autores quisieran agradecer a Vileydy González por su asistencia en la investigación y a los *peer reviewers* anónimos por los valiosos comentarios recibidos a versiones previas del artículo. Quisieran asimismo agradecer a los participantes del taller sobre la construcción de una agenda común de investigación en transporte y cambio climático para ALC, realizado en el marco del XXII Congreso Panamericano de Transporte y Logística, organizado por PANAM en Guayaquil, en agosto de 2023. Agradecen especialmente al Comité de Dirección de PANAM por la contribución en la definición de prioridades de investigación en la región; a Juan Pablo Bocarejo, Andrés Gómez Lobo, y Mónica Espinosa por los destacados aportes recibidos en las entrevistas en profundidad; y a los participantes del taller virtual realizados con miembros de la comunidad académica de la región, en colaboración con PANAM.

INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático (CC) es uno de los mayores desafíos de política global en la actualidad. Si se mantienen las tendencias actuales (escenario *business-as-usual*), se estima que, para finales de siglo, el incremento de la temperatura terrestre llegará a 3°C por encima de los niveles preindustriales, con implicaciones devastadoras para los ecosistemas. El sector transporte tiene un rol importante en la lucha contra el CC, pues las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) del sector representan el 25% de las emisiones derivadas de la quema de combustibles a nivel mundial. En América Latina y el Caribe (ALC) este sector es el principal emisor de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivados de la quema de combustible, representado el 40% de las emisiones totales de la región (IEA, 2022). Bajo la trayectoria actual, las emisiones de CO₂ del transporte en ALC para 2050 se incrementarán en 17% respecto a los valores de 2019, principalmente debido a una mayor actividad en el transporte de mercancías. Por el contrario, para cumplir los objetivos del Acuerdo de París, se requiere reducir las emisiones de CO₂ del sector en 26% hacia el año 2040 y 47% hacia 2050, en comparación con los niveles de 2019 (Calatayud et al., 2023).

El CC también genera impactos negativos en los sistemas de transporte. En las últimas décadas, el incremento de la frecuencia y severidad de lluvias, sequías y temperaturas extremas, entre otros fenómenos climáticos, ha derivado en fallas e interrupciones en infraestructuras y servicios de transporte, con significativos costos para las economías y poblaciones de los países de ALC. Se estima que un 25% de las pérdidas por desastres naturales en la región son asumidas por el sector transporte (CAF, 2018). Estimaciones propias indican que tanto los principales puertos de la red de transporte marítimo de ALC como los aeropuertos del Caribe están expuestos a las amenazas provenientes del incremento del nivel del mar (Camacho, 2024). Por su parte, el incremento en las frecuencias e intensidad tanto de sequías como de lluvias constituyen amenazas graves para la infraestructura vial de ALC (Calatayud et al., 2023).

A nivel mundial existen numerosos avances en la implementación de políticas públicas en pro de la descarbonización y la resiliencia climática del sector transporte, especialmente en los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Por el contrario, ALC se encuentra muy rezagada en la adopción de marcos regulatorios y de política que conduzcan a reducir las emisiones del sector, así como incrementar su resiliencia a los efectos del CC. Este rezago se explica por diferentes motivos, entre los cuales se encuentra la falta de información y análisis sobre las tendencias de emisiones de CO₂ y del impacto del CC en el sector, la falta de priorización de esta temática en las políticas públicas, la incertidumbre tecnológica en la transición energética, así como los costos asociados a dicha transición, en un contexto fiscal restrictivo para la región (Calatayud et al., 2023).

Este documento se centra en la primera de las barreras mencionadas: la falta de información y análisis sobre la relación entre transporte y CC en ALC. A su vez, esta barrera tiene un impacto en las restantes. Por ejemplo, desconocer la magnitud y las tendencias de emisiones del sector redundaría en detrimento de priorizar acciones de política pública para mitigarlas. La investigación académica tiene un rol importante para superar esta barrera, proveyendo evidencia robusta sobre los desafíos que el CC presenta para el transporte en la región, así como las medidas de política pública más costo-efectivas para contrarrestarlos. Sin embargo, los esfuerzos de investigación focalizados en ALC son incipientes, fragmentados y de impacto limitado. En este contexto, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con la colaboración de la Sociedad

Panamericana de Investigación en Transporte y Logística (PANAM), ha reunido a los académicos más destacados de la región para diseñar una agenda de conocimiento común sobre transporte y CC, con el objetivo de armonizar los esfuerzos de la comunidad científica de ALC y proveer evidencia que informe el diseño de políticas de descarbonización y adaptación climática del sector transporte.

Este documento identifica los temas y preguntas clave que deberían formar parte de la agenda de investigación académica en la región. La metodología utilizada para lograr esta identificación incluyó técnicas cuantitativas y cualitativas, implementadas en cuatro etapas (Figura 1):

Etapas 1

Se realizó una revisión de la literatura académica y no académica con foco en ALC, para identificar qué temáticas han sido investigadas con relación a transporte y CC, abarcando la movilidad urbana y los modos carretero, marítimo y aéreo. Los resultados de esta revisión se contrastaron con los principales temas de investigación que aborda la literatura internacional. A partir de ello, se identificaron las brechas de investigación para la región.

Etapas 2

En el marco del XXII Congreso Panamericano de Transporte y Logística, organizado por PANAM en Guayaquil, Ecuador, en agosto de 2023, se realizó un taller con la comunidad académica de la región, a fin de relevar sus perspectivas sobre las temáticas que deberían priorizarse en la construcción de una agenda común de investigación sobre transporte y CC para ALC, que brinde insumos para la elaboración de políticas públicas en la región.

Etapas 3

Se utilizaron los resultados de las fases anteriores para construir una propuesta de áreas y preguntas de investigación para construir una agenda común para ALC, con el fin de brindar insumos en la elaboración de políticas públicas de mitigación y adaptación al CC.

Etapas 4

Se utilizó un doble mecanismo de consulta y validación de las áreas y preguntas de investigación propuestas: (i) se realizaron entrevistas a tres destacados académicos y hacedores de política en la región, a partir de lo cual se refinaron las áreas y preguntas de investigación; y (ii) estas se presentaron en un taller virtual que contó con la participación de 30 representantes de la comunidad académica de ALC, como última instancia de validación y definición de las temáticas y preguntas de investigación. Asimismo, los participantes del taller priorizaron las preguntas de investigación dentro de la agenda, según la magnitud de la brecha de conocimiento en ALC y el impacto en el diseño de políticas públicas.

Figura 1. Proceso de identificación de brechas de conocimiento de transporte y CC en ALC



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan las diferentes fases y los resultados obtenidos en cada una de ellas.

1 ETAPA I: ANÁLISIS DE LA LITERATURA GLOBAL Y REGIONAL

El objetivo de esta etapa fue identificar las temáticas abordadas en la literatura global y regional respecto a transporte y CC, a fin de establecer las brechas de investigación para ALC. Para ello, se empleó la técnica de revisión sistemática de literatura (RSL). De carácter cuantitativo, la RSL tiene como objetivo identificar y evaluar la literatura relevante en torno a una temática, a fin de extraer conclusiones sobre la pregunta de investigación que esté bajo análisis. La implementación de la RSL y los resultados de la misma se detallan a continuación.

1.1 Revisión de literatura global

Para identificar la literatura global que aborda la relación entre transporte y CC, se consultó tanto la literatura académica que reseña y resume las principales tendencias en la investigación sobre esta temática, así como también la literatura no académica, a través de los documentos elaborados por las principales organizaciones internacionales que fomentan prácticas de transporte sostenible.

1.1.1 Criterios de búsqueda

Literatura académica global

Las referencias para la literatura académica se consultaron a través de la base de datos electrónica *Scopus*, utilizando criterios de búsqueda específicos, según se detalla en la Tabla 1. La búsqueda en la base de datos se limitó a aquellas publicaciones del tipo “*Review*” y “*Article*” en idioma inglés, publicadas entre 2015 y 2024. Dado que la literatura académica global cuenta ya con numerosos artículos que realizan revisiones de literatura relacionadas con las temáticas de mitigación y adaptación al CC, la revisión aquí efectuada tomó como base dichos artículos para construir un *benchmark* internacional a partir de lo cual contrastar con los hallazgos para la literatura académica de ALC.

Tabla 1. Criterios de búsqueda literatura académica global

Criterio referente al tipo de publicación	Conector	Criterio referente al sector y/o subsector	Conector	Criterio referente a la temática de interés
“review” OR “state of the art” OR “metanalysis”	AND	“transport” OR “transportation” OR “vehicles” OR “mobility” OR “road” OR “maritime” OR “logistics” OR “passenger” OR “flights” OR “aviation” OR “airport” OR “port” OR “highway” OR “railway” OR “buses” OR “cable” OR “BRT” OR “bicycles”	AND	“decarbonization” OR “decarbonisation” OR “climate change” OR “low carbon” OR “net-zero” OR “air pollution” OR “air quality” OR “climate neutral” OR “GHG emissions” OR “carbon footprint” OR “emissions” OR “carbon dioxide” OR “renewable energy” OR “adaptation” OR “resilience” OR “climate risk”

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

1. Los criterios de búsqueda permiten la identificación en forma conjunta de artículos académicos de revisión de literatura sobre mitigación y/o adaptación al CC.
2. Los resultados de la búsqueda corresponden a aquellos artículos académicos que contienen en el título de la publicación los criterios de búsqueda señalados.
3. La búsqueda se realizó el 8 de febrero de 2024.
4. Los criterios se definieron de acuerdo con un ejercicio exploratorio en el cual se identificaron los conceptos más reiterativos en la literatura objetivo.

Literatura no académica global

Para relevar la literatura no académica de interés, se consultaron las páginas web de cada una de las principales organizaciones internacionales vinculadas al transporte sostenible (Tabla 2). El proceso de búsqueda de literatura no académica se realizó de manera simultánea tanto para el contexto global como para ALC. La búsqueda en las bases de datos se limitó a aquellas publicaciones en idioma español e inglés, publicadas entre 2015 y 2024.

Tabla 2. Organizaciones y criterios de búsqueda considerados en la búsqueda de literatura no académica global

Modo de transporte predominante	Organización
Aviación	Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA, por sus siglas en inglés)
Carretero	Federación Internacional de Carreteras (IRF, por sus siglas en inglés)
General	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
	Banco Mundial (WB, por sus siglas en inglés)
	Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
	Foro Internacional de Transporte (ITF, por sus siglas en inglés)
	<i>The International Council on Clean Transportation (ICCT)</i>
Marítimo	Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo (UNCTAD, por sus siglas en inglés)
Urbano	Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés)
	C40 Ciudades (C40)

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

5. El criterio de búsqueda para las instituciones es “Climate change + transport”. Excepto en la búsqueda de ITF, para este caso el criterio de búsqueda es “Climate change”.
6. En IATA se selecciona el filtro: “programs & policy” y “publications”.
7. En WB se realiza búsqueda en inglés y español, se selecciona el filtro: “frase exacta” para la búsqueda en inglés; y “todas las palabras” para la búsqueda en español.
8. En CEPAL se selecciona el subtema “cambio climático”.
9. Para UNCTAD se selecciona el filtro: “contains all of these words”.
10. En WRI se selecciona: “Research” y “transportation”.
11. Los links de acceso a los buscadores de las organizaciones se encuentran en el Anexo 1.

1.1.2 Resultados de búsqueda

De acuerdo con los criterios de búsqueda utilizados, en la literatura académica global se encontraron **226 documentos**. Para llevar a cabo el escrutinio y selección de las referencias académicas, se utilizaron los siguientes criterios de exclusión:

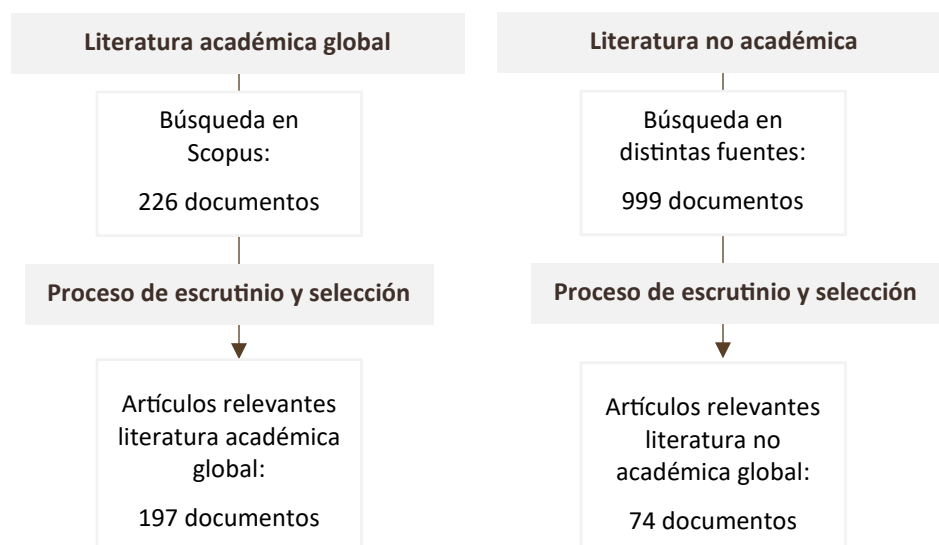
- Literatura no relacionada con emisiones de gases contaminantes o de efecto invernadero.
- Literatura relacionada con sistemas férreos no urbanos, por la delimitación de los subsectores del transporte utilizados en esta investigación². Se incluyeron los sistemas férreos urbanos y se asumieron como transporte urbano.

² Se consideraron los subsectores más significativos para la región en términos de la cantidad de pasajeros y carga transportada.

- Literatura no relacionada con el transporte de pasajeros o mercancías (se excluye, por ejemplo, el transporte por tuberías, el transporte de gases contaminantes, entre otros).
- Literatura enfocada netamente en metodologías de modelamiento y monitoreo de emisiones, sin considerar aplicaciones de dichas metodologías.
- Literatura enfocada en adaptación y resiliencia a fenómenos distintos al CC.
- Literatura relacionada con los efectos del COVID-19 y que no considere efectos de políticas de transporte y/o movilidad sobre las emisiones contaminantes y de efecto invernadero.

Respecto a la literatura no académica, se revisaron 999 documentos (total global y ALC) según los criterios de búsqueda señalados en la Tabla 2. Se consideraron pertenecientes a ALC aquellos reportes a nivel nacional sobre países de la región o casos de estudio de la región. Como estudios no académicos globales, se consideraron todos aquellos que tuvieran algún alcance fuera de la región. Los criterios de exclusión para la literatura no académica fueron los mismos que para la literatura académica. La Figura 2 muestra los resultados de la búsqueda y selección de artículos en la literatura a nivel global tanto académica como no académica.

Figura 2. Resultados proceso de búsqueda y selección de artículos de literatura académica y no académica a nivel global



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 resume los resultados de la búsqueda luego del proceso de escrutinio y selección por temática y modo de transporte, **habiéndose excluido 29 artículos para la literatura académica y 883 para la no académica.**

Tabla 3. Resultados de búsqueda de literatura académica y no académica a nivel global

Temática	Modo de transporte	Literatura académica	Literatura no académica	Total
Mitigación	General	29	7	36
	Urbano	40	6	46
	Carretero	59	27	86
	Aéreo	9	13	22
	Marítimo	25	10	35
	Total	162	63	225
Adaptación	General	15	2	17
	Urbano	4	0	4
	Carretero	7	1	8
	Aéreo	1	0	1
	Marítimo	5	0	5
	Total	32	3	35
Mitigación y adaptación	General	2	8	10
	Urbano	0	0	0
	Carretero	1	0	1
	Aéreo	0	0	0
	Marítimo	0	0	0
	Total	3	8	11
TOTAL		197	74	271

Fuente: Elaboración propia.

1.2 Revisión de literatura en ALC

La identificación de la literatura para ALC se realizó a través de una RSL de artículos académicos y no académicos, siguiendo los criterios de búsqueda que se detallan a continuación.

1.2.1 Criterios de búsqueda

Literatura académica en ALC

Las fuentes académicas de referencia para ALC se consultaron a través de la base de datos electrónica *Scopus*, usando criterios de búsqueda específicos, como se indica en la Tabla 4. A diferencia del proceso de búsqueda a nivel global – focalizado en publicaciones del tipo “*Review*” y “*Article*” –, la RSL para la

región incluyó a todos los artículos publicados entre 2015 y 2024, en idiomas inglés y español. Esto explica la diferencia en el número de artículos encontrados para ALC y a nivel global.

Tabla 4. Criterios de búsqueda literatura académica en ALC

Criterio referente al lugar geográfico de la publicación*	Conector	Criterio referente al sector y/o subsector**	Conector	Criterio referente a la temática de interés*
"Latin America" OR "Caribbean" OR "Andean" OR "South Cone" OR "Argentina" OR "Argentinian" OR "Bolivia" OR "Bolivian" OR "Brazil" OR "Brazilian" OR "Chile" OR "Chilean" OR "Colombia" OR "Colombian" OR "Costa Rica" OR "Costa Rican" OR "Dominican Republic" OR "Ecuador" OR "Ecuadorian" OR "El Salvador" OR "Guatemala" OR "Guyana" OR "Haiti" OR "Honduras" OR "Jamaica" OR "Mexico" OR "Mexican" OR "Nicaragua" OR "Nicaraguan" OR "Panama" OR "Panamanian" OR "Paraguay" OR "Paraguayan" OR "Peru" OR "Peruvian" OR "Suriname" OR "Trinidad and Tobago" OR "Uruguay" OR "Uruguayan" OR "Venezuela" OR "Venezuelan"	AND	"transport" OR "transportation" OR "vehicles" OR "pathways" OR "road" OR "maritime" OR "logistics" OR "passenger" OR "flights" OR "aviation" OR "airport" OR "port" OR "highway" OR "railway" OR "buses" OR "cable" OR "BRT" OR "bicycles"	AND	"decarbonization" OR "decarbonisation" OR "greenhouse" OR "mitigation" OR "decarbonising" OR "decarbonizing" OR "environment" OR "climate change" OR "low carbon" OR "net-zero" OR "air pollution" OR "air quality" OR "climate neutral" OR "GHG emissions" OR "carbon footprint" OR "emissions" OR "carbon dioxide" OR "renewable energy" OR "adaptation" OR "resilience" OR "climate risk"

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

1. Los criterios de búsqueda permiten la identificación en forma conjunta de artículos académicos de mitigación y/o adaptación al CC.
2. La búsqueda se realizó entre el 12 de febrero y el 8 de marzo de 2024.
3. Los criterios se definieron de acuerdo con un ejercicio exploratorio en el cual se identificaron los conceptos más reiterativos en la literatura objetivo, tomando también como referencia el análisis hecho para la literatura global.

*Los resultados de la búsqueda corresponden a aquellos artículos académicos que contienen en el título de la publicación los criterios de búsqueda señalados.

******Los resultados de la búsqueda corresponden a aquellos artículos académicos que contienen en el título, en el resumen, o en las palabras clave de la publicación los criterios de búsqueda señalados.

Literatura no académica en ALC

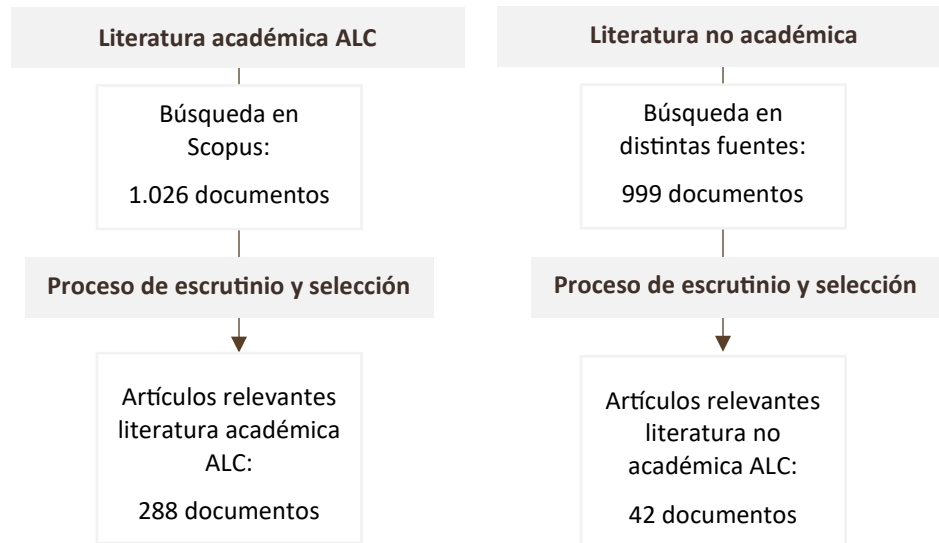
El proceso de búsqueda de literatura no académica se realizó de manera simultánea para ALC y a nivel global, por lo tanto, el proceso de búsqueda es idéntico al señalado en la sección 1.1.1. Las fuentes no académicas de referencia se consultaron a través de la página web de cada una de las organizaciones consultadas para la literatura global (Tabla 2). La búsqueda en la base de datos se limitó a aquellas publicaciones en idioma español e inglés, publicadas entre 2015 y 2024.

1.2.2 Resultados de búsqueda

Respecto a la literatura académica para ALC, se encontraron **1.026 documentos** según los criterios de búsqueda utilizados. Para llevar a cabo el escrutinio y selección de las referencias académicas, los criterios de exclusión fueron los mismos que los considerados para la literatura global, habiéndose excluido 738 referencias.

Los resultados para la literatura no académica para ALC se derivaron de un proceso de escrutinio y selección con base en los **999 documentos** encontrados de la búsqueda general. Se seleccionaron los estudios que tuvieran en cuenta a algún país de la región o a la región en su conjunto. La Figura 3 muestra los resultados de la búsqueda y selección de artículos de la literatura académica y no académica para ALC. Los resultados de la búsqueda luego del proceso de escrutinio y selección, por temática y modo de transporte, se resumen en la Tabla 5.

Figura 3. Resultados proceso de búsqueda y selección de artículos de literatura académica y no académica para ALC



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La diferencia entre el número de artículos encontrados en la literatura académica global y la literatura académica para ALC se debe a que la búsqueda de literatura académica global se acotó solo a estudios que hacen revisiones de literatura, análisis del estado del arte y metaanálisis. Para la literatura académica en ALC se realizó una búsqueda sistemática.

Tabla 5. Resultados de búsqueda de literatura académica y no académica en ALC

Temática	Modo de transporte	Literatura académica	Literatura no académica	Total
Mitigación	General	69	12	81
	Urbano	114	8	122
	Carretero	53	5	58
	Aéreo	7	1	8
	Marítimo	14	1	15
	Total	257	27	284
Adaptación	General	19	5	24
	Urbano	4	0	4
	Carretero	4	2	6
	Aéreo	0	0	0
	Marítimo	4	5	9
	Total	31	12	43
Mitigación y adaptación	General	0	1	1
	Urbano	0	2	2
	Carretero	0	0	0
	Aéreo	0	0	0
	Marítimo	0	0	0
	Total	0	3	3
TOTAL		288	42	330

Fuente: Elaboración propia.

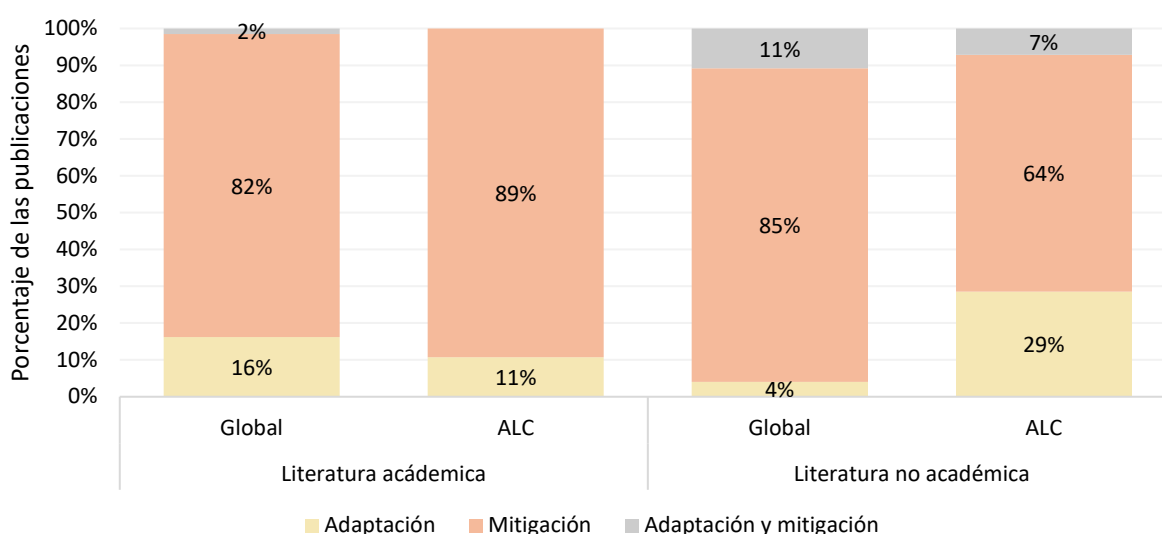
Nota: Para el caso de la literatura no académica los 116 estudios relevantes corresponden al total de estudios de ALC y global. En específico, se tiene un total de 42 documentos para ALC y 74 para el global.

1.3 Análisis de resultados de ALC

1.3.1 Tendencias en la investigación en transporte y CC en la región

En total fueron analizadas 601 publicaciones (485 documentos académicos y 116 no académicos), considerando las correspondientes al nivel global y a ALC. Al clasificar la literatura según la temática (Figura 4), se evidencia un mayor enfoque hacia estudios y/o documentos relacionados con la mitigación del CC en el sector transporte, en comparación con la temática de adaptación. Ahora bien, para el caso de ALC cabe notar el mayor número de publicaciones no académicas que analizan la temática de adaptación climática, respecto a los valores de la literatura global.

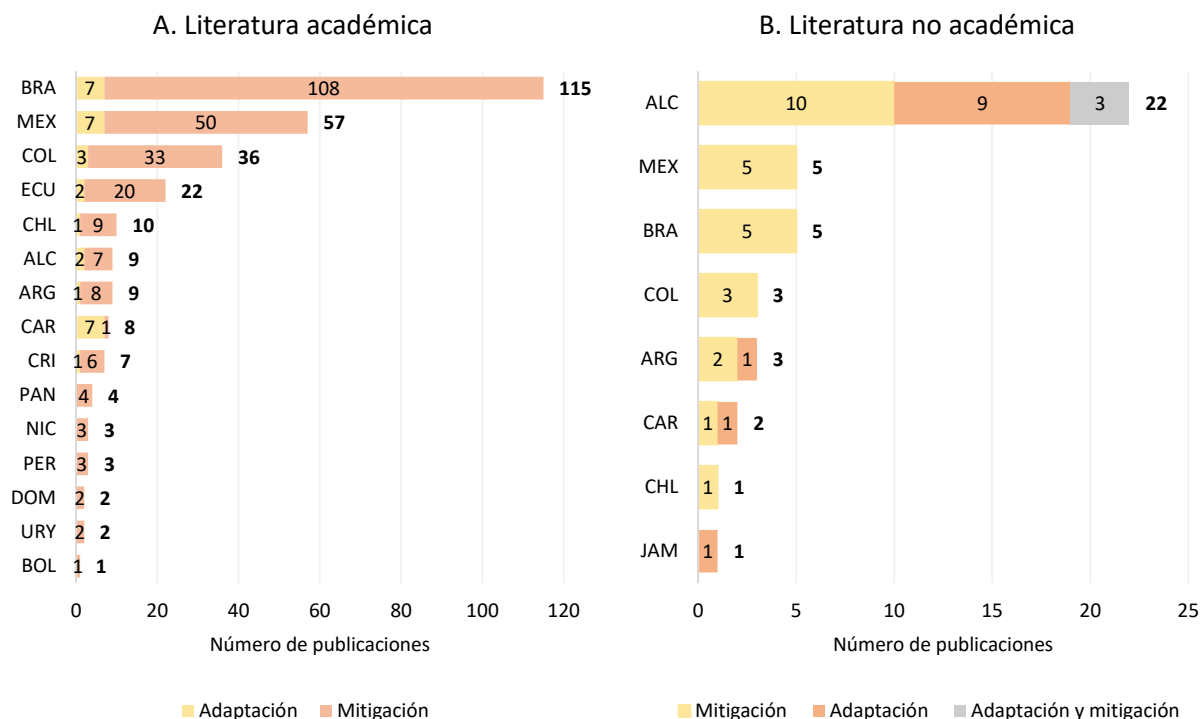
Figura 4 Clasificación de literatura según tipo de literatura, temática y zona geográfica



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la búsqueda de literatura.

De los 330 documentos analizados para ALC, 288 corresponden a literatura académica y 42 a literatura no académica. Dentro de las publicaciones analizadas en la literatura académica, la mayoría corresponde a estudios sobre Brasil, seguido por México, Colombia y Ecuador (Figura 5.A). En el caso de la literatura no académica, el mayor foco se encuentra a nivel regional (22 documentos), seguido de estudios con enfoque nacional correspondientes a Brasil y México, con 5 estudios cada uno (Figura 5.B).

Figura 5 Número de publicaciones por país, subregión o región en ALC



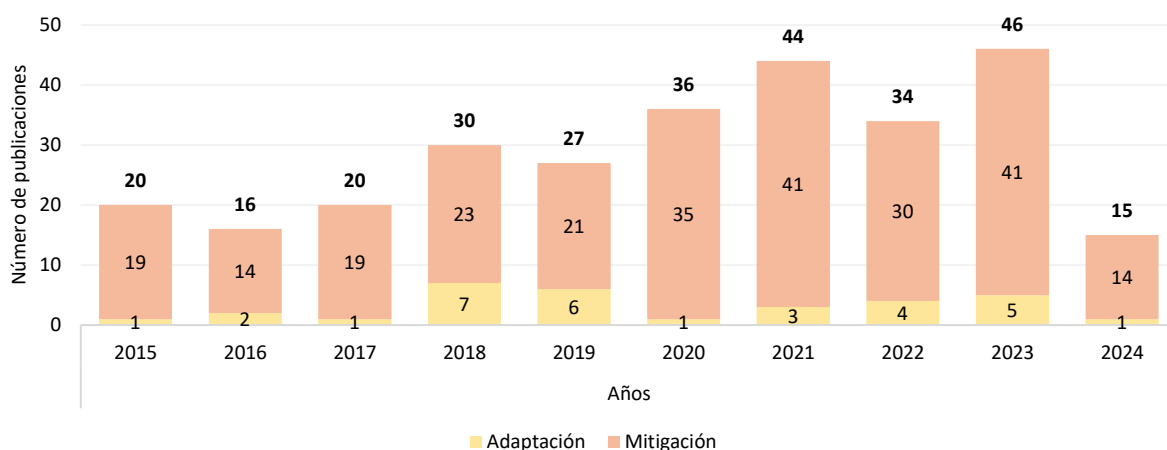
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la búsqueda.

Nota: Solo se consideran las publicaciones académicas y no académicas de ALC (no el global). CAR se refiere a "Caribe".

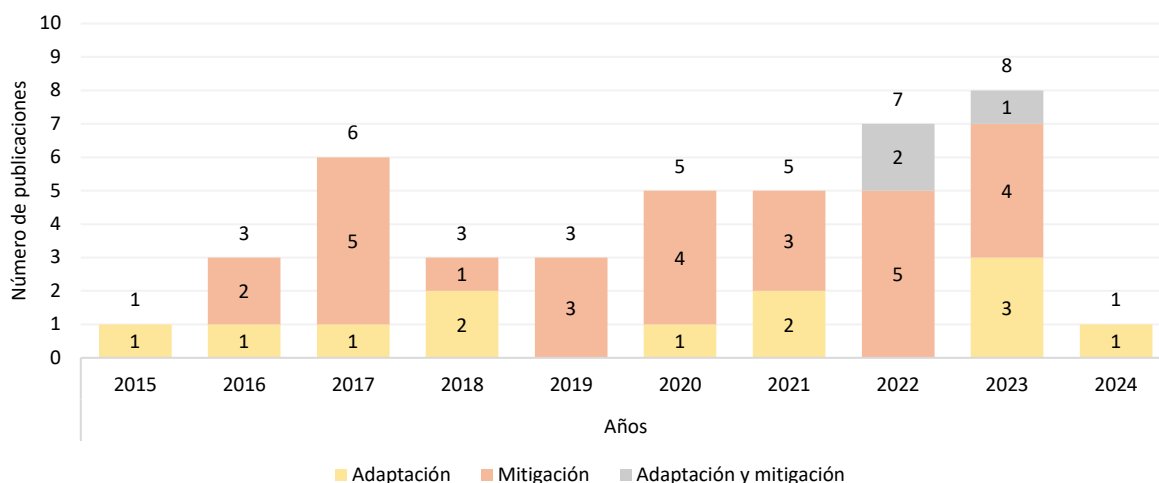
Al analizar las publicaciones por año, es posible identificar una leve tendencia ascendente en el número total de estudios, tanto para la literatura académica como no académica, así como una concentración de los estudios en la temática de mitigación (Figura 6).

Figura 6 Número de publicaciones por año en ALC

A. Literatura académica



B. Literatura no académica



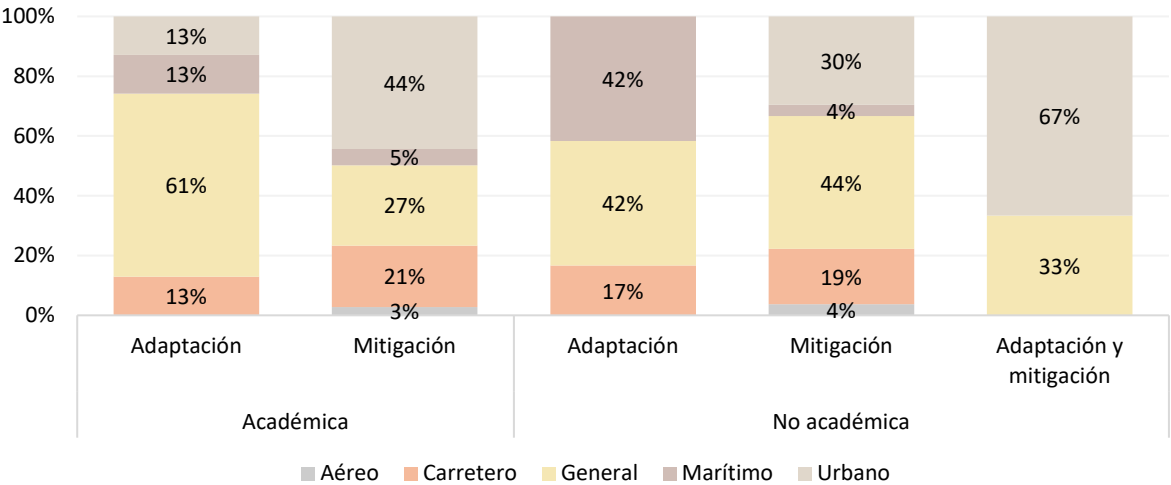
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la búsqueda.

Nota:

1. Las publicaciones del año 2024 cubren el período hasta el 8 de marzo.

Aunque el transporte carretero genera alrededor del 92% de emisiones del sector (Calatayud et al., 2023), el modo carretero no lidera los temas de investigación en la región (Figura 7). Se destacan las publicaciones relacionadas al transporte general y, en menor medida, las publicaciones enfocadas en los modos de transporte urbano, marítimo y carretero, con escasa participación del transporte aéreo. Por último, del análisis conjunto de las publicaciones por país y por temática, se puede observar el estado de avance en las publicaciones de transporte y CC en cada uno de los países de la región, con una concentración significativa en Brasil, Colombia, Ecuador y México (Figuras 8 y 9).

Figura 7 Publicaciones de literatura por modo de transporte, tipo de literatura y temática para ALC



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la búsqueda.

Figura 8 Artículos académicos en transporte y CC en ALC por modo de transporte y país

Panel A. Países de América del Sur



TIPO DE PUBLICACIÓN

Transporte Carretero

Transporte Urbano

Transporte Aéreo

Transporte Fluvial y Marítimo

Transporte General

Adaptación*

Fuente: Elaboración propia

Notas: 1. *Todos los artículos identificados corresponden a mitigación excepto los referenciados explícitamente a adaptación (se incluye también artículos de adaptación y mitigación)

2. Brasil: Incluye dos artículos a nivel internacional en los que participa el país (uno carretero y otro de transporte general)

3. México: Incluye un artículo a nivel internacional en el que participa el país (carretero), un artículo urbano/marítimo se contabiliza como marítimo

4. No se contabilizan nueve artículos regionales para ALC de mitigación (tres de transporte general y cuatro de transporte urbano) y dos de adaptación (transporte general)

Figura 9 Artículos académicos en transporte y CC en ALC por modo de transporte y país

Panel B. Países de América Central, el Caribe y México



Fuente: Elaboración propia

Nota: 1. *Todos los artículos identificados corresponden a mitigación excepto los referenciados explícitamente a adaptación (se incluye también artículos de adaptación y mitigación)

2. No se contabilizan un artículo regional para el Caribe de mitigación (transporte general), ni siete artículos de adaptación (seis de transporte general y uno de transporte carretero)

3. No se contabilizan siete artículos regionales para ALC de mitigación (tres de transporte general y cuatro de transporte urbano), ni dos artículos de adaptación (transporte general)

TIPO DE PUBLICACIÓN

Transporte Carretero

Transporte Urbano

Transporte Aéreo

Transporte Fluvial y Marítimo

Transporte General

Adaptación*

1.3.2 Identificación de las temáticas de investigación a nivel global y brechas para ALC

Para evaluar la existencia de brechas de conocimiento en la región en materia de transporte y CC, se identificaron las principales temáticas abordadas por la literatura académica a nivel global, usando como insumo los artículos académicos seleccionados de la revisión de literatura global. Dado que estos artículos comprenden revisiones de literatura, descripciones del estado del arte de la investigación y/o metaanálisis, resultan un insumo valioso para establecer un *benchmark* de temáticas, clasificar la literatura encontrada para ALC en estas temáticas de acuerdo con el tema y alcance de cada estudio y, finalmente, identificar si existe una brecha de conocimiento en ALC frente a la literatura global.

A partir del análisis de los artículos de la literatura global, se estableció un *benchmark* de temáticas relacionadas con mitigación de emisiones y transporte siguiendo a Liu & Qiu (2023) y a Fan et al. (2023) (Tabla 6). Con respecto a adaptación, la definición del *benchmark* de temáticas se realizó con base en Wan et al. (2018), Pan et al. (2021), Gössling et al. (2023) y Argyroudis et al. (2019) (Tabla 7). La identificación de brechas para la literatura académica y no académica utiliza estas temáticas de referencia.

Tabla 6. Temáticas de investigación identificadas en la literatura global sobre mitigación de emisiones y transporte

Macro temáticas	Descripción
1. Medición y caracterización de las emisiones de carbono derivadas del transporte	Aquellos estudios que miden y caracterizan las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte, usando metodologías indirectas mediante modelamiento e inferencia, o directas a través de sistemas de monitoreo y control de emisiones.
2. Análisis de los mecanismos de impacto en las emisiones de carbono derivadas del transporte	Aquellos estudios que evalúan la relación entre las características de los sistemas de transporte, los entornos urbanos y las variables económicas, y las emisiones contaminantes y de efecto invernadero. En esta macro temática se encuentran: (i) evaluaciones sistemáticas (incluyendo estudios sobre indicadores de sostenibilidad del transporte, y estudios sobre calidad del aire e impacto en la salud); (ii) estudios de eficiencia energética; y (iii) estudios que identifican los canales a través de los cuales los sistemas de transporte inciden en los niveles de emisiones.
3. Análisis de trayectorias de descarbonización para el sector	Aquellos estudios que calculan y analizan trayectorias de descarbonización para el sector transporte con base en políticas sectoriales y subsectoriales. Esta macro temática incluye solo aquellos estudios en los que se trazan escenarios de descarbonización incluyendo políticas del sector transporte.

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

1. Para cada macro temática se identificaron a su vez sub temáticas que permitieron identificar brechas en la literatura con una mayor precisión. Ver detalle de subtemas en Anexo 2.
2. Un artículo puede pertenecer a más de una temática de acuerdo con su contenido y alcance.

Tabla 7. Temáticas de investigación referentes identificadas en la literatura global sobre impactos del CC en el sector transporte y adaptación de los sistemas de transporte

Macro temáticas	Descripción
1. Conceptualización	Aquellos estudios que definen y delimitan la adaptación y la resiliencia al CC en el sector. Corresponde a estudios cualitativos.
2. Caracterización	Aquellos estudios que caracterizan el proceso de adaptación. Se encuentran dentro de esta temática estudios que: (i) analizan los determinantes de la vulnerabilidad de los sistemas al CC; (ii) caracterizan los impactos de fenómenos climáticos en el transporte; y (iii) describen las posibles medidas de adaptación (físicas y blandas) que hacen frente a los impactos del CC en los sistemas de transporte.
3. Medición de resiliencia de los sistemas de transporte al CC	Aquellos estudios que calculan y analizan la capacidad de un sistema para hacer frente a los impactos del CC.

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

1. Para cada macro temática se identificaron a su vez sub temáticas que permitieron identificar brechas en la literatura con una mayor precisión. Ver detalle de subtemas en Anexo 2.
2. Un artículo puede pertenecer a más de una temática de acuerdo con su contenido y alcance.

De acuerdo con las temáticas identificadas en las tablas anteriores, se clasificaron los estudios seleccionados para ALC, evidenciando las brechas en la literatura académica y no académica en la región de acuerdo con tres dimensiones. La primera dimensión tiene que ver con la existencia o no de estudios para cada macro temática y sub temática. La segunda dimensión considera la cantidad de países con estudios dentro de cada macro temática y sub temática. La tercera dimensión tiene en cuenta el número de estudios por modos de transporte para cada temática. La definición de las brechas para cada dimensión depende de los criterios expuestos en la Tabla 8.

Tabla 8. Criterios para la identificación de brechas de conocimiento

Tipo de brecha	Clasificación
Temática	Binaria (Sí/No)
Brecha por países	Total: no hay estudio de algún país en la temática
	Muy alta: menos del 10% de los países de ALC cuentan con un estudio de la temática (1 o 2 países)
	Alta: entre el 10% y el 40% de los países de ALC cuentan con un estudio de la temática (entre 3 y 9 países)
	Media: más del 40% de los países de ALC cuentan con un estudio de la temática (más de 10 países)
Brecha por modo de transporte ¹	Total: no hay estudio de algún modo en la temática
	Muy alta: existen estudios solamente de un modo de transporte
	Alta: existen estudios sobre 2 o 3 modos de transporte
	Media: existen estudios de más de 3 modos de transporte

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. Modos de transporte: (1) General, (2) urbano, (3) carretero, (4) aéreo y/o (5) marítimo.

De acuerdo con las brechas identificadas para cada dimensión, se propone un indicador de brecha de conocimiento. Este indicador se calcula sobre la base de la brecha por países y por modo de transporte (Tabla 9). De este modo, si no existen estudios en alguna temática, el indicador de brecha por temática (binario) señalará que, en el indicador total de brecha, la brecha será *Brecha total*. Si existe al menos un estudio en alguna temática, la definición de la brecha total dependerá de las brechas en las dimensiones de país y modo.

Tabla 9. Cálculo del indicador de brecha de conocimiento

		Brecha por modo de transporte			
		Total	Muy alta	Alta	Media
Brecha por países	Total	Total	-	-	-
	Muy alta	-	Muy alta	Muy alta	Muy alta
	Alta	-	Muy alta	Alta	Alta
	Media	-	Muy alta	Alta	Media

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la metodología expuesta para la identificación de brechas, las tablas 10 a 13 presentan los resultados del indicador total de brecha para la literatura académica y para la literatura no académica por macro temáticas y subtemas. En el Anexo 2 se incluyen las definiciones de los subtemas contenidos en las tablas. Por su parte, en el Anexo 3 se presentan las tablas extendidas, de las cuales se derivaron los resultados de las brechas por dimensión y brecha total para la literatura académica y no académica, identificando los estudios a nivel de país y modo de transporte.

Tabla 10. Identificación de brechas de conocimiento en mitigación de emisiones y transporte para ALC a partir de la revisión de literatura académica y no académica - Macro temática 1

Macro temáticas	Subtemas		Indicador total de brecha literatura académica	Indicador total de brecha literatura no académica
1. Medición y caracterización de las emisiones de carbono derivadas del transporte	1.1 Metodologías de contabilidad de emisiones	Estudios que miden y caracterizan las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte utilizando metodologías indirectas mediante modelamiento e inferencia	Alta	Total
	1.2 Metodologías de medición real	Estudios que miden y caracterizan las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte utilizando metodologías directas a través de sistemas de monitoreo y control de emisiones	Alta	Total

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La identificación de subtemas se estableció con base en Liu & Qiu (2023) y a Fan et al. (2023)

Tabla 11. Identificación de brechas de conocimiento en mitigación de emisiones y transporte para ALC a partir de la revisión de literatura académica y no académica - Macro temática 2

Macro temáticas	Subtemas		Indicador total de brecha literatura académica	Indicador total de brecha literatura no académica
2. Análisis del mecanismo de impacto en las emisiones de carbono derivadas del transporte	2.1 Evaluación sistemática / integral de las emisiones	Estudios relacionados con indicadores/mediciones de sostenibilidad del transporte	Alta	Muy alta
	2.2 Medición de la eficiencia de los sistemas de transporte	Estudios relacionados con mediciones de eficiencia energética o en emisiones de carbono	Alta	Total
	2.3 Análisis de los canales (drivers) de emisiones de carbono en el sector	2.3.1 Tecnología y gestión del transporte		
		2.3.1.1 Combustibles alternativos	Alta	Total
		2.3.1.2 Impuesto a los combustibles	Total	Total
		2.3.1.3 Gestión de estacionamiento	Total	Total
		2.3.1.4 Avances tecnológicos	Alta	Muy alta
		2.3.1.5 Impuesto a las emisiones del transporte	Muy alta	Total
		2.3.1.6 Cambio de modo de transporte	Muy alta	Total
		2.3.1.7 Nivel de oferta de transporte público	Muy alta	Muy alta
		2.3.2 Desarrollo económico		
		2.3.2.1 PIB	Alta	Muy alta
		2.3.2.2 Escala de la industria del transporte	Alta	Total
		2.3.2.3 Población	Muy alta	Muy alta
		2.3.2.4 Propiedad de vehículos	Muy alta	Muy alta
		2.3.3 Comportamiento de viaje		
		2.3.3.1 Elección del modo de viaje	Muy alta	Muy alta
		2.3.3.2 Distancia de viaje	Total	Muy alta
		2.3.3.3 Actitud de viaje	Alta	Total
		2.3.4 Forma urbana		
		2.3.4.1 Ubicación del Central Business District (CBD)	Total	Total
		2.3.4.2 Tasa de urbanización	Muy alta	Total
		2.3.4.3 Infraestructura vial	Total	Muy alta
		2.3.4.4 Escala de áreas urbanizadas	Muy alta	Total
		2.3.4.5 Densidad de la red vial urbana	Total	Total
		2.3.5 Factores ambientales		
		2.3.5.1 Intensidad y estructuras energéticas	Muy alta	Alta
		2.3.5.2 Nivel de consumo de combustible	Muy alta	Muy alta
		2.3.5.3 Factores de emisión	Alta	Muy alta

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

1. La identificación de subtemas se estableció con base en Liu & Qiu (2023) y a Fan et al. (2023).
2. Los estudios relacionados con movilidad eléctrica se clasifican en factores ambientales, tecnología y gestión del transporte público y/o medición de la eficiencia de los sistemas de transporte dependiendo del alcance del estudio.

Tabla 12. Identificación de brechas de conocimiento en mitigación de emisiones y transporte para ALC a partir de la revisión de literatura académica y no académica - Macro temática 3

Macro temáticas	Subtemas		Indicador total de brecha literatura académica	Indicador total de brecha literatura no académica
3. Análisis de trayectorias de descarbonización para el sector	3.1 Intervenciones	3.1.1 Evitar (Avoid)		
		3.1.1.1 Densidad urbana	Total	Total
		3.1.1.2 Planificación de ciudades compactas	Total	Total
		3.1.1.3 Desarrollo orientado al transporte	Total	Total
		3.1.1.4 Control de uso del suelo	Total	Total
		3.1.1.5 Expansión urbana estratégica	Total	Total
		3.1.2 Cambiar (Shift)		
		3.1.2.1 Tarificación de estacionamiento	Total	Total
		3.1.2.2 Desarrollo del transporte público	Muy alta	Alta
		3.1.2.3 Impuestos a las emisiones	Total	Total
		3.1.2.4 Tarificación vial	Total	Total
		3.1.2.5 Viajes compartidos	Total	Total
		3.1.3 Mejorar (Improve)		
		3.1.3.1 Estándares de emisiones	Muy alta	Total
		3.1.3.2 Ahorro de combustible	Muy alta	Total
		3.1.3.3 Combustibles alternativos y tecnologías de reducción de emisiones	Muy alta	Muy alta
		3.1.3.4 Optimización operacional del transporte público	Total	Total
		3.1.3.5 Vehículos con nuevas tecnologías de propulsión	Alta	Alta
		3.1.3.6 Nuevas fuentes energéticas	Muy alta	Muy alta
		3.1.3.7 Instrumentos de precios al carbono	Muy alta	Total
	3.2 Optimización operacional	3.2.1 Optimización para la gestión del tráfico	Muy alta	Total
		3.2.2 Planificación de rutas	Total	Total
		3.2.3 Optimización de precios	Total	Total
		3.2.4 Optimización de la logística y la cadena de suministro	Total	Alta
		3.2.5 Optimización de la ubicación de las instalaciones de transporte	Muy alta	Total
	3.3 Análisis de escenarios		Alta	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. La identificación de subtemas se estableció con base en Liu & Qiu (2023) y a Fan et al. (2023)

Tabla 13. Identificación de brechas de conocimiento en adaptación al CC de los sistemas de transporte en ALC a partir de la revisión de literatura académica y no académica

Macro temáticas	Subtemas		Indicador total de brecha literatura académica	Indicador total de brecha literatura no académica
1. Conceptualización (cualitativa)			Total	Muy alta
2. Caracterización	2.1 Determinantes de la vulnerabilidad (cualitativos-cuantitativos)		Muy alta	Muy alta
	2.2 Impactos (cualitativos y cuantitativos)	2.2.1. Físicos	Alta	Muy alta
		2.2.2. Económicos	Alta	Muy alta
		2.2.4. Relacionados con salud	Total	Total
		2.2.5. Sociales	Alta	Muy alta
	2.3 Medidas de adaptación al CC (cualitativas)	2.3.1. Medidas físicas (resiliencia)	Alta	Media
2.3.2. Medidas “blandas” (planificación, monitoreo)		Alta	Media	
3. Medición de resiliencia del sistema de transporte (cuantitativa)			Alta	Muy alta

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

- La identificación de subtemas se estableció con base en Wan et al. (2018), Pan et al. (2021), Gössling et al. (2023) y Argyroudis et al. (2019).

Con base en los resultados presentados, se puede evidenciar que la mayor parte de las brechas en la literatura académica sobre la región en materia de mitigación de emisiones del transporte se encuentran en la macro temática tres: *Análisis de trayectorias de descarbonización para el sector*. En particular, en comparación con la literatura académica global, hay una escasez de estudios que analicen trayectorias de descarbonización derivadas de intervenciones de política dentro de los pilares *evitar y cambiar*, y de intervenciones relacionadas con la optimización operacional del transporte. Se evidencia también una brecha significativa de conocimiento respecto al papel de la forma urbana y la gestión de la demanda en la descarbonización del sector.

Frente a las brechas de conocimiento en adaptación del sector al CC³, el análisis evidencia que en la región hace falta avanzar en estudios que conceptualicen el problema, caractericen los determinantes de la vulnerabilidad del sector e identifiquen los impactos de la vulnerabilidad en variables como la salud.

³ El menor desarrollo relativo de la literatura de adaptación al CC en comparación con mitigación se refleja también en la menor cantidad de subtemas identificados por la literatura.

2 ETAPA II: PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN EN LA REGIÓN DE ACUERDO CON CRITERIO DE ACADÉMICOS

La segunda etapa de esta investigación consistió en relevar las perspectivas de la comunidad académica de la región acerca de las temáticas que deberían priorizarse en la construcción de una agenda común de investigación sobre transporte y CC para ALC, que brinde insumos para la elaboración de políticas públicas en la región. Para ello, se llevó a cabo un taller en el marco del XXII Congreso Panamericano de Transporte y Logística, organizado por PANAM en Guayaquil, Ecuador, en agosto de 2023, donde participaron más de 60 académicos de ALC. En el taller se conformaron seis mesas de trabajo, de acuerdo con subsectores del transporte o aspectos clave para el desarrollo del mismo y su relación con el CC: (i) transporte, ordenamiento territorial y uso de suelo; (ii) transporte de carga; (iii) transporte activo; (iv) transporte público; (v) calidad del aire y transporte; y (vi) ciudades inteligentes sostenibles. La conversación en cada mesa de trabajo fue coordinada por dos académicos, quienes introdujeron el objetivo de la sesión y realizaron presentaciones sobre la problemática general del tema a tratar, ofreciendo un diagnóstico e ideas sobre prioridades de investigación a abordar. A partir de ello, los participantes de cada mesa de trabajo debatieron sobre las prioridades de investigación para la temática correspondiente, identificando su impacto a corto, mediano y largo plazo en la agenda sobre transporte y CC en ALC. Posteriormente, en sesión plenaria, los relatores presentaron las conclusiones de la mesa y se realizó una discusión general de los problemas identificados, que fueron condensados en un reporte de PANAM para el BID.

Las principales perspectivas de la comunidad académica sobre las prioridades de investigación para ALC en materia de transporte y CC se reseñan a continuación.

2.1 Transporte, ordenamiento territorial y uso del suelo

Las ciudades de ALC concentran el 81% de la población (Banco Mundial, 2023); sin embargo, pocos estudios en la región han analizado el impacto de la forma urbana en el perfil de emisiones del sector transporte, así como también de qué manera el CC puede afectar la movilidad en las ciudades, según esté definido el uso del suelo en las mismas. Al respecto, la Tabla 14 consolida las perspectivas de los participantes en el taller acerca de las prioridades de investigación en materia de transporte, planificación urbana y CC. Se evidencia la atención a los aspectos de planificación, gobernanza e institucionalidad en materia de urbanismo y sus impactos en las externalidades del transporte.

Tabla 14 Prioridades de investigación identificadas en transporte, ordenamiento territorial y uso del suelo, en el contexto del CC

Áreas prioritarias
Forma y estructura urbana sobre las externalidades del transporte en ALC
Impacto de la densidad y uso del suelo sobre externalidades del transporte
Efectos de políticas públicas de vivienda en externalidades del transporte
Evaluación de estímulos económicos en el cambio de uso del suelo y efectos en las externalidades del transporte
Ordenamiento territorial logístico para la descarbonización

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del taller.

2.2 Transporte de carga

Para maximizar los beneficios sociales asociados a la producción y consumo de mercancías, así como también minimizar las externalidades producidas por el tráfico de camiones, es indispensable diseñar políticas e intervenciones que direccionen el transporte de carga y permitan el cumplimiento de objetivos ambientales para el sector. Ahora bien, en la región esto se encuentra limitado por la escasa disponibilidad de información sobre el transporte de carga, así como también de evidencia sobre el potencial impacto de las políticas para reducir emisiones. La Tabla 15 indica las perspectivas de los participantes en el taller sobre las prioridades de investigación relacionadas al transporte de carga y CC.

Tabla 15 Prioridades de investigación identificadas en transporte de carga, en el contexto del CC

Áreas prioritarias
Recopilación de información existente y análisis de vacíos de información
Caracterización de actores y de sus estrategias logísticas, y del impacto de las mismas en las externalidades del transporte
Rediseño de estrategias logísticas y estimación de impacto en externalidades
Estimación del impacto de las mejoras tecnológicas de vehículos de carga en las emisiones del sector
Estimación del impacto de políticas en las emisiones del sector

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del taller.

2.3 Transporte activo

En ALC, una gran parte de los viajes realizados por los grupos de menores ingresos corresponden a viajes a pie. Por ejemplo, en Bogotá (Colombia), São Paulo (Brasil) y Santiago (Chile) entre el 30% y el 45% de los viajes realizados por personas de bajos ingresos se hacen a pie, en contraste con un aproximado del 20% en grupos de ingresos más altos (Scholl et al., 2022). En la búsqueda de ciudades inclusivas, equitativas y sustentables, se ha generado la necesidad de replantear, diseñar y priorizar el uso de modos activos de movilidad para abordar cuestiones de salud, congestión y desigualdad urbana de manera efectiva (BID, 2022). En particular, la lucha contra el CC requiere de la utilización de modos

menos contaminantes. En este contexto, la promoción del transporte activo -viajes a pie y en bicicleta- se constituye en una temática prioritaria de investigación para la región (Tabla 16).

Tabla 16 Prioridades de investigación sobre transporte activo, equidad e inclusión, en el contexto del CC

Áreas prioritarias
Oportunidades de uso de la movilidad activa según las características socioeconómicas de la población
Análisis de tipología de viajes con potencialidad de cambio modal a movilidad activa
Integración con transporte público para última milla
Impacto de la seguridad vial y ciudadana sobre la disposición a utilizar modos activos
Impacto de la movilidad activa en la reducción de emisiones debidas al transporte

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del taller.

2.4 Transporte público

El mayor uso del transporte público constituye uno de los pilares fundamentales para mitigar las emisiones de la movilidad urbana (Calatayud et al., 2023). Su rol es también fundamental para las poblaciones más vulnerables, quienes lo utilizan como modo preponderante para acceder a salud, educación, trabajo y actividades de recreación (Scholl et al., 2022). La Tabla 17 indica la perspectiva de los participantes en el taller sobre las áreas prioritarias de investigación en materia de transporte público y CC. Se evidencia la atención a la integración del transporte público con otros modos, el fortalecimiento de su gobernanza y los aspectos financieros para viabilizar la transición hacia flotas cero emisiones.

Tabla 17 Prioridades de investigación en transporte público, en el contexto del CC

Áreas prioritarias
Valoración de las externalidades del transporte público
Financiamiento y modelos de negocio para autobuses eléctricos
Mejora de la gobernanza en sistemas de transporte público
Integración modal y última milla para fomentar el uso del transporte público
Incorporación de servicios informales

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del taller.

2.5 Calidad del aire

La contaminación es una de las externalidades más relevantes asociadas al sector transporte, con impactos significativos en la salud de las personas. Este sector es responsable del 40% de las emisiones totales de CO₂ derivadas de la quema de combustible en ALC (IEA, 2022). El problema de la contaminación del aire impacta especialmente a los niños de la región, donde más de 130 millones

viven en ciudades expuestos a mala calidad del aire, con repercusiones en enfermedades respiratorias y cardiovasculares (UNICEF, 2021). La Tabla 18 resume las perspectivas de los participantes en el taller acerca de las prioridades de investigación en materia de transporte y calidad del aire.

Tabla 18 Prioridades de investigación en transporte y calidad del aire, en el contexto del CC

Áreas prioritarias
Estimación de contaminantes del aire derivados del transporte
Evaluación de impacto de políticas de transporte tendientes a mejorar la calidad del aire
Cambio de comportamiento en transporte y su impacto en la calidad del aire
Impactos multifacéticos en la salud y el medio ambiente, derivados del transporte
Beneficios para la calidad del aire derivados de la innovación tecnológica en transporte

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del taller.

2.6 Transporte en ciudades inteligentes

El uso de nuevas tecnologías y sistemas inteligentes de transporte pueden utilizarse eficazmente para mejorar la eficiencia de los sistemas de transporte y reducir las emisiones del sector. Estos permiten monitorear el desempeño de los sistemas de transporte, incluidos sus niveles de emisiones, identificar e implementar acciones para mitigar emisiones -por ejemplo, en cuanto a la sincronización de semáforos o el control de acceso de vehículos a zonas de bajas emisiones- y maximizar el uso de la infraestructura y servicios de transporte, con el menor costo ambiental posible. Adicionalmente, los avances en la adopción de vehículos de bajas emisiones son críticos para escalar la transición energética del sector. Del lado de la adaptación al CC, las nuevas tecnologías son clave para implementar sistemas de alerta temprana y planificación de acuerdo con diferentes escenarios climáticos. La Tabla 19 resume las perspectivas de los participantes en torno a esta temática, donde se resalta un tema común, que es la gobernanza de los sistemas de información.

Tabla 19 Prioridades de investigación del transporte en ciudades inteligentes, en el contexto del CC

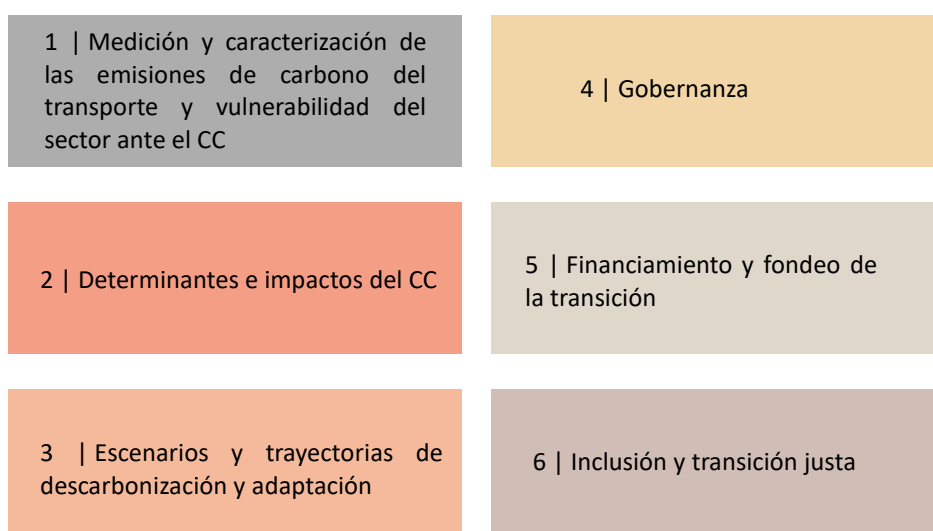
Áreas prioritarias
Barreras para la adopción y el uso de vehículos de bajas emisiones contaminantes
Impacto de la implementación de Sistemas de Control de Tráfico en emisiones del transporte
Barreras para la correcta implementación de Sistemas de Control de Tráfico en corredores o redes urbanos
Identificación de fuentes de error y afectaciones en la calidad en los datos
Gobernanza de los datos y arquitecturas tecnológicas apropiadas

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del taller.

3 ETAPA III: PROPUESTA DE ÁREAS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En la tercera etapa de este estudio, se contrastaron los resultados obtenidos de la revisión de literatura (Etapa 1) con las áreas prioritarias identificadas en el taller con la comunidad académica de la región (Etapa 2). De esta comparación surge que las macro temáticas tratadas en la literatura, focalizadas en conceptualizar y estimar impactos presentes y futuros, no agotan las prioridades que, según la perspectiva de la comunidad académica de la región, deberían abordarse en ALC en una agenda común de investigación sobre transporte y CC. En particular, se desprende la necesidad de incluir aspectos vinculados con la gobernanza de los sistemas de transporte, la viabilización financiera de la transición energética y la vigilancia de que las medidas que se adopten para la lucha contra el CC beneficien a las poblaciones más vulnerables o, al menos, no impacten de manera desproporcionada sobre ellas. Así, las áreas de foco para una agenda común de investigación en la región pueden agruparse en seis grandes temáticas, según indicado en la Figura 10.

Figura 10. Temáticas propuestas para una agenda de investigación común sobre transporte y CC en ALC



Para cada una de estas áreas, y sobre la base de las brechas de conocimiento identificadas en las etapas anteriores, se elaboraron preguntas de investigación principales, según se presentan en la Tabla 20. Para facilitar la presentación de los resultados en este documento, estas preguntas ya incluyen las recomendaciones de ajustes realizadas por la comunidad académica de ALC en la Etapa 4.

Tabla 20 Resumen de temáticas y preguntas relevantes para cerrar brechas de conocimiento en ALC en transporte y CC

Tema principal	Preguntas principales relacionadas
1 Medición y caracterización de las emisiones de carbono del transporte y vulnerabilidad del sector ante el CC	TP1.1. ¿Cuál es el desempeño medioambiental de un sistema o subsistema de transporte?
	TP1.2. ¿Qué ajustes a las metodologías de inventario de emisiones y vulnerabilidad al CC se deben considerar para ofrecer un análisis robusto en el sector transporte? ¿Qué mecanismos de validación, monitoreo y seguimiento se tienen?
	TP1.3. ¿Qué regulaciones favorecen la captura, disponibilidad y acceso a la información de transporte y CC para la toma de decisiones?
2 Determinantes e impactos del CC	TP2.1. ¿Cuáles son los determinantes de las emisiones de transporte en ALC en los distintos modos?
	TP2.2. ¿Cuáles son los impactos del CC en el sector transporte de ALC?
	TP2.3. ¿Cuáles son los determinantes de la vulnerabilidad del sector transporte frente al CC?
3 Escenarios y trayectorias de descarbonización y adaptación	TP3.1. ¿Qué factores apalancan u obstaculizan la descarbonización y adaptación del sector al CC?
	TP3.2. ¿Cuáles son los escenarios/trayectorias de descarbonización y adaptación al CC para los países de la región? ¿cuáles son sus habilitadores u obstaculizadores?
	TP 3.3. ¿Cómo impacta la coordinación al interior del sector transporte y con otros sectores las trayectorias de descarbonización y el proceso de adaptación?
4 Gobernanza y participación ciudadana	TP4.1. ¿Cómo impacta el marco institucional en las políticas de mitigación y adaptación al CC (rol del sector público, niveles de gobernanza, diseño institucional, entre otros)?
	TP4.2. ¿Cómo el compromiso político y su aceptación repercute en la consecución de los objetivos climáticos, más allá de un período de gobierno?
	TP4.3. ¿Cómo el proceso de elaboración de políticas públicas afecta la efectividad de las medidas de descarbonización y adaptación del transporte al CC?
	TP4.4. ¿Cuál es el rol del compromiso de las partes interesadas (en especial del sector privado y sociedad civil) en el cumplimiento de los objetivos climáticos en el sector transporte?
5 Financiamiento y fondeo de la transición	TP5.1. ¿Cuáles son las necesidades de inversión en mitigación y adaptación al CC?
	TP5.2. ¿Cómo pueden mejorarse las fuentes de financiación para la descarbonización y adaptación del sector transporte?
	TP5.3. ¿Cómo la gobernanza del financiamiento climático y su monitoreo impacta en los resultados de mitigación y adaptación del sector?
	TP5.4. ¿Cómo los mecanismos de tarificación del transporte y subsidios contribuyen al cumplimiento de los objetivos climáticos?
6 Equidad, inclusión y transición justa	TP6.1. ¿Cómo se distribuyen las causas e impactos del CC en las poblaciones vulnerables de la región?
	TP6.2. ¿Cómo afectan los desafíos asociados al transporte y CC a las poblaciones más vulnerables en la región?
	TP6.3. ¿Cómo las políticas de CC en el sector transporte pueden asegurar una transición justa?

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

1. Las temáticas 1, 2 y 3 surgen directamente del benchmarking realizado considerando la literatura global, mientras que las temáticas 4, 5 y 6 surgen indirectamente del benchmarking en conjunto a consultas con la comunidad académica de la región.
2. Algunas de las preguntas relevantes admiten la clasificación en varias temáticas dependiendo del enfoque de análisis.
3. La diferencia entre la temática 2 y 3 radica en que en la temática 3 se plantean escenarios y trayectorias de descarbonización a partir de la relación entre variables de transporte y emisiones identificadas en la temática 2.
4. Las temáticas propuestas abarcan la relación entre transporte y CC con foco en políticas públicas

A su vez, cada una de las preguntas principales tiene asociadas preguntas específicas, que se detallan más adelante en esta sección. Para cada pregunta específica, se incluye un indicador de brecha, que corresponde a si la literatura de la región ha tratado el tema en mayor o menor medida, tomando como referencia la literatura global (Tabla 21). Por último, en cada pregunta principal se indica si la misma se centra en la mitigación de emisiones asociadas al CC (M) o en la adaptación al CC (A).

Tabla 21 Codificación de preguntas según indicador total de brecha de literatura académica

Indicador de brecha	Código
Brecha total	
Brecha muy alta	
Brecha alta	
Brecha media	

Fuente: Elaboración propia.

Tema principal 1 | Medición y caracterización de las emisiones de carbono del transporte y vulnerabilidad del sector ante el CC

- **TP1.1. ¿Cuál es el desempeño medioambiental de un sistema o subsistema de transporte? (M)**
 - TP1.1.1. ¿Cuál es la magnitud de las emisiones contaminantes y de efecto invernadero por modo de transporte, tipo de vehículo y tecnología de combustión (*Well to Wheel*)? 
 - TP1.1.2. ¿Cuál es el desempeño ambiental de los principales corredores logísticos de la región? 
 - TP1.1.3. ¿Cuál es el efecto de un sistema de transporte sobre la calidad del aire? 
 - TP1.1.4. ¿Cuál es la magnitud de las emisiones (contaminantes y de efecto invernadero) vehiculares no provenientes de los tubos de escape en la región (desgaste de frenos, neumáticos y de la superficie de la carretera, resuspensión del polvo de la carretera)? 
 - TP1.1.5. ¿Cómo se comparan los resultados de desempeño medioambiental entre las distintas metodologías de cálculo de emisiones (e.g. *bottom up/top down*)? 
- **TP1.2. ¿Qué ajustes a las metodologías de inventario de emisiones y vulnerabilidad al CC se deben considerar para ofrecer un análisis robusto en el sector transporte? ¿Qué mecanismos de validación se tienen? (M) (A)**
 - TP1.2.1. ¿Cuáles son las ventajas de las metodologías de medición real de emisiones frente a las metodologías de contabilidad de emisiones (e.g. *bottom up, top down*, análisis de ciclo de vida, entre otras)? 
 - TP1.2.2 ¿Cómo se pueden mejorar las metodologías de estimación de emisiones para que se adapten al contexto de la región? ¿Cuáles son las posibilidades de innovación en nuevas metodologías y métodos de recolección de información integrales para la región (emisiones contaminantes y de efecto invernadero)? 
 - TP1.2.3 ¿Cómo calcular las emisiones contaminantes y de GEI a lo largo de todo el ciclo de vida para las nuevas tecnologías de vehículos? 
 - TP1.2.4 ¿Cuáles son las métricas y las metodologías que capturan mejor la vulnerabilidad y/o resiliencia de la infraestructura y servicios de transporte al CC? 
 - TP1.2.5 ¿Cuál es la cobertura de los inventarios de emisiones locales? 
- **TP1.3. ¿Qué regulaciones favorecen la captura, disponibilidad y acceso a la información de transporte y CC para la toma de decisiones?  (M) (A)**

Tema principal 2 | Determinantes e impactos del CC

- **TP2.1. ¿Cuáles son los determinantes e impactos de las emisiones de transporte en ALC? (M)**

- Factores socioeconómicos

- TP2.1.1. ¿Qué factores sociales, culturales y económicos son claves en la reducción de emisiones del sector? ☐
 - TP2.1.2. ¿Qué rol cumple la informalidad y seguridad en la descarbonización del sector? ☐
 - TP2.1.3. ¿Qué rol cumplen otros sectores en el nivel de emisiones del sector transporte? ☐

- Factores de desarrollo urbano

- TP2.1.3. ¿Qué factores son determinantes para un desarrollo urbano compatible con sistemas de transporte bajos en carbono? ☐
 - TP2.1.4. ¿Cuál es el efecto de las características urbanas y la planificación territorial sobre las emisiones contaminantes y de carbono? ☐

- Factores de desarrollo del transporte

- TP2.1.5. ¿Cómo la optimización operacional del transporte afecta el nivel de emisiones del sector? ☐
 - TP2.1.6. ¿Cómo la calidad del servicio del transporte público contribuye a las emisiones del sector? ☐
 - TP2.1.7. ¿Cuál es la contribución de las ineficiencias del transporte de carga a las emisiones del sector? ☐
 - TP2.1.8. ¿Cómo la normativa de estándares de emisiones contribuye a la reducción de emisiones? ☐

- Factores del desarrollo tecnológico

- TP2.1.9. ¿Cuáles son los factores de éxito en la adopción de tecnología para la descarbonización? ☐
 - TP2.1.10. ¿Qué incentivos a la movilidad eléctrica son más eficientes para promover la descarbonización del sector? ☐
 - TP2.1.11. ¿Qué modelos de implementación (para la adquisición y operación de flotas de transporte público e infraestructura de recarga) favorecen la escalabilidad y replicabilidad de proyectos de movilidad eléctrica? ☐
 - TP2.1.12. ¿Cómo los requerimientos de generación de energía renovable pueden contribuir al desarrollo de la descarbonización del sector? ☐
 - TP2.1.13. ¿Cuáles son las principales consecuencias no deseadas de las nuevas tecnologías de transporte bajas en carbono? ¿Y cómo se pueden minimizar los efectos no deseables? ☐
 - TP2.1.14. ¿Cuál es el impacto de las emisiones del sector transporte en la salud y bienestar de las personas? ☐

- **TP2.2. ¿Cuáles son los impactos del CC en el sector transporte de ALC? (A)**

- TP2.2.1. ¿Cómo se ven afectados la infraestructura y los servicios por transporte por las interrupciones y daños inducidos por cambios en las variables climáticas promedio y eventos climáticos extremos? ☐
 - TP2.2.2. ¿Cuáles son los costos y beneficios de la adaptación y mitigación al CC del sector transporte? ☐
 - TP2.2.3. ¿Cuál es la resiliencia del sector transporte ante impactos asociados al CC? ☐

- **TP2.3. ¿Cuáles son los determinantes de la vulnerabilidad del sector transporte frente al CC? (A)**

- TP2.3.1. ¿Cómo las características geográficas y las condiciones económicas de la región contribuyen a la vulnerabilidad del sector? ☐
 - TP2.3.2. ¿Cómo las características de la infraestructura de transporte controlan la vulnerabilidad frente a impactos climáticos? ☐
 - TP2.3.3. ¿Cómo la redundancia de la red de transporte impacta en la vulnerabilidad del sector? ☐

Tema principal 3 | Escenarios y trayectorias de descarbonización y adaptación

- **TP3.1. ¿Qué factores apalancan u obstaculizan la descarbonización y adaptación del sector al CC? (M) (A)**

Evitar

- TP3.1.1. ¿Qué efecto tienen las políticas de usos de suelo y configuración urbana en las emisiones contaminantes y de efecto invernadero del sector transporte? ☐
- TP3.1.2. ¿Cómo la regulación a las corporaciones y sus inversiones a gran escala pueden reducir las necesidades de viajes y la dependencia del automóvil? ☐
- TP3.1.3. ¿Cómo pueden las empresas y organizaciones influir en el comportamiento de la movilidad de sus empleados para reducir la huella de carbono? ☐

Cambiar

- TP3.1.4. ¿Qué políticas contribuyen a los cambios de actitud hacia la descarbonización del sector? ☐
- TP3.1.5. ¿Cómo se pueden fomentar estilos de vida menos dependientes del automóvil? ☐
- TP3.1.6. ¿Cómo se puede lograr un cambio modal, desde modos de movilidad contaminantes hacia modos más carbono neutrales? ☐
- TP3.1.7. ¿Cuál es el efecto de las políticas de transporte no motorizado (por ejemplo, caminar y andar en bicicleta) en las emisiones contaminantes y de carbono? ☐
- TP3.1.8. ¿Cómo puede legitimarse la reducción de la infraestructura automovilística en zonas urbanas? ☐
- TP3.1.9. ¿Cuál es el efecto de los servicios de movilidad compartida y micro-movilidad sobre las emisiones contaminantes y de carbono? ☐
- TP3.1.10. ¿Cómo impacta la regulación del comercio electrónico en la descarbonización del sector? ☐
- TP3.1.11. ¿Cómo impacta la oferta de infraestructura a la descarbonización del sector? ☐

Mejorar

- TP3.1.11. ¿Qué políticas favorecen la innovación tecnológica para reducir las emisiones del sector? ☐
- TP3.1.12. ¿Cómo contribuyen las políticas de masificación de los vehículos eléctricos a la sostenibilidad? ¿Y cuáles son las implicaciones para la utilización del transporte público, la expansión urbana y los viajes no motorizados? ☐
- TP3.1.13. ¿Mediante qué medidas se puede reorganizar la industria automotriz para impulsar una transformación hacia la movilidad baja en carbono? ☐
- TP3.1.14. ¿Cómo impactan las mejoras operacionales del sector a la descarbonización del sector? ☐
- TP3.1.15. ¿Cómo impactan las mejoras en la oferta de modos sostenibles a la descarbonización del sector? ☐

Adaptación

- TP3.1.14. ¿Qué políticas son más efectivas para mejorar la resiliencia de las infraestructuras y sistemas de transporte al CC? ☐
- TP3.1.15. ¿Qué políticas favorecen el proceso de adaptación de los sistemas de transporte al CC? ☐
- TP3.1.16. ¿Cómo se puede medir y evaluar la eficacia de los programas de adaptación de la infraestructura y servicios de transporte al CC? ☐
- TP3.1.17. ¿Cómo impacta la oferta de infraestructura a la adaptación del sector transporte al CC? ☐

- **TP3.2. ¿Cuáles son los escenarios/trayectorias de descarbonización y adaptación al CC para los países de la región? ¿Cuáles son sus habilitadores u obstaculizadores? (M) (A)**

- TP3.2.1. ¿Cuáles son las trayectorias de descarbonización necesarias para alcanzar los objetivos climáticos de corto, mediano y largo plazo del sector? ☐
- TP3.2.2. ¿Cuáles son las consecuencias de no cumplir con los compromisos climáticos del sector? ☐
- TP3.2.3. ¿Cuáles son los factores y barreras socioculturales de la transición hacia sistemas de transporte sin emisiones de carbono? ☐
- TP3.2.4. ¿Cuáles son las innovaciones tecnológicas necesarias para descarbonizar el sector transporte y adaptarlo al CC? ☐
- TP3.2.5. ¿Qué cambios sociales y de comportamiento serán necesarios para que el sector alcance los objetivos climáticos de descarbonización, de reducción de emisiones contaminantes, y de adaptación? ☐
- TP3.2.6. ¿Cómo las políticas de movilidad apalancan la transición energética baja en carbono? ☐
- TP3.2.7. ¿Cómo se pueden reinventar y reutilizar las infraestructuras de transporte existentes para lograr una rápida transición hacia la movilidad baja en carbono? ☐
- TP3.2.8. ¿Cuáles son las posibles consecuencias y riesgos sociales de la transición a un sistema de movilidad 100% dependiente de la electricidad? ☐
- TP3.2.9. ¿Cuál es el potencial del transporte no motorizado (por ejemplo, caminar y andar en bicicleta) para apoyar transiciones factibles bajas en carbono? ☐
- TP3.2.10. ¿Cómo integrar los aspectos técnicos y económicos en el cálculo de trayectorias de descarbonización factibles? ☐
- **TP 3.3. ¿Cómo impacta la coordinación al interior del sector transporte y con otros sectores las trayectorias de descarbonización y el proceso de adaptación? (M) (A)**
 - TP3.3.1. ¿Cómo interactúan los subsectores del transporte en el diseño de políticas de descarbonización y adaptación? ¿Cómo integrar estas interacciones en el cálculo de las trayectorias de descarbonización? ☐
 - TP3.3.2. ¿Cuál es la relación del transporte con otros sectores de la economía en el diseño de políticas de descarbonización y adaptación? ¿Cómo integrar las políticas intersectoriales en el cálculo de las trayectorias de descarbonización? ☐

Tema principal 4 | Gobernanza

- **TP4.1. ¿Cómo impacta el marco institucional en las políticas de mitigación y adaptación al CC (rol del sector público, niveles de gobernanza, diseño institucional, entre otros)? (M) (A)**
 - TP4.1.1. ¿Qué marcos institucionales son los más efectivos para avanzar en la descarbonización y adaptación del sector? ■
 - TP4.1.2. ¿Cuál es el papel de las instituciones gubernamentales y la participación de las partes interesadas en el proceso de gobernanza asociada al transporte y CC? ■
 - TP4.1.3. ¿Cuál es el impacto de la participación de distintos actores (público, privado, sociedad civil) en el diseño de políticas eficaces de transporte vinculadas al CC? ■
 - TP4.1.4. ¿Cómo se evalúan las medidas de mitigación y adaptación al CC en el marco de la gobernanza multinivel (local, nacional y supranacional)? ■
 - TP4.1.5. ¿Cuáles son los modelos institucionales a escala nacional y regional más apropiados para lograr los objetivos climáticos del sector? ■
 - TP4.1.6. ¿Cómo las instituciones existentes permiten e impulsan a los agentes (sector público, sector privado, comunidad académica, ciudadanos y organizaciones) a desarrollar y llevar a cabo estrategias de mitigación y adaptación al CC? ■
 - TP4.1.7. ¿Cuáles son los vacíos institucionales en la región que se requieren llenar, en términos de mecanismos de planificación y gestión, para avanzar en el cumplimiento de los objetivos climáticos? ■
 - TP4.1.8. ¿Cómo interactúan las instituciones y cuáles son las dependencias entre ellas en las distintas fases de adaptación y mitigación al CC? ■
 - TP4.1.9. ¿Cómo el diseño institucional de los sistemas de transporte influye en el cumplimiento de los objetivos climáticos? ■
 - TP4.1.10. ¿Cómo se puede estimular la innovación y proteger la privacidad de los ciudadanos en el caso de datos de movilidad asociadas a la contabilidad de emisiones del sector? ■
 - TP4.1.11. ¿Cómo se integran los planes sectoriales e intersectoriales para el logro de los objetivos de adaptación y mitigación al CC? ■
 - TP4.1.12. ¿Cómo articular el marco institucional del sector transporte con los demás sectores para alcanzar los objetivos climáticos? ■
- **TP4.2. ¿Cómo el compromiso político repercute en la consecución de los objetivos climáticos? (M) (A)**
 - TP4.2.1. ¿Qué mecanismos de compromisos climáticos son los más efectivos para guiar la acción climática? ■
 - TP4.2.2. ¿Cuáles son los principales factores asociados a la gobernanza para impulsar los cambios climáticos perseguidos? ■
 - TP4.2.3. ¿Cómo los gobiernos, sector privado, comunidad académica, ciudadanos y organizaciones de la región pueden integrar lo aprendido en el contexto internacional para avanzar en los objetivos climáticos? ■
 - TP4.2.4. ¿Cómo la contabilización de las emisiones a nivel supranacional del transporte aéreo y marítimo internacional puede vincular a los países en sus estrategias de descarbonización del sector? ■
 - TP4.2.5. ¿Cómo la capacidad técnica permite lograr los objetivos climáticos en el sector (planeación, ejecución, evaluación)? ■

- **TP4.3. ¿Cómo el proceso de elaboración de políticas públicas afecta la efectividad de las medidas de descarbonización y adaptación del transporte al CC? (M) (A)**
 - TP4.3.1. ¿Cuáles son los factores determinantes de la variación de los niveles de transparencia entre las instituciones gubernamentales y las partes interesadas en relación a las estrategias de mitigación y adaptación al CC? ■
 - TP4.3.2. ¿Cómo la planificación de la infraestructura y servicios de transporte permite abordar los posibles riesgos climáticos y la descarbonización del sector? ■
 - TP4.3.3. ¿Cuáles son los instrumentos de planificación y promoción pública más efectivos para la descarbonización y adaptación del transporte al CC? ¿Qué buenas experiencias existen? ■
 - TP4.3.4. ¿Cómo los gobiernos e instituciones pueden seguir el ritmo de los cambios en el sector asociados al CC? ■
 - TP4.3.5. ¿Cómo afectan las transiciones de gobierno los objetivos climáticos del sector? ■
- **TP4.4. ¿Cuál es el rol del compromiso de las partes interesadas (en especial del sector privado y sociedad civil) en el cumplimiento de los objetivos climáticos en el sector transporte? (M) (A)**
 - TP4.4.1. ¿Cómo pueden la gobernanza y los presupuestos participativos apoyar la descarbonización y adaptación del sector? ■
 - TP4.4.2. ¿Cuál es el diseño óptimo de las políticas de CC cuando el gobierno quiere incrementar la participación del sector privado y la sociedad civil en la descarbonización y adaptación del transporte al CC? ■
 - TP4.4.3. ¿Cuál es el rol en el diseño de políticas de los intereses no estatales que se benefician y se encuentran en riesgo en la transición? ■
 - TP4.4.4. ¿Cómo la gobernanza de los sistemas de transporte y de los sectores informales impacta en la consecución de los objetivos climáticos? ■
 - TP4.5.4. ¿Cómo la corrupción en la región impacta en la descarbonización y adaptación del transporte al CC? ■

Tema principal 5 | Financiamiento y fondeo de la transición

- **TP5.1. ¿Cuáles son las necesidades de inversión en mitigación y adaptación al CC? (M) (A)**
 - TP5.1.1. ¿Cuál es la inversión requerida para alcanzar los objetivos climáticos? ■
 - TP5.1.2. ¿Cuál es el costo de resiliencia climática de la infraestructura de transporte? ■
 - TP5.1.3. ¿Cuál es el impacto de la inversión en mitigación en comparación con la inversión de la adaptación al CC en el sector? ■
- **TP5.2. ¿Cómo pueden mejorarse las fuentes de financiación para la descarbonización y adaptación del sector transporte? (M) (A)**
 - TP5.2.1. ¿Qué instrumentos de financiamiento son los más efectivos para el cumplimiento de los objetivos climáticos? ¿Qué tan accesibles son dichos instrumentos? ■
 - TP5.2.2. ¿Qué factores y qué actores inciden en la efectividad del financiamiento climático? ¿Cuál es su importancia? ■
 - TP5.2.3. ¿Cómo maximizar el impacto y eficacia del financiamiento climático en la descarbonización y adaptación del sector transporte? ■
 - TP5.2.4. ¿Cuál es el rol del financiamiento internacional en el financiamiento climático? ■
 - TP5.2.5. ¿Cuál es el rol de los fondos privados en la lucha contra el CC y cómo impulsar su movilización? ■
 - TP5.2.6. ¿Cómo escalar la financiación de la adaptación en transporte? ■
 - TP 5.2.7 ¿Cómo asegurar que los instrumentos climáticos y planes sectoriales (planes de transporte, movilidad) incluyan mecanismos de financiamiento y fondeo en la transición? ■
- **TP5.3. ¿Cómo impacta la gobernanza del financiamiento climático en los resultados de mitigación y adaptación del sector? (M) (A)**
 - TP5.3.1. ¿Cómo debería ser la gobernanza de los fondos climáticos en la región para dar una respuesta global y coordinada al CC? ■
 - TP5.3.2. ¿Qué aspectos son relevantes en el gasto del financiamiento climático? ■
 - TP5.3.3. ¿Cómo gestionar las inversiones para adaptarse al CC? ■
- **TP5.4. ¿Cómo contribuyen los instrumentos de precios (impuestos, tarifas, subsidios, entre otros) al cumplimiento de los objetivos climáticos? (M) (A)**
 - TP5.4.1. ¿Qué mecanismos de tarificación y focalización (como tarificación del carbono, impuestos sobre los combustibles, reformas a los subsidios a los combustibles fósiles, tarificación por congestión, entre otros) son los más efectivos para impulsar la descarbonización del sector transporte? ■
 - TP5.4.2. ¿Cuál es el impacto de la tarificación del carbono en los costos de mitigación? ■
 - TP5.4.3. ¿Existen mecanismos de tarificación del transporte y subsidios que mejoren los resultados en la transición? ■
 - TP5.4.4. ¿Cómo los bonos verdes pueden contribuir a acelerar la descarbonización y adaptación del sector transporte? ■

Tema principal 6 | Inclusión y transición justa

- **TP6.1. ¿Cómo se distribuyen las causas e impactos del CC en las poblaciones vulnerables de la región? (M) (A)**
 - TP6.1.1. ¿Cuáles son las contribuciones -actuales y proyectadas- de los países de la región al CC en el contexto global? 
 - TP6.1.2. ¿Qué países en la región experimentan los efectos más adversos del CC en el sector? 
- **TP6.2. ¿Cómo afectan los desafíos asociados al transporte y CC a las poblaciones más vulnerables en la región? (M) (A)**
 - TP6.2.1. ¿Cómo están distribuidas las emisiones y la exposición a partículas ultrafinas? ¿Cuáles son las poblaciones más vulnerables? 
 - TP6.2.2. ¿Cómo evitar las consecuencias sociales negativas no deseadas de las políticas destinadas a reducir el impacto del sector transporte sobre el CC? 
 - TP6.2.3. ¿Cómo garantizar que las políticas de CC del sector transporte se centren en los usuarios de transporte y contemplen a los grupos más vulnerables -como mujeres, personas con discapacidad y grupos de menores ingresos-? 
 - TP6.2.4. ¿Cómo puede la movilidad ser más equitativa en términos de género y al mismo tiempo menos contaminante? 
 - TP6.2.5. ¿Cómo se ve afectado el sector rural por los impactos del CC en el sector transporte? 
 - TP6.2.6. ¿Qué efectos tiene la desigualdad en la región en los impactos del CC en el sector transporte? 
- **TP6.3. ¿Cómo las políticas de descarbonización y adaptación contribuyen a exacerbar o disminuir las desigualdades? (M) (A)**
 - TP6.3.1. ¿Cómo desarrollar un enfoque gradual de mitigación y adaptación al CC en los países de la región? 
 - TP6.3.2. ¿En el marco de la transición justa, qué medidas de bajo costo y alto impacto pueden implementar los países de la región en el corto plazo? 
 - TP6.3.3. ¿Cómo pueden potenciarse los modos de transporte sostenibles como herramientas de justicia climática? 
 - TP6.3.4. ¿Cómo los países de ALC pueden abogar internacionalmente como región por una transición justa? ¿Cuáles son las oportunidades para establecer asociaciones estratégicas en la región para alcanzar los objetivos climáticos de transporte y avanzar en la justicia climática? 

4 ETAPA IV: VALIDACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La validación de las seis temáticas propuestas, así como también la validación y definición de las preguntas principales y específicas, se realizó a través de un proceso de consulta con miembros de la comunidad académica de ALC. Primero, se realizaron tres entrevistas en profundidad con académicos y expertos del sector que reunieran en su perfil las experiencias de investigación y diseño de políticas públicas, dado el foco de este estudio: contribuir a cerrar las brechas de conocimiento en materia de transporte y CC, para informar el diseño de políticas públicas en la región. A su vez, los perfiles de los académicos consultados son complementarios en cuanto a las temáticas de especialización y experiencia, permitiendo abarcar las diferentes áreas y subsectores del transporte que se utilizaron en la Etapa 2. Las entrevistas fueron realizadas en abril de 2024 a un ex Secretario de Movilidad y actual Director de Departamento de Ingeniería de una de las principales universidades de la región; una especialista medioambiental de una de las principales empresas de consultoría para el sector público en ALC; y a un ex Ministro de Transporte y actual profesor en Economía en otra de las más reconocidas universidades de la región. Para las entrevistas se utilizó un cuestionario con respuestas abiertas, mediante el cual se presentaron las diferentes temáticas y preguntas principales, para validación y/o reformulación por parte del entrevistado. Las seis temáticas propuestas fueron validadas por los entrevistados. Se sugirieron aclaraciones y reformulaciones no sustanciales para 7 de las 20 preguntas principales, que fueron incorporadas.

A continuación, se realizó un taller virtual con miembros de la comunidad académica de ALC, en colaboración con PANAM. El taller convocó a un subgrupo de 30 académicos que habían participado en el taller realizado con PANAM en la Etapa 2, cuidando que hubiera una distribución homogénea de participantes según diferentes áreas de especialización. Se dividió a los participantes en cinco grupos. Cada grupo analizó la pertinencia de las seis temáticas en general, y la importancia de las preguntas principales y específicas asociadas a una determinada temática en cuatro de los grupos, mientras que un grupo analizó dos temáticas específicas, permitiendo un balance en el total de preguntas analizadas por cada grupo. Se solicitó que cada participante respondiera si estaba de acuerdo o no con la aproximación de las temáticas y preguntas de investigación. Para ello, se utilizó la herramienta virtual *Mentimeter*. Asimismo, se solicitó que reformularan, eliminaran o agregaran preguntas para la temática asignada al grupo. Las respuestas individuales fueron debatidas entre los participantes del grupo, a partir de lo cual se elaboró una propuesta consensuada sobre las preguntas principales y específicas de la temática correspondiente al grupo. Finalmente, los puntos principales de las discusiones dentro de cada grupo se socializaron a todos los participantes del taller. Como mencionado, para simplificar la exposición de resultados, los provenientes de esta Etapa en cuanto a las preguntas principales y específicas propuestas para una agenda común de investigación sobre transporte y CC en ALC son los ya reportados en la Etapa 3 más arriba.

Una vez obtenidas las preguntas principales y específicas finales, se solicitó a los participantes que definieran un ranking de las preguntas más importantes a investigar, teniendo en cuenta donde hubiera mayores brechas de conocimiento y mayor necesidad de insumo para la generación de políticas públicas. Este ejercicio se realizó de manera individual y se sumaron los resultados para obtener la priorización. La Tabla 22 presenta las 20 preguntas principales, rankeadas por los participantes.

Tabla 22 Ranking de preguntas principales de acuerdo con su calificación en taller de brechas con comunidad académica

Ranking	Temática	Pregunta Principal
1	Inclusión y transición justa	TP6.3. ¿Cómo las políticas de descarbonización y adaptación contribuyen a exacerbar o disminuir las desigualdades?
2	Financiamiento y fondeo	TP5.1. ¿Cuáles son las necesidades de inversión en mitigación y adaptación al CC?
3	Escenarios y trayectorias	TP 3.3. ¿Cómo impacta la coordinación al interior del sector transporte y con otros sectores las trayectorias de descarbonización y el proceso de adaptación?
4	Determinantes e impactos	TP2.1. ¿Cuáles son los determinantes de las emisiones de transporte en ALC?
5	Escenarios y trayectorias	TP3.2. ¿Cuáles son los escenarios/trayectorias de descarbonización y adaptación al CC para la región? ¿Cuáles son sus habilitadores u obstaculizadores?
6	Inclusión y transición justa	TP6.2. ¿Cómo afectan los desafíos asociados al transporte y CC a las poblaciones más vulnerables en la región?
7	Financiamiento y fondeo	TP5.2. ¿Cómo pueden mejorarse las fuentes de financiación para la descarbonización y adaptación del sector transporte?
8	Financiamiento y fondeo	TP5.4. ¿Cómo contribuyen los instrumentos de precios (impuestos, tarifas, subsidios, entre otros) al cumplimiento de los objetivos climáticos?
9	Escenarios y trayectorias	TP3.1. ¿Qué políticas apalancan u obstaculizan la descarbonización y adaptación del sector al CC?
10	Determinantes e impactos	TP2.2. ¿Cuáles son los impactos del CC en el sector transporte de ALC?
11	Gobernanza	TP4.4. ¿Cuál es el rol del compromiso de las partes interesadas (en especial del sector privado) en el cumplimiento de los objetivos climáticos en el sector transporte?
12	Gobernanza	TP4.1. ¿Cómo impacta el marco institucional en las políticas de mitigación y adaptación al CC (rol del sector público, niveles de gobernanza, diseño institucional, entre otros)?
13	Gobernanza	TP4.3. ¿Cómo el proceso de elaboración de políticas públicas afecta la efectividad de las medidas de descarbonización y adaptación del transporte al CC?
14	Gobernanza	TP4.2. ¿Cómo el compromiso político repercute en la consecución de los objetivos climáticos?
15	Determinantes e impactos	TP2.3. ¿Cuáles son los determinantes de la vulnerabilidad del sector transporte frente al CC?
16	Financiamiento y fondeo	TP5.3. ¿Cómo impacta la gobernanza del financiamiento climático en los resultados de mitigación y adaptación del sector?
17	Medición y caracterización	TP1.2. ¿Qué ajustes a las metodologías de inventario de emisiones y vulnerabilidad al CC se deben considerar para ofrecer un análisis robusto en el sector transporte?
18	Medición y caracterización	TP1.1. ¿Cuál es el desempeño medioambiental de un sistema o subsistema de transporte?

19	Inclusión y transición justa	TP6.1. ¿Cómo se distribuyen las causas e impactos del CC en los países de la región?
20	Medición y caracterización	TP1.3. ¿Qué regulaciones favorecen la captura, disponibilidad y acceso a la información de transporte y CC para la toma de decisiones?

Los resultados de la priorización de las temáticas y preguntas de investigación reflejan la necesidad de un abordaje equilibrado, que considere los aspectos sociales, económicos y técnicos de la relación entre transporte y CC en ALC. Asimismo, resaltan que existen preguntas de base que, frente a la evidencia disponible para otras regiones, aún deben ser respondidas para ALC, de acuerdo con las particularidades de esta región. En efecto, en una región donde 181 millones de personas (3 de cada 10) viven en situación de pobreza, no sorprende que las preguntas dentro de la temática de inclusión y transición justa hayan recibido la mayor prioridad en el desarrollo de la agenda de conocimiento de CC y transporte para ALC. Estas preguntas alientan a analizar la relación de la población vulnerable tanto con las medidas de mitigación como de adaptación al CC. En particular, las preguntas priorizadas se enfocan en establecer cómo las políticas de descarbonización y adaptación pueden influir en las desigualdades en la región (TP6.3); y cómo pueden verse afectadas estas poblaciones ante eventos climáticos que impacten en el sector transporte (TP6.2).

Otro aspecto clave y que se encuentra prácticamente ausente en la literatura del sector, especialmente en el caso de la región, es cómo disponer de recursos para afrontar los cambios que requiere el transporte en el contexto del CC. Esto se refiere no solo a suplantar flotas de buses por unidades eléctricas, sino también a disponer de recursos que permitan incentivar el cambio de paradigma de movilidad urbana hacia modos más eficientes desde el punto de vista socio-ambiental (transporte público, bicicleta, caminata), así como promover la multimodalidad en el transporte de mercancías. Para ello, se requiere invertir más y mejor en infraestructura y servicios de transporte. Tan solo para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la región debería invertir en el sector el 1,4% del PIB anual hasta 2030 (frente al 0,8% actual) (Brichetti et al., 2021). Esta cifra sería ciertamente mayor si se consideraran las necesidades de inversión para mitigar y adaptar al transporte al CC. En este sentido, entre las preguntas priorizadas por la comunidad académica se encuentra, ante todo, la estimación de los recursos requeridos para promover la descarbonización y adaptación climática del transporte (TP5.1). A continuación, se evidencia la urgencia de identificar de qué fuentes podrían provenir estos recursos, con especial atención al financiamiento (TP5.2) y a la utilización de instrumentos de precios que permitan internalizar las externalidades del transporte (TP5.4).

Los escenarios y trayectorias de descarbonización y adaptación han sido identificados también como prioritarios por la comunidad académica, con tres preguntas clasificadas dentro de las diez principales prioridades para la agenda de investigación. Todo proceso de planificación debe basarse en información robusta sobre escenarios sin intervenciones y aquellos escenarios deseados, a los cuales las intervenciones realizadas deberían conducir. Como relevado por Calatayud et al. (2023), la ausencia de esta información en ALC redundaría en detrimento de una mayor concientización sobre los desafíos que el CC presenta para el transporte y, en consecuencia, de la priorización de esta temática en los instrumentos de planificación. Dado el horizonte temporal de largo plazo que tienen las inversiones en el sector, no incorporar variables climáticas en la planificación tendría graves consecuencias, tanto en las eventuales afectaciones para las infraestructuras como en el incremento de emisiones. De manera adicional, no contar con estos escenarios impide evaluar el potencial de mitigación y/o adaptación

climática de medidas de política a implementar. Inclusive, tampoco permite priorizar intervenciones según su potencial impacto. Es así que, dentro de las preguntas priorizadas, se encuentran aquellas destinadas a estimar estos escenarios y trayectorias (TP3.2), evaluar cómo diferentes políticas facilitarían u obstaculizarían dichas trayectorias (TP3.1), y analizar qué impacto tendrían en las mismas la mayor o menor coordinación dentro del sector transporte y con otros sectores (TP3.3).

Relacionado con esto último, la temática de gobernanza también obtuvo la atención de la comunidad académica. Para descarbonizar al transporte se requieren de acciones que involucran a múltiples actores, tanto dentro como fuera del gobierno. Dentro del gobierno, existen medidas que van más allá de las agencias de transporte, siendo prerrogativas de las áreas de Energía, Medioambiente e, inclusive, Industria y Comercio Exterior, entre otros. Por fuera, no debe desconocerse que el transporte es un sector esencialmente conformado por actores privados, cuyas acciones son fundamentales para promover la descarbonización. Lo mismo ocurre en el caso de la adaptación climática, donde una parte significativa de las infraestructuras y operaciones críticas se encuentra a cargo del sector privado. Así, las preguntas priorizadas en el ejercicio corresponden a analizar el compromiso de las partes interesadas en el cumplimiento de los objetivos climáticos en el sector transporte (TP4.2 y TP4.4); y el impacto del marco institucional en las políticas de mitigación y adaptación al CC (TP4.1) y en la efectividad de las mismas (TP4.3).

Resulta evidente que, para responder a estas preguntas, se requerirá de la combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos de diferentes disciplinas, abarcando desde la Ingeniería, hasta la Economía y las Políticas Públicas. Se requerirá también de diferentes herramientas de investigación, que permitan considerar diversas perspectivas sociales, económicas y técnicas. En consecuencia, será clave avanzar en un esfuerzo multidisciplinario conjunto a nivel regional, que permita ir proporcionando respuestas a las preguntas planteadas, brindando insumos clave para informar el diseño de políticas públicas en ALC, ante la revolución sin precedentes que deberá enfrentar el transporte en los próximos años. La agenda aquí propuesta contribuye en este sentido, brindando una guía para focalizar los esfuerzos de la comunidad académica de la región.

5 REFERENCIAS

- Argyroudis, S. A., Mitoulis, S., Winter, M. G., & Kaynia, A. M. (2019). Fragility of transport assets exposed to multiple hazards: State-of-the-art review toward infrastructural resilience. *Reliability Engineering and System Safety*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106567>
- Banco Mundial. (2023). *Urban population (% of total population) - Latin America & Caribbean*. Urban Population (% of Total Population) - Latin America & Caribbean. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=ZJ>
- Brichetti, J. P., Mastronardi, L., Rivas Amiassorho, M. E., Serebrisky, T., & Solís, B. (2021). *La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe*. <https://interactive-publications.iadb.org/La-brecha-de-infraestructura-en-America-Latina-y-el-Caribe>
- CAF. (2018). *Guía de Buenas Prácticas para la adaptación de las carreteras al clima*. CAF. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1221/Gu%C3%ADa%20BP%20adaptaci%C3%B3n%20carreteras_CAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Calatayud, A., Rivas, E., Camacho, J., Beltrán, C., Ansaldo, M., & Café, E. (2023). *Transporte 2050: el camino hacia la descarbonización y la resiliencia climática en América Latina y el Caribe*. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Camacho, J. (2024). *Exposición de la infraestructura de transporte a los efectos del cambio climático en América Latina y el Caribe*. Nota técnica del BID 2903. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Fan, J., Meng, X., Tian, J., Xing, C., Wang, C., & Wood, J. (2023). A review of transportation carbon emissions research using bibliometric analyses. In *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* (Vol. 10, Issue 5, pp. 878–899). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.09.002>
- Gössling, S., Neger, C., Steiger, R., & Bell, R. (2023). Weather, climate change, and transport: a review. *Natural Hazards*, 118(2), 1341–1360. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06054-2>
- Liu, Z., & Qiu, Z. (2023). A systematic review of transportation carbon emissions based on CiteSpace. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(19), 54362–54384.
- International Energy Agency, IEA. (2022). *Dataset: Detailed CO2 estimates*.
- Pan, S., Yan, H., He, J., & He, Z. (2021). Vulnerability and resilience of transportation systems: A recent literature review. In *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* (Vol. 581). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126235>
- Scholl, L., Fook, A., Rebolledo, J. D. B., Rivas, M. E., Montes, L., Montoya, V., ... & Mojica, C. (2022). *Transport for Inclusive Development. Defining a Path for Latin America and the Caribbean*. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

UNICEF. (2021). Calidad del aire: ¡Es el momento de actuar! Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) Panamá, República de Panamá. <https://www.unicef.org/lac/media/27856/file/Calidad-del-aire-es-el-momento-de-actuar.pdf>

Wan, C., Yang, Z., Zhang, D., Yan, X., & Fan, S. (2018). Resilience in transportation systems: a systematic review and future directions. *Transport Reviews*, 38(4), 479–498. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1383532>

6 ANEXO

Anexo 1 | Links a buscadores por organización

Tabla 23. Detalle de links a buscadores por organización

Organización	Link buscador
Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA, por sus siglas en inglés)	https://n9.cl/y718t
Federación Internacional de Carreteras (IRF, por sus siglas en inglés)	https://n9.cl/irf
<i>The International Council on Clean Transportation</i> (ICCT)	https://n9.cl/icct
Foto Internacional de Transporte (ITF, por sus siglas en inglés)	https://n9.cl/itf
Banco Mundial (WB, por sus siglas en ingles)	https://n9.cl/wb
Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo (UNCTAD, por sus siglas en inglés)	https://n9.cl/unctad
Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés)	https://n9.cl/wri
C40 Ciudades (C40)	https://n9.cl/c40
Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)	https://lc.cx/v4wj6H
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	https://n9.cl/bid

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

- El criterio de búsqueda para las instituciones es “Climate change + transport”. Excepto en la búsqueda de ITF, para este caso el criterio de búsqueda es “Climate change”.
- En IATA se selecciona el filtro: “programs & policy” y “publications”.
- En WB se realiza búsqueda en inglés y español, se selecciona el filtro: “frase exacta” para la búsqueda en inglés; y “todas las palabras” para la búsqueda en español.
- En CEPAL se selecciona el subtema “cambio climático”
- Para UNCTAD se selecciona el filtro: “contains all of these words”.
- En WRI se selecciona: “Research” y “transportation”.

Anexo 2 | Detalle de sub temas

Tabla 24. Detalle de subtemas identificados en la categorización de brechas de conocimiento de mitigación y adaptación del sector transporte al CC en ALC

Macro temáticas	Subtemas		Detalle
MITIGACIÓN			
1. Medición y caracterización de las emisiones de carbono derivadas del transporte	1.1 Metodologías de contabilidad de emisiones	Estudios que miden y caracterizan las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte utilizando metodologías indirectas mediante modelamiento e inferencia	Corresponde a estudios que utilizan: (i) modelos <i>top-down</i> (basados en el consumo total de combustible de transporte y los factores de emisión de carbono de los combustibles correspondientes para obtener el total de emisiones); (ii) modelos <i>bottom-up</i> (basado en los datos de actividad de los distintos modos de transporte, incluyendo número de vehículos por modo de transporte y tipo de combustible, distancia anual recorrida por modo de transporte y tipo de combustible, consumo de combustible por modo de transporte y tipo de combustible, y factor de emisión por tipo de combustible)); (iii) modelos de estructura total (considera diferentes factores de viajes residenciales); (iv) modelos de emisiones de vehículos a combustión (entre los modelos más comunes se incluyen MOBILE, EMFAC, COPERT, MOVES y CMEM); y (iv) métodos de ciclo de vida (que consideran las emisiones de carbono de todo el ciclo de vida del transporte).
	1.2 Metodologías de medición real	Estudios que miden y caracterizan las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte utilizando metodologías directas a través de sistemas de monitoreo y control de emisiones	Corresponde a estudios que utilizan: (i) dispositivos de monitoreo móviles; (ii) sistemas portátiles de medición de emisiones (PEMS, por sus siglas en inglés); (iii) mediciones de grandes datos; (iv) monitoreo satelital; y (v) monitoreo con drones.
2. Análisis del mecanismo de impacto en las emisiones de carbono derivadas del transporte	2.1 Evaluación sistemática / integral de las emisiones	Estudios relacionados con indicadores/mediciones de sostenibilidad del transporte	Corresponde a estudios basados en el perfeccionamiento de indicadores de evaluación, por ejemplo, indicadores de sostenibilidad, indicadores de bajas emisiones de carbono para el transporte e indicadores específicos por modo de transporte, entre otros.
	2.2 Medición de la eficiencia de los sistemas de transporte	Estudios relacionados con mediciones de eficiencia energética o en emisiones de carbono	Corresponde a estudios de análisis eficiencia, como por ejemplo análisis de fronteras estocásticas y análisis envolvente de datos.
	2.3 Análisis de los canales (<i>drivers</i>) de emisiones de	2.3.1 Tecnología y gestión del transporte	
		2.3.1.1 Combustibles alternativos	Corresponde a estudios como por ejemplo de hidrógeno verde o combustibles renovables para aviones.
		2.3.1.2 Impuesto a los combustibles	Corresponde a estudios específicos sobre impuestos al combustible y sus impactos.

Macro temáticas	Subtemas		Detalle
	carbono en el sector	2.3.1.3 Gestión de estacionamiento	Corresponde a estudios específicos sobre medidas de gestión de estacionamientos.
		2.3.1.4 Avances tecnológicos	Corresponde a estudios sobre, por ejemplo, tecnologías limpias para buses y estándares de emisiones.
		2.3.1.5 Impuesto a las emisiones del transporte	Corresponde a estudios específicos sobre impuestos a las emisiones de transporte.
		2.3.1.6 Cambio de modo de transporte	Corresponde a estudios que evalúan el cambio modal, como por ejemplo desde modos de transporte tradicionales hacia sistemas de cable aéreo.
		2.3.1.7 Nivel de oferta de transporte público	Corresponde a estudios asociados a incrementos en la oferta de transporte público, como por ejemplo expansiones de la red de metro.
		2.3.2 Desarrollo económico	
		2.3.2.1 PIB	Corresponde a estudios que analizan el crecimiento económico.
		2.3.2.2 Escala de la industria del transporte	Corresponde a estudios que analizan la escala de la industria, como por ejemplo estudios sobre huelgas en el sector.
		2.3.2.3 Población	Corresponde a estudios que analizan el efecto de la población.
		2.3.2.4 Propiedad de vehículos	Corresponde a estudios que analizan la propiedad de vehículos.
		2.3.3 Comportamiento de viaje	
		2.3.3.1 Elección del modo de viaje	Corresponde a estudios que analizan el modo de transporte utilizado, como por ejemplo el uso del transporte público y el transporte activo (viajes a pie y en bicicleta)
		2.3.3.2 Distancia de viaje	Corresponde a estudios que analizan la distancia de viaje.
		2.3.3.3 Actitud de viaje	Corresponde a estudios que analizan la actitud de viaje, como por ejemplo los hábitos de transporte, los patrones de viaje y los efectos del confinamiento por el COVID-19.
		2.3.4 Forma urbana	
		2.3.4.1 Ubicación del <i>Central Business District</i> (CBD)	Corresponde a estudios que analizan la ubicación de los CBD y también de centros comerciales.
		2.3.4.2 Tasa de urbanización	Corresponde a estudios que analizan el nivel de urbanización.
		2.3.4.3 Infraestructura vial	Corresponde a estudios que analizan la infraestructura vial, como por ejemplo la infraestructura carretera.
		2.3.4.4 Escala de áreas urbanizadas	Corresponde a estudios que incluyen un análisis del tamaño de las ciudades y de la forma espacial urbana.
		2.3.4.5 Densidad de la red vial urbana	Corresponde a estudios que analizan la densidad de la red vial urbana.
		2.3.5 Factores ambientales	
		2.3.5.1 Intensidad y estructuras energéticas	Corresponde a estudios que incluyen, por ejemplo, el análisis de la sostenibilidad energética y la intensidad energética.

Macro temáticas	Subtemas		Detalle
		2.3.5.2 Nivel de consumo de combustible	Corresponde a estudios que analizan el nivel de consumo de combustible, como por ejemplo eventos de escasez de combustible.
		2.3.5.3 Factores de emisión	Corresponde a estudios que analizan los factores de emisión.
3. Análisis de trayectorias de descarbonización para el sector	3.1 Intervenciones	3.1.1 Evitar (Avoid)	
		3.1.1.1 Densidad urbana	Corresponde a estudios que analizan instrumentos que inciden en la densidad urbana.
		3.1.1.2 Planificación de ciudades compactas	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de política de ciudades compactas, como por ejemplo estrategias de desarrollo urbano para la rehabilitación de zonas edificadas o planes de acción para crecimiento verde.
		3.1.1.3 Desarrollo orientado al transporte	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de desarrollo orientado al transporte.
		3.1.1.4 Control de uso del suelo	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de control del uso del suelo.
		3.1.1.5 Expansión urbana estratégica	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de expansión urbana estratégica, tales como desarrollo de corredores urbanos.
		3.1.2 Cambiar (Shift)	
		3.1.2.1 Tarificación de estacionamiento	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de tarificación de estacionamiento.
		3.1.2.2 Desarrollo del transporte público	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de desarrollo del transporte público.
		3.1.2.3 Impuestos a las emisiones	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de impuestos a las emisiones, como por ejemplo tarificación de las emisiones de carbono de las compañías aéreas.
		3.1.2.4 Tarificación vial	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de tarificación vial, como por ejemplo tarificación variable según distancia recorrida, vehículo y/o carga.
		3.1.2.5 Viajes compartidos	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de viajes compartidos como aplicaciones de viajes compartidos.
		3.1.3 Mejorar (Improve)	
		3.1.3.1 Estándares de emisiones	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de estándares de emisiones.
		3.1.3.2 Ahorro de combustible	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de ahorro de combustible.
		3.1.3.3 Combustibles alternativos y tecnologías de reducción de emisiones	Corresponde a estudios que analizan combustibles alternativos y tecnologías de reducción de emisiones, como por ejemplo biocombustibles, hidrógeno y vehículos de combustible flexible.
		3.1.3.4 Optimización operacional del transporte público	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de optimización operacional del transporte público, como por ejemplo sistemas integrados de transporte masivo o velocidad fija de buses.
		3.1.3.5 Vehículos con nuevas tecnologías de propulsión	Corresponde a estudios que analizan instrumentos para promover vehículos con nuevas tecnologías de propulsión, tales como vehículos eléctricos.
		3.1.3.6 Nuevas fuentes energéticas	Corresponde a estudios que analizan nuevas fuentes de energía en forma global desde el sector energético e incluyen al transporte como parte del análisis.

Macro temáticas	Subtemas		Detalle
		3.1.3.7 Instrumentos de precios al carbono	Corresponde a estudios que analizan instrumentos de precios al carbono, tales como impuestos al carbono o los bonos de emisiones de carbono en el transporte.
	3.2 Optimización operacional	3.2.1 Optimización para la gestión del tráfico	Corresponde a estudios que analizan la optimización de la gestión del tráfico, como por ejemplo optimización de los semáforos.
		3.2.2 Planificación de rutas	Corresponde a estudios que analizan la optimización en la planificación de rutas, como por ejemplo de buses.
		3.2.3 Optimización de precios	Corresponde a estudios que analizan la optimización en la estructura tarifaria.
		3.2.4 Optimización de la logística y la cadena de suministro	Corresponde a estudios que analiza la optimización de la logística y las cadenas de suministros.
		3.2.5 Optimización de la ubicación de las instalaciones de transporte	Corresponde a estudios que analizan la optimización de la localización de las facilidades de transporte.
	3.3 Análisis de escenarios		Corresponde a estudios que incluyen la construcción de escenarios futuros y evalúan el impacto de diversas estrategias de reducción de emisiones.
ADAPTACIÓN			
1. Conceptualización (cualitativa)			Corresponde a estudios que definen y delimitan la adaptación y la resiliencia al CC en el sector (estudios cualitativos).
2. Caracterización	2.1 Determinantes de la vulnerabilidad (cualitativos-cuantitativos)		Corresponde a estudios que analizan los determinantes de la vulnerabilidad a nivel tanto cualitativo como cuantitativo, como por ejemplo índices de vulnerabilidad al CC.
	2.2 Impactos (cualitativos y cuantitativos)	2.2.1. Físicos	Corresponde a estudios que analizan los impactos físicos del CC en el sector.
		2.2.2. Económicos	Corresponde a estudios que analizan los impactos económicos del CC en el sector.
		2.2.4. Relacionados con salud	Corresponde a estudios que analizan los impactos del CC en el sector asociados a la salud.
		2.2.5. Sociales	Corresponde a estudios que analizan los impactos sociales del CC en el sector.
	2.3 Medidas de adaptación al CC (cualitativas)	2.3.1. Medidas físicas (resiliencia)	Corresponde a estudios que analizan medidas de resiliencia en el sector transporte como por ejemplo infraestructura verde y pavimentos modificados.
2.3.2. Medidas “blandas” (planificación, monitoreo)		Corresponde a estudios que analizan medidas de planificación y monitoreo, incluyendo por ejemplo aspectos institucionales, de gobernanza, y sistemas de monitoreo.	
3. Medición de resiliencia del sistema de transporte (cuantitativa)			Corresponde a estudios que evalúan la resiliencia y vulnerabilidad de los sistemas de transporte.

Fuente: Elaboración propia.

Notas:

Las macro temáticas de mitigación y adaptación se focalizan a nivel general en los siguientes estudios:

1. Mitigación – “1. Medición y caracterización de las emisiones de carbono derivadas del transporte”: Se focaliza en estudios que miden y caracterizan las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte.
2. Mitigación – “2. Análisis de los mecanismos de impacto en las emisiones de carbono derivadas del transporte”: Se focaliza en estudios que evalúan la relación entre las características de los sistemas de transporte, los entornos urbanos y las variables económicas, y las emisiones contaminantes y de efecto invernadero.
3. Mitigación – “3. Análisis de trayectorias de descarbonización para el sector”: Se focaliza en estudios que calculan y analizan trayectorias de descarbonización para el sector transporte con base en políticas sectoriales y subsectoriales. Esta macro temática incluye solo aquellos estudios en los que se trazan escenarios de descarbonización incluyendo políticas del sector transporte.
4. Adaptación – “1. Conceptualización”: Se focaliza en estudios que definen y delimitan la adaptación y la resiliencia al CC en el sector. Corresponde a estudios cualitativos.
5. Adaptación – “2. Caracterización”: Se focaliza en estudios que caracterizan el proceso de adaptación.
6. Adaptación – “3. Medición de resiliencia de los sistemas de transporte al CC”: Se focaliza en estudios que calculan y analizan la capacidad de un sistema para hacer frente a los impactos del CC.

Anexo 3 | Tablas extendidas

Tabla 25 Anexo tabla análisis brechas en literatura académica - Mitigación

Macro temáticas	Subtemas	Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
			Modo de transporte						Países	Brechas			
			General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN													
1. Medición y caracterización de las emisiones de carbono derivadas del transporte	1.1 Metodologías de contabilidad de emisiones	✓	10	27	5	1	6	49	ALC (2) ARG (5) BRA (14) COL (11) ECU (7) MEX (8) PER (2)	No	Alta	Media	Alta

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
	1.2 Metodologías de medición real		✓	4	16	10	0	0	30	BOL (1) BRA (14) CAR (1) CHL (1) COL (3) ECU (3) MEX (6) URY (1)	No	Alta	Alta	Alta
2. Análisis del mecanismo de impacto en las emisiones de carbono derivadas del transporte	2.1 Evaluación sistemática / integral de las emisiones	Estudios relacionados con indicadores/mediciones de sostenibilidad del transporte	✓	3	23	2	0	0	28	BRA (15) CHL (2) COL (4) MEX (5) PER (1) URY (1)	No	Alta	Alta	Alta

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
	2.2 Medición de la eficiencia de los sistemas de transporte	Estudios relacionados con mediciones de eficiencia energética o en emisiones de carbono	✓	0	6	3	1	2	12	BRA (7) COL (1) MEX (2) PAN (2)	No	Alta	Media	Alta
	2.3 Análisis de los canales (drivers) de emisiones de carbono en el sector	2.3.1 Tecnología y gestión del transporte	✓											
		2.3.1.1 Combustibles alternativos		0	2	5	1	1	9	BRA (6) COL (1) MEX (2)	No	Alta	Media	Alta
		2.3.1.2 Impuesto a los combustibles		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.1.3 Gestión de estacionamiento		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.1.4 Avances tecnológicos		0	2	1	0	1	4	ALC (1) MEX (2) PAN (1)	No	Alta	Alta	Alta

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
		2.3.1.5 Impuesto a las emisiones del transporte		0	2	1	0	0	3	BRA (1) MEX (2)	No	Muy alta	Alta	Muy alta
		2.3.1.6 Cambio de modo de transporte		0	2	0	0	0	2	COL (1) MEX (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		2.3.1.7 Nivel de oferta de transporte público		1	2	0	0	0	3	BRA (3)	No	Muy alta	Alta	Muy alta
		2.3.2 Desarrollo económico	✓											
		2.3.2.1 PIB		7	1	0	0	1	9	ALC (1) ARG (1) BRA (2) COL (1) ECU (1) MEX (3)	No	Alta	Alta	Alta
		2.3.2.2 Escala de la industria del transporte		0	2	0	1	2	5	BRA (3) MEX (1) PAN (1)	No	Alta	Alta	Alta

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
		2.3.2.3 Población		1	0	1	0	0	2	COL (1) MEX (1)	No	Muy alta	Alta	Muy alta
		2.3.2.4 Propiedad de vehículos		0	2	0	0	0	2	BRA (1) MEX (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		2.3.3 Comportamiento de viaje	✓											
		2.3.3.1 Elección del modo de viaje		0	1	0	0	0	1	MEX (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		2.3.3.2 Distancia de viaje		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.3.3 Actitud de viaje		1	10	0	0	0	11	ALC (1) BRA (4) CHL (1) ECU (1) MEX (3) DOM (1)	No	Alta	Alta	Alta
		2.3.4 Forma urbana		✓										

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
		2.3.4.1 Ubicación del centro comercial		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.4.2 Tasa de urbanización		0	3	0	0	0	3	BRA (1) MEX (2)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		2.3.4.3 Infraestructura vial		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.4.4 Escala de áreas urbanizadas		1	1	0	0	0	2	CHL (1) MEX (1)	No	Muy alta	Alta	Muy alta
		2.3.4.5 Densidad de la red vial urbana		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
	2.3.5 Factores ambientales	✓												
	2.3.5.1 Intensidad y estructuras energéticas		2	0	1	0	0	3	BRA (2) COL (1)	No	Muy alta	Alta	Muy alta	
	2.3.5.2 Nivel de consumo de combustible		0	2	0	0	0	2	BRA (1) MEX (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta	

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
		2.3.5.3 Factores de emisión		1	2	4	0	0	7	BRA (3) COL (1) CRI (1) MEX (2)	No	Alta	Alta	Alta
3. Análisis de trayectorias de descarbonización para el sector	3.1 Intervenciones	3.1.1 Evitar (Avoid)	✓											
		3.1.1.1 Densidad urbana		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.1.2 Planificación de ciudades compactas		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.1.3 Desarrollo orientado al transporte		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.1.4 Control de uso de la tierra		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.1.5 Expansión urbana estratégica		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2 Cambiar (Shift)	✓							-				

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
		3.1.2.1 Tarificación de estacionamiento		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2.2 Desarrollo del transporte público		1	0	0	0	0	1	ECU (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		3.1.2.3 Impuestos a las emisiones		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2.4 Tarificación vial		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2.5 Viajes compartidos		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.3 Mejorar (Improve)	✓							-				
		3.1.3.1 Estándares de emisiones		1	0	1	0	0	2	BRA (1) ECU (1)	No	Muy alta	Alta	Muy alta
		3.1.3.2 Ahorro de combustible		0	0	1	0	0	1	MEX (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		3.1.3.3 Combustibles alternativos y tecnologías de reducción de emisiones		0	3	7	2	0	12	BRA (12)	No	Muy alta	Alta	Muy alta

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
		3.1.3.4 Optimización operacional del transporte público		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.3.5 Vehículos con nuevas tecnologías de propulsión.		2	4	12	0	0	18	BRA (9) COL (2) CRI (1) ECU (4) MEX (1) DOM (1)	No	Alta	Alta	Alta
		3.1.3.6 Nuevas fuentes energéticas		0	0	3	0	0	3	CHL (1) COL (1) ECU (1)	No	Alta	Muy alta	Muy alta
		3.1.3.7 Instrumentos de precios al carbono		1	0	0	0	0	1	CHL (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
	3.2 Optimización operacional	3.2.1 Optimización para la gestión del tráfico	✓	0	2	0	0	0	2	BRA (1) COL (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		3.2.2 Planificación de rutas		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
MITIGACIÓN														
		3.2.3 Optimización de precios		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.2.4 Optimización de la logística y la cadena de suministro		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.2.5 Optimización de la ubicación de las instalaciones de transporte		0	1	0	0	0	1	COL (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
	3.3 Análisis de escenarios		✓	36	4	3	1	1	45	ALC (2) ARG (2) BRA (17) CHL (2) COL (4) CRI (4) ECU (4) MEX (7) NIC (3)	No	Alta	Media	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 Anexo tabla análisis brechas en literatura académica - Adaptación

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
ADAPTACIÓN														
1. Conceptualización (cualitativa)			✓	0	0	0	0	0	0		Sí	Total	Total	Total
2. Caracterización	2.1 Determinantes de la vulnerabilidad (cualitativos-cuantitativos)		✓	1	0	0	0	0	1	CRI (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
	2.2 Impactos (cualitativos y cuantitativos)	2.2.1. Físicos	✓	11	0	0	0	1	12	ALC (2) BRA (3) CAR (4) COL (2) ECU (1)	No	Alta	Alta	Alta
		2.2.2. Económicos		6	0	0	0	1	7	BRA (2) CAR (2) COL (2) MEX (1)	No	Alta	Alta	Alta
		2.2.4. Relacionados con salud		0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.2.5. Sociales		6	0	0	0	1	7	BRA (3) CAR (1) COL (2) MEX (1)	No	Alta	Alta	Alta
	2.3 Medidas de adaptación al CC (cualitativas)	2.3.1. Medidas físicas (resiliencia)	✓	4	0	1	0	0	5	BRA (1) CAR (2) CHL (1) MEX (1)	No	Alta	Alta	Alta

Macro temáticas	Subtemas		Literatura académica global	Literatura académica en ALC										
				Modo de transporte						Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Modos	Indicador total
ADAPTACIÓN														
		2.3.2. Medidas blandas (planificación, monitoreo)		3	1	1	0	2	7	BRA (1) CAR (2) COL (1) ECU (1) MEX (2)	No	Alta	Media	Alta
3. Medición de resiliencia del sistema de transporte (cuantitativa)			✓	2	3	2	0	1	8	ARG (1) BRA (1) CAR (2) MEX (4)	No	Alta	Media	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27 Anexo tabla literatura no académica - Mitigación

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte						Países	Brechas				
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo		Total	Temática	Países	Sectores	Indicador total
MITIGACIÓN															
1. Medición y caracterización de las emisiones de carbono	1.1 Metodologías de contabilidad de emisiones		X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
	1.2 Metodologías	Dispositivos de monitoreo móviles	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC												
				Modo de transporte							Países	Brechas				
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total	
MITIGACIÓN																
derivadas del transporte	de medición real	Sistemas portátiles de medición de emisiones (PEMS)														
		Mediciones de grandes datos														
		Monitoreo satelital														
		Monitoreo con drones														
2. Análisis del mecanismo de impacto de las emisiones de carbono derivadas del transporte	2.1 Evaluación sistemática / integral de las emisiones	Estudios relacionados con indicadores/mediciones de sostenibilidad del transporte	✓	0	0	1	0	0	0	1	BRA (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta	
	2.2 Medición de la eficiencia de los sistemas de transporte	Estudios relacionados con mediciones de eficiencia energética o en emisiones de carbono	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC(1)	No	Muy alta	Total	Total	
	2.3 Análisis de los canales (drivers) de emisiones de carbono en el sector	2.3.1 Tecnología y gestión del transporte														
		2.3.1.1 Combustibles alternativos	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sí	Total	Total	Total
		2.3.1.2 Impuesto a los combustibles	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sí	Total	Total	Total
		2.3.1.3 Gestión de estacionamiento	X	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
MITIGACIÓN															
		2.3.1.4 Avances tecnológicos	✓	0	1	0	0	0	0	1	MEX (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		2.3.1.5 Impuesto a las emisiones del transporte	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.1.6 Cambio de modo de transporte	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.1.7 Nivel de oferta de transporte público	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.2 Desarrollo económico													
		2.3.2.1 PIB	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.2.2 Escala de la industria del transporte	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.2.3 Población	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.2.4 Propiedad de vehículos	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.3 Comportamiento de viaje													
		2.3.3.1 Elección del modo de viaje	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.3.2 Distancia de viaje	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.3.3 Actitud de viaje	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.4 Forma urbana													

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
MITIGACIÓN															
		2.3.4.1 Ubicación del centro comercial	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.4.2 Tasa de urbanización	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.4.3 Infraestructura vial	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.4.4 Escala de áreas urbanizadas	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.4.5 Densidad de la red vial urbana	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		2.3.5 Factores ambientales													
		2.3.5.1 Intensidad y estructuras energéticas	✓	1	0	1	0	0	0	2	ALC (1) BRA(1)	No	Media	Alta	Alta
		2.3.5.2 Nivel de consumo de combustible	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.3.5.3 Factores de emisión	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
3. Análisis de trayectorias de descarbonización para el sector	3.1 Intervenciones	3.1.1 Evitar (Avoid)	✓	1	0	0	0	0	0	1	MEX (1)	No	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		3.1.1.1 Densidad urbana	X									Sí	Total	Total	Total
		3.1.1.2 Planificación de ciudades compactas	✓	0	1	0	0	0	0	1	COL(1) ARG(1) MEX(1) BRA(1) PER(1) ECU(1)	No	Alta	Muy alta	Total

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
MITIGACIÓN															
		3.1.1.3 Desarrollo orientado al transporte	✓	0	1	0	0	0	0	1	COL(1) ARG(1) MEX(1) BRA(1) PER(1) ECU(1)	No	Alta	Muy alta	Total
		3.1.1.4 Control de uso de la tierra	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.1.5 Expansión urbana estratégica	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2 Cambiar (Shift)	✓	2	1	0	0	0	0	3	ALC(1) CHL(1) MEX(1)	No	Media	Alta	Alta
		3.1.2.1 Tarificación de estacionamiento	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2.2 Desarrollo del transporte público	✓	1	1	0	0	0	0	2	ALC (1) COL(1) ARG(1) MEX(1) BRA(1) PER(1) ECU(1)	No	Media	Alta	Alta
		3.1.2.3 Impuestos a las emisiones	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2.4 Tarificación vial	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.2.5 Viajes compartidos	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
MITIGACIÓN															
		3.1.3 Mejorar (Improve)	✓	2	3	0	0	0	0	5	ALC (1) BRA(2) CHL(1) MEX(2) COL(1) ARG(1) PER(1) ECU(1)	No	Media	Alta	Alta
		3.1.3.1 Estándares de emisiones	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.3.2 Ahorro de combustible	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.1.3.3 Combustibles alternativos y tecnologías de reducción de emisiones	✓	1	0	0	0	0	0	1	CAR (1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		3.1.3.4 Optimización operacional del transporte público	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
MITIGACIÓN															
		3.1.3.5 Vehículos con nuevas tecnologías de propulsión.	✓	2	5	1	0	0	0	8	ALC(2) GTM(1) HND(1) SLV(1) BRA(2) COL(2) MEX(2) NIC(1) CRI(1) PAN(1) ARG(1) PER(1) ECU(1)	No	Media	Alta	Alta
		3.1.3.6 Nuevas fuentes energéticas	✓	0	0	1	0	0	0	1	GTM(1) HND(1) SLV(1) NIC(1) CRI(1) PAN(1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		3.1.3.7 Instrumentos de precios al carbono	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
	3.2 Optimización operacional	3.2.1 Optimización para la gestión del tráfico	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.2.2 Planificación de rutas	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
		3.2.3 Optimización de precios	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
MITIGACIÓN															
		3.2.4 Optimización de la logística y la cadena de suministro	✓	0	0	1	0	1	0	2	BRA (1) MEX(1)	No	Muy alta	Alta	Alta
		3.2.5 Optimización de la ubicación de las instalaciones de transporte	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Sí	Total	Total	Total
	3.3 Análisis de escenarios		✓	6	1	1	0	0	0	8	ALC(2) ARG(3) JAM(1) MEX(2) COL(3) BRA(1) PER(2) ECU(1)	No	Media	Alta	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. En el detalle por países el número entre paréntesis indica la cantidad de publicaciones disponibles. En el caso de publicaciones que abarcan más de un país, la publicación se contabiliza en cada uno de ellos.

Tabla 28 Anexo tabla literatura no académica - Adaptación

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte						Países	Brechas				
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo		Total	Temática	Países	Sectores	Indicador total
ADAPTACIÓN															
1. Conceptualización (cualitativa)			✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC(1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
2. Caracterización (cualitativa)	2.1 Determinantes de la vulnerabilidad (cualitativos-cuantitativos)		✓	1	0	0	0	0	1	2	ALC(1) CAR(1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
	2.2 Impactos (cualitativos y cuantitativos)	2.2.1. Físicos	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC(1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.2.2. Económicos	✓	2	0	0	0	0	0	2	ALC(1)	No	Media	Muy alta	Muy alta
		2.2.4. Relacionados con salud	X	0	0	0	0	0	0	0	-	Si	Total	Total	Total
		2.2.5. Sociales	✓	1	0	0	0	0	0	1	ALC(1)	No	Media	Muy alta	Muy alta

Macro temáticas	Subtemas		Literatu ra no académ ica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
ADAPTACIÓN															
	2.2 Medidas de adaptación al CC	2.2.1. Medidas físicas (resiliencia)	✓	2	2	2	0	0	5	11	ALC(1) ARG(2) BLZ(2) COL(3) CAR(2) MEX(1) BRA(1) PER(1) ECU(1) CRI(1) SLV(1) GTM(1) HND(1) NIC(1) PAN(1) DOM(1) JAM(1)	No	Media	Media	Media

Macro temáticas	Subtemas		Literatura no académica ALC	Literatura no académica en ALC											
				Modo de transporte							Países	Brechas			
				General	Urbano	Carretero	Férreo	Aéreo	Marítimo	Total		Temática	Países	Sectores	Indicador total
ADAPTACIÓN															
		2.2.2. Medidas blandas (planificación, monitoreo)	✓	2	2	2	0	0	5	11	ALC(1) ARG(2) BLZ(2) COL(3) CAR(2) MEX(1) BRA(1) PER(1) ECU(1) CRI(1) SLV(1) GTM(1) HND(1) NIC(1) PAN(1) DOM(1) JAM(1)	No	Media	Media	Media
3. Medición de resiliencia del sistema de transporte (cuantitativa)			✓	2	0	0	0	0	0	2	ALC(2)	No	Media	Muy alta	Muy alta

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

- En el detalle por países el número entre paréntesis indica la cantidad de publicaciones disponibles. En el caso de publicaciones que abarcan más de un país, la publicación se contabiliza en cada uno de ellos.